

기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술개발 기획 -최종보고서-

· 최종보고서 ·

2017. 05.

2017. 06.

국토교통과학기술진흥원

주관연구기관 / 국토연구원
공동연구기관 / 신영ESD



주 의 사 항

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

Infrastructure
R&D Report

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

국토교통연구기획사업

기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술개발 기획 최종보고서

2017.05

주관연구기관 / 국토연구원
공동연구기관 / 신영ESD

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

이 보고서를 “기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술개발 기획에 관한 연구”과제의 보고서로 제출합니다.

2017. 05. 06.

주관연구기관명 : 국토연구원

주관연구책임자 : 왕광익

연 구 원 : 이병재

“ : 김형수

“ : 김슬예

“ : 김소윤

공동연구기관명 : (주)신영ESD

공동연구책임자 : 함영한

연 구 원 : 임영식

“ : 김혜영

보고서 요약서

과제고유번호	16RDPP-C11 9906-01	해당단계 연구기간	2016.9.7.~ 2017.5.6	단계구분	(해당단계)/ (총단계)
연구사업명	국토교통연구기획사업				
연구과제명	최상위 과제명	기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발 기획			
	단위과제명	(공동) 기후변화 재해 대응체계 기술개발 기획			
연구책임자	왕광익	총연구기간 참여 연구원수	총: 8명 내부: 5명 외부: 3명	총연구 비	정부: 50,000천원 기업: 천원 계: 50,000천원
연구기관명	국토연구원(주관), 신영이에스디(공동)		참여기업		
국제공동연구	상대국명:		상대국연구기관명:		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	236
[총괄목표]					
기후변화 재해로부터 안전한 자기적응적도시를 조성하기 위해 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발에 관한 기획과 도시 기후변화 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 관련 핵심 적용기술을 발굴하고 제안함					
- 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 및 자동화 기술 개발과 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템 개발 연구를 기획하는 것을 목표로 하며 이를 통해 기후변화 재해에 대한 도시방재 시장 리드와 해외시장 진출을 목표로 함					
[세부목표]					
1. 시장·기술·정책·연구 동향 분석 및 기술수요 조사					
2. 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 핵심기술의 정의 및 목표 설정					
3. 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 연구내용 및 추진전략 도출					
: 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발					
도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발					
기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발					
4. 본 과제를 위한 연구개발과제 기획 (RFP 작성)					
색인어 (각 5개 이상)	한글	기후변화, 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획, 도시방재, 자기적응적도시			
	영어	Climate Change, Disaster Vulnerability Analysis, Disaster Preventive Urban Planning, Urban Disaster Prevention, Self-Adapting City			

요 약 문

I. 제목

기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발 기획

II. 연구개발과제 개요

[연구의 목적]

- 기후변화 재해로부터 안전한 자기적응적도시를 조성하기 위해 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발에 관한 기획과 도시 기후변화 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 관련 핵심 적용기술을 발굴하고 제안함
- 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 및 자동화 기술 개발과 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템 개발 연구를 기획하는 것을 목표로 하며 이를 통해 기후변화 재해에 대한 도시방재 시장 리드와 해외시장 진출을 목표로 함

[연구의 내용]

- 시장·기술·정책·연구 동향 분석 및 기술수요 조사
- 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 핵심기술의 정의 및 목표 설정
- 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 연구내용 및 추진전략 도출
 - 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발
 - 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발
 - 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발
- 본 과제를 위한 연구개발과제 기획
 - 본 과제 과제제안서(RFP) 작성

III. 연구개발 수행내용 및 결과

1. 기술의 정의

- 본 연구에서 기후변화 대비 도시대응체계란 도시계획 관점에서 기후변화로 인한 재해

취약특성 변화(지속적 재해 취약성 분석 및 재해 예방형 도시계획 수행 체계)를 다차원으로 분석하여, 장단기 순환 대응할 수 있는 지능형 관리체계를 구축하는 것

- 도시 기후변화 재해취약성분석이란 기후변화에 따라 대형화·다양화 되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위하여 기존의 전통적인 방재대책과 함께 도시의 토지이용, 기반시설 등을 고려하여 재해취약지역을 구분하고 그 결과를 토대로 실효성 있는 재해저감 대책을 마련함으로써 도시·군기본계획을 수립·변경하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우에 체계적인 판단 근거를 제공하기 위해 실시하는 기초조사임
- 재해예방형 도시계획이란 기초조사인 재해취약성 분석 결과를 통해 재해에 특별히 취약한 지역에 구조적 대책과 더불어 도시계획적 대책을 마련하여 재해 피해를 최소화 하는 도시계획임
- 도시공간 방재정보 관리체계란 정보를 제공하는 것에 머무르는 것이 아니라 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 통해 축적된 정보를 활용하여 도시공간 재해취약성을 통합적으로 파악하는 지속적 성장형 관리체계임

2. 기술의 배경 및 필요성

- 대형화·다양화되고 있는 기후변화 재해에 효율적으로 대응하기 위해서는 재해 취약성에 대한 분석에 근거한 계획 수립 필요성이 증가
- 도시 기후변화 재해취약성 분석에 근거하여 방재도시 조성전략을 수립하는 정부 정책에 부합하여 도시방재정보 관리체계 마련 시급
- 정보공유체계 미흡, 분석방법의 상이점, 오류사항 발생 문제에 대한 해결을 위해 정보의 신속한 제공 및 정확한 의사결정 지원체계 마련이 필요
- 재해예방형 도시계획 수립을 지원하는 기초자료를 제공하도록 재해취약성분석이 정확하고 손쉽게 수행되어 의미 있는 결과를 지속적으로 생산할 수 있도록 지원 필요
- 기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시를 조성하기 위해 재해취약성 분석의 고도화와 정보공유 채널 및 재해취약성 분석결과를 지속적으로 생산, 축적, 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함
- 도시차원의 도시기반시설 관리나 토지이용계획, 도시환경계획 등을 통해 지속가능하고 순환적인 기후변화 적응을 위한 대응체계 구축이 필요함

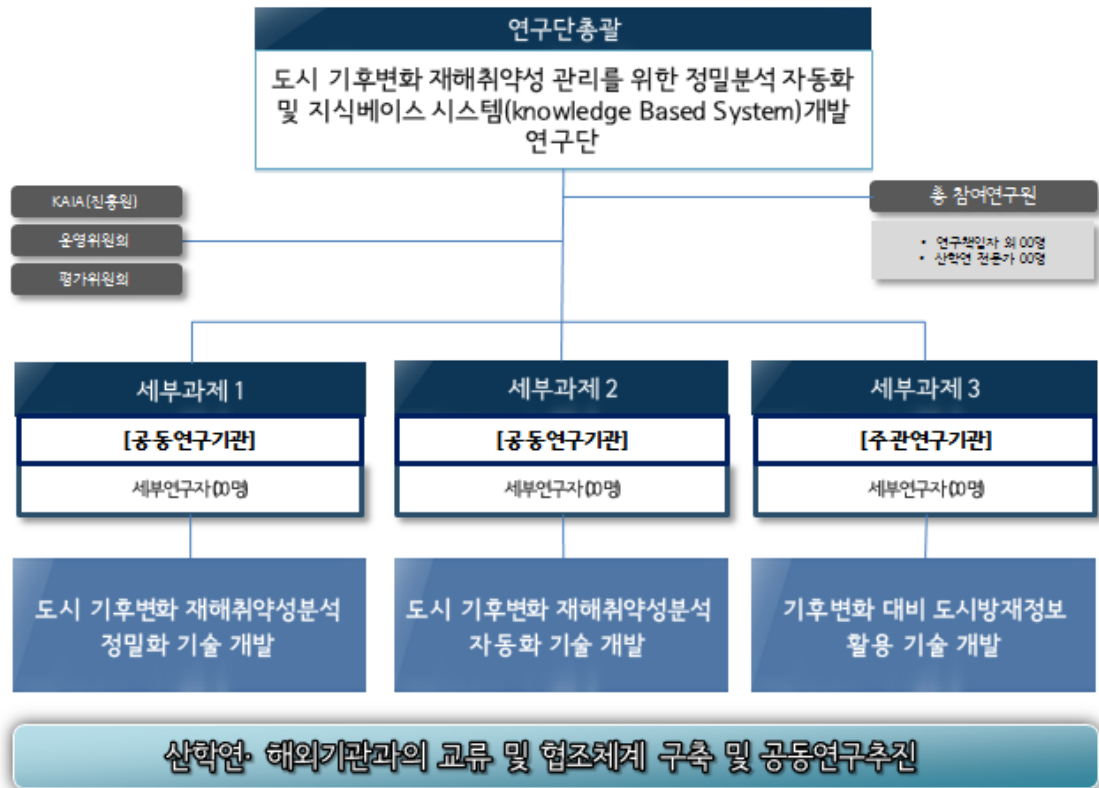
- 재해저감을 위한 물리적 기술개발 외에 다양한 이해관계자의 협의가 필요하며 도시계획, 환경계획 측면에서의 정책 대안 제시가 필수적임

3. 국내외 동향 및 환경 분석

- 국토교통부는 재해취약성분석 제도를 도입하여 재해예방형 도시계획 및 토지이용체계 기반을 마련하였으나 실질적 효과 미흡
- 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하기 위하여 도시공간상의 기후변화 리스크로 인한 파급영향 네트워크에 대한 정보화와 시나리오 기반의 도시공간 적응전략 수립체계 마련 필요
- 장기적 관점에서 현 추세보다 훨씬 더 심할 수 있는 초대형 재해에 대비할 수 있도록 도시공간상에 기후변화 리스크 영향 네트워크 정보화와 시나리오 기반 적응전략 수립체계 마련이 중요
- 기후변화에 기인한 자연재해로 해마다 경제적 손실과 인명피해 증가로 방재관련 산업의 시장규모가 커지고 있으나, 예방보다는 복구와 지원 분야의 산업비중이 크고, 여전히 자연재해에 무방비상태로 노출되어 있는 경우가 많아 이에 대한 대책마련이 필요
- 4차 혁명을 이끌어갈 산업 중 하나인 빅데이터 산업의 육성을 위해서는 지엽적, 단편적, 일회성 자료보다는 광역적 범위에 대한 다양한 종류의, 다년도 시계열적 자료축적이 필요하여, 자료의 민간개방을 위해서는 데이터 포맷 및 변환기술 개발 필요
- 정부가 기후변화를 대응하기 위한 정책들을 제시하면서 분야별, 기관별로 취약성 분석을 수행하고 있지만, 이를 통합하고 연계할 수 있는 정부정책에 부합하는 표준화된 기후변화와 관련된 도시공간관점에서의 관리체계 개발과 재해취약성분석 결과를 표출하는 인터페이스 기술이 요구됨
- 현재 부재한 재해취약성분석 자동화 기술 개발과 재해취약성 분석결과의 평가, 검증, 모니터링을 수행하여 의미 있는 결과를 지속적으로 생산하고 축적하여 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함
- 주민, 연구자, 공무원 등 다양한 분야의 전문지식과 경험 및 현황 데이터를 통합 연계하여 재해 위험에 대한 이해 및 예방대책 수립을 추진할 수 있도록 지원하는 시나리오 기반 시스템 구축이 본 기획과제 차별성 확보차원에서 강조 필요

- 다수의 해외 연구와 같이 재해취약도시의 효과적인 미래 대응을 위해 과거 피해자료 기반의 연구뿐만 아니라 도시계획 시 반영 가능한 시나리오별 분석 연구들이 요구됨
- 웹 GIS 시스템, GIS 중첩분석 등을 활용하여 재해취약성을 분석하기 위한 다수의 연구가 이루어졌으나, 다양한 공간적 범위에서의 기후변화 대응체계 구축을 위해 공간자료의 단순 활용뿐만 아니라 공간위계가 고려된 소프트웨어 개발로의 발전이 필요함
- 도시공간 방재정보 관리체계분야에서는 다양한 재해에 대한 방재 DB를 구축관리하는 시스템과 함께 사용자의 실시간 활용이 가능한 기술개발이 요구되며, 최근의 추세에 따라 다양한 종류의 재해관련 정보관리 및 정보제공을 위한 사용자 중심의 기술개발이 요구됨
- 재해취약성 분석에 제시되는 지표들을 통한 분석에 활용되는 데이터들은 일시적인 것이 아니라 시계열적, 공간적으로 확장되어 지속적으로 활용되도록 표준화가 요구됨
- 기존 연구들은 구조적 대책 및 대안에 대한 종합적인 효과의 정량적인 평가기준이 없으며 잠재적인 미래 기후변화에 대한 재해취약성을 분석하여 반영하는 기준 연구가 필요함
- 관련 연구들은 기후변화에 의한 재해취약성을 분석하고, 이를 저감하기 위한 대응방안을 선정한 것에 의의가 있음. 그러나 1차적인 피해에 국한되어 있으며, 연속적·복합적인 재해로 인해 2,3차 재해피해가 미치는 영향을 고려하지 않고 있으며, 특히 기후변화에 의한 재해취약성을 분석하고 도시계획적으로 개선하기 위한 구체적인 대안이 제시되지 않고 있음
- 분석과 관련된 정보, 결과뿐만이 아니라 재해와 관련된 타 분야에 관한 자료의 수집을 위한 시스템 지원연구는 수행되지 않았으며, 세부적인 재해관리뿐만 아니라 포괄적인 취약성 분석에 대해 통합 관리할 수 있는 시스템 개발과 재해취약성 분석 및 활용 시나리오의 필요성이 요구됨
- 정보를 제공하는 것에 머무르는 것이 아니라 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위한 지속적 성장형 시스템 개발이 요구됨

4. 연구개발과제 구성 및 추진전략



과제명	연구내용
[1세부] 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
	지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발
	기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발
[2세부] 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발	기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단위 분할기법 개발
	기후변화 재해유형별·공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발
	오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
	시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발
[3세부] 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발	도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
	재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발
	재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
	재해취약성 변화 예측 기술 개발
	재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발

IV. 연구성과 활용계획

- 본 과제의 최종 성과물인 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템 개발을 통해 재해예방형 도시계획 수립시 정확한 자료를 제공함으로써 도시방재성능 목표달성 및 관리에 활용할 수 있음
- 1세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발을 통해 지역의 기후변화 재해취약성을 정확하게 판단하여 기존에 추진되고 있는 재해저감대책 평가 및 효과에 대한 검증에 활용하고, 실질적 대책 수립시 장기계획 수립 및 예산 배분 근거로 활용하며, 광역적, 장기적 기후변화 재해위험 관리를 위한 재해취약특성 변화 및 재해취약 급소 파악 및 효과적인 타겟 대책 대상 파악에 활용
- 2세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발을 통해 기후변화 재해취약성 분석 시 다양한 공간 규모에 따른 분석이 가능하며, 기후변화 재해유형별·공간위계별 재해취약성분석 수행 효율성을 제고하고, 오픈소스 기반 재해취약성분석 표준프로그램 개발을 위한 알고리즘을 제공하며, 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화를 상황에 따라 재분석하여 활용
- 3세부과제 : 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발을 통해 도시지역의 재해취약 특성의 다면해석을 지원하고, 재해예방형 도시계획 활성화를 위한 지식 DB 축적에 활용하며, 재해취약지역 맞춤형 재해취약성분석 프로세스 도출에 적용되고, 재해취약성 변화 예측을 통한 기후변화 재해에 대한 자기적응적도시 조성에 활용
- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물인 ‘도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템’의 실용화를 위해서는 분석 모형 및 관리 기술의 개발을 완료하고 연구기간 내에 시작품을 통해 수차례의 적용성 검토과정을 통해 시스템의 오류를 최소화하고, 기존의 도시 기후변화 재해취약성 전망 및 분석 결과, 도시계획 관련 시스템과의 연동성 확보를 통해 활용성을 확인하고 전문가를 중심으로 시범 운영을 통해 범용성을 확보
- 본 과제(실제연구) 최종 성과물의 수요처는 정책입안자(정부, 지자체), 공공기관, 도시방재 관련 민간기업, 대학 및 연구기관, 국민이 대상임
- : 지속적으로 업계, 정부관련 담당자와 협의를 통해 실제 활용처의 니즈(Needs)와 요구(Demands)를 반영하고, 소프트웨어(S/W), 빅데이터 분석 방법, 시스템 구축, 도시재생 지원 기술 등에 대한 지적재산권을 확보하고 실용화 방안 모색

Executive Summary

I . Title

Development Planning of Advanced Urban Responding System against Climate Change

II . Outline of R&D Project

[Purpose of Research]

- This study was proposed to develop and suggest the plan on the urban response system advanced technology development against climate change for organizing the self-adapting city safe from the climate change, analysis on urban climate change disaster vulnerability and key application technologies related with the disaster-preventive urban planning.
- This study is to plan the refined urban climate change disaster vulnerability analysis, development of automation technologies, and the study of development of precise analysis automation and knowledge base system for urban vulnerability management of climate change disasters and, through them, to lead the urban disaster prevention market against the disasters due to climate change and enter into overseas markets.

[Contents of Research]

- Survey of market/ technology/ policy/ research trend analysis and technology demands
- Defining key technologies and setting objectives in relation to urban response system against climate change
- Deriving research contents and promotion strategies in relation to urban response system against climate change
- Development of urban climate change disaster vulnerability analysis precision

technology

- Development of urban climate change disaster vulnerability analysis automation technology
- Development of urban disaster prevention information utilization technologies in response to climate change
 - o Planning on the research and development tasks for this project
- Preparation of request for proposal (RFP) on this project

III. Performances and Results of R&D

1. Definition of Technology

- o “Urban Response System against Climate Change” in this study means to analyze changes in disaster vulnerability characteristics in multi dimensions (continuous disaster vulnerability analysis and disaster-preventive urban planning performance system) from the urban planning view and to build the intelligent management system which enables to cope with the short-/long-term circulation response.
- o “Urban Climate Change Disaster Vulnerability Analysis” is the basic investigation to be performed in order to provide the systematic decision grounds if the basic plan on cities and provinces is established or changed by classifying the areas vulnerable to disasters in consideration of the land use, infrastructure, etc. traditional disaster prevention measure in order to cope with the disasters which are enlarged and diversified depending the climate change and, based on such results, preparing the effective disaster-reducing measures
- o “Disaster-Preventive Urban Planning” is an urban planning which minimizes the damages from disasters by preparing the urban planning measures together with the structural measures to the areas especially vulnerable to disasters through the disaster vulnerability analysis, the basic survey.
- o “Urban Space Disaster Information Management System” is a sustainable

growth management system which identifies the vulnerability of urban space using the information accumulated by the systematic evaluation, verification and monitoring of the analysis results as well as providing the information.

2. Background and Needs of Technology

- Needs of establishing the plan based on the disaster vulnerability analysis to cope with the disasters due to climate change which is enlarging and diversified continuously are increasing.
- It is urgent to prepare the urban disaster-preventive information system in line with the government's policy intended for establishing the strategies to organize the disaster prevention cities based on the urban disaster vulnerability analysis.
- It is required to prepare the system which enables to provide information quickly and supporting the correct decision-making to solve the problems including insufficient information sharing system, difference in analysis methods and errors.
- Support is required to ensure the disaster vulnerability analysis may be performed correctly and easily and the significant results are generated continuously in order to the basic data for supporting establishment of disaster prevention urban plan is provided.
- Development of the system which can produce, accumulate and use the advanced disaster vulnerability analysis, information-sharing channel and disaster vulnerability analysis results is required.
- Building the sustainable response system for adaption to circulatory climate change through urban infrastructure management, land use plan, urban environment plan, etc. at the urban level is required.
- In addition to development of physical technologies for disaster reduction, discussion with various interested parties and proposal on the alternative policy in respect of the urban planning and environmental planning is essential.

3. Domestic/ International Trends and Environmental Analysis

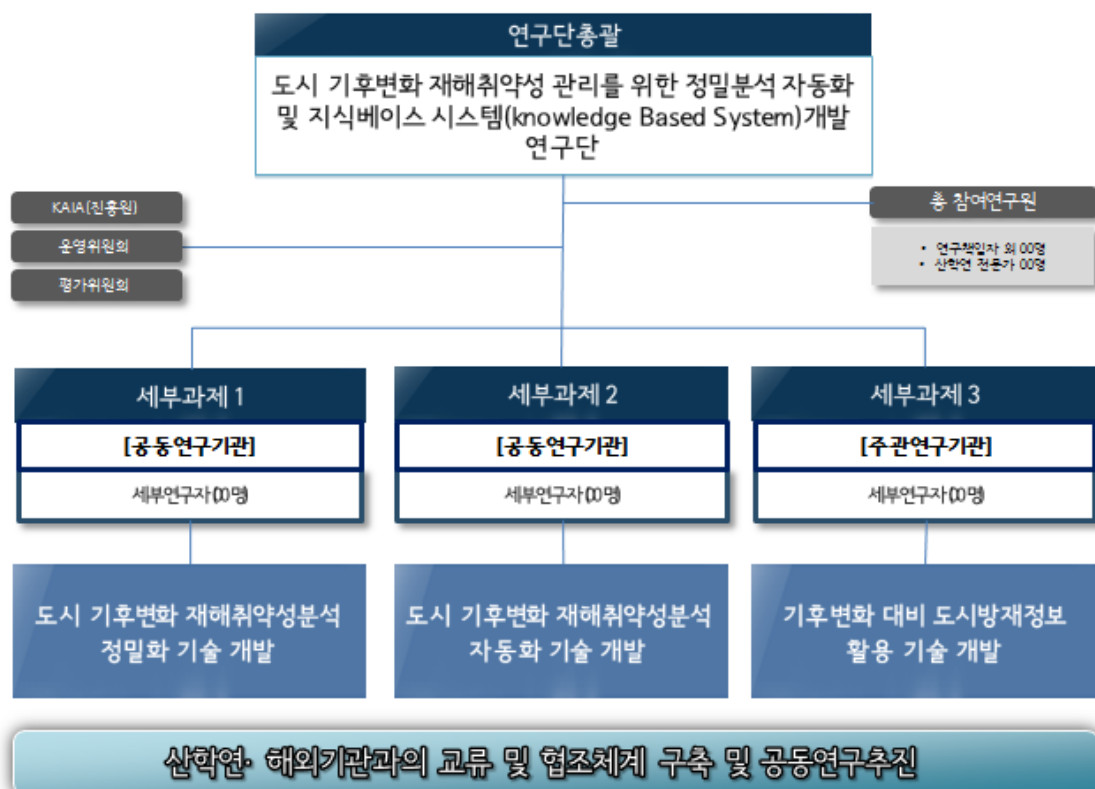
- Ministry of Transportation introduced the disaster vulnerability analysis system and prepared the base of disaster prevention urban planning and land use system but the actual effects are not enough.
- To cope with the mega disaster, the system for creating the informatization on the ripple effect network due to climate change risk on the urban space and scenario-based urban space adaption strategies is required.
- In the long-term perspective, to cope with mega disasters than can be larger than the current trend, it is important to create the system for creating the informatization on the ripple effect network due to climate change risk on the urban space and scenario-based urban space adaption strategies is required
- While the market size of the disaster-related industry due to the economic loss and casualties from natural disasters are increasing each year, the industrial share of the recovery and support sectors is larger than the preventive sector and there are a lot of cases exposed to and unprotected from the natural disasters, which requires the measures.
- For promotion of the big data industry one of industries to lead the fourth round of the revolution, it is required to accumulate the various types and multi-year time series data for the wide area rather than the local, fragmental and one-time data is required and also to develop data format and conversion technologies.
- The government is performing the vulnerability analysis by area and agency while suggesting the policies to cope with climate change but development of management system in terms of urban space related with the standardized climate change in conformity with the government policy for integrating and connecting them and the interface technology which display the disaster vulnerability analysis results are required.
- Development of the system which can produce, accumulate and use the significant results continuously by performing the vulnerability analysis automation technology, evaluation, verification and monitoring of disaster vulnerability analysis results is required.

- Building the scenario-based platform which support understanding the disaster and establishment of preventive measures by integrating the expertise, experiences and current situation data of various fields including residents, researchers, public officers, etc. should be emphasized to have the distinctiveness of this planning project.
- Not only the studies based on the past damage data but scenario-specific analysis studies which can be reflected in urban planning for the effective future response to the cities vulnerable to disasters like many foreign studies are required.
- There were lots of studies to analyze the disaster vulnerability using the web GIS systems, GIS overlap analysis, etc but development into software which considered not only the simple use of space data but the spatial hierarchy for building the climate change response system at the diverse spatial scope is required.
- In the field of urban space disaster information management system, both the system of building the disaster-related information management for diverse disasters and the development of technologies which can be used with a user on real time are required and development of user-oriented technology for controlling and providing the various disaster related information according to a recent trend is required.
- Data used in analysis through indicators presented in the disaster vulnerability analysis should be standardized to be extended by time series and space rather than temporarily.
- The existing studies do not have the comprehensive quantitative assessment criteria on the general effects for the structural measures and alternatives and the reference studies that analyze and reflect the analysis of disaster vulnerability to potential future climate change is required.
- The related studies are significant in analyzing the disaster vulnerability to climate change and selecting countermeasures to reduce them. However, it is not limited to primary damage, and the secondary and tertiary disaster damages are not considered and especially the specific alternatives for

analyzing vulnerability to disasters caused by climate change and improving the urban planning are not presented.

- The platform studies for collecting the data in other areas related with disaster as well as the information and results related with the analysis were not performed and the system development which enables to integrate and manage the comprehensive vulnerability analysis and specific disaster control and the disaster vulnerability analysis and use scenarios are required.
- Development of sustainable growth platform for systematic evaluation, verification and monitoring of results rather than just providing the information is required.

4. R&D Project Composition and Strategies



Project Title	Descriptions
[Subproject 1] Development of urban climate change disaster vulnerability analysis precision technology	Development of spatial hierarchy-specific analysis indicators for segmentation of the disaster vulnerability types against climate change
	Study on the disaster vulnerability analysis indicator weight customized to local conditions and development of weight recommendation technology
	Development of multi hierarchy disaster vulnerability analysis process by climate change disaster types
	Development of spatial unit setting technology for climate change disaster vulnerability analysis
[Subproject 2] Development of automation technology for analyzing vulnerability of urban climate change disaster	Development of spatial division method for analyzing climate change disaster vulnerability
	Development of disaster vulnerability analysis automation technology by climate change disaster/ spatial hierarchy
	Open source-based disaster vulnerability analysis performance and development of information management technologies
	Development of scenario planning-based disaster vulnerability change reanalysis techniques
[Subproject 3] Development of urban disaster prevention information utilization technology against climate change	Development of multi-faceted analysis technology for urban vulnerability to disasters
	Development of disaster preventive urban planning knowledge DB standardized technology
	Development and evaluation of disaster vulnerability analysis result
	Development of predictive technology for disaster vulnerability changes
	Development of disaster vulnerability analysis information utilization technology

IV. Plan for Use Research Results

- By providing the accurate data, the final outcome of this study in establishing the disaster-preventive urban plan through development of precise analysis automation and knowledge base system for urban vulnerability management of climate change disasters, it can be used in accomplishing and managing the objective of urban disaster prevention.
- Subproject 1: It can be used in evaluation of and verification of the effects on the disaster reduction policy carried out currently by determining the regional disaster vulnerability to climate change through the urban climate change disaster vulnerability analysis precision technology and as grounds for establishing an actual long-term plan and distributing the budget and also used in disaster vulnerability characteristics change simulation, identification of disaster vulnerability points and effective target measure subjects for wide and

long-term climate change disaster risk control.

- Subproject 2: It enables an analysis by various special size in climate change disaster vulnerability analysis through development of urban climate change disaster vulnerability analysis automation technology is available, provides and algorithms for development of standard program for analysis of source-based disaster vulnerability analysis program and use the scenario planning-based disaster vulnerability changes by reanalysis depending on circumstances.
 - Subproject 3: It support the multi-faced interpretation on disaster vulnerability in the urban areas through development of urban disaster-preventive information utilization technology, is used in accumulating the knowledge DB for promoting the disaster prevention type of urban planning, applied in deriving the disaster vulnerability analysis process customized to the areas vulnerable to disasters and used in self-adapting cities against the climate change disasters through disaster vulnerability change forecast.
 - Commercialization of “Precise Analysis Automation and Knowledge Base System for Urban Vulnerability Management of Climate Change Disasters” the final outcome of this project (actual study), the development of analytical models and management skills shall be completed, the system errors should be minimized through several rounds of application review process, confirm the usefulness through links to the existing urban climate change disaster vulnerability outlooks and analysis results, as well as urban planning-related systems and the versatility should be ensured through a model operation focusing on experts.
 - The final outcome of this project (actual study) is for policy makers (government and municipalities), public agencies, urban disaster prevention-related private companies, universities and research institutes, and general citizen.
- : It is required to continuously reflect the needs and demands of practitioners through discussion with the industry and government-related officers and take the intellectual property rights on the on software (S/W), big data analysis method, system building, etc, and to find practical uses.

CONTENTS

Chapter 1. Definition and Necessity of Technologies	1
Section 1. Definition of technologies	1
Section 2. Background and necessity for research and development	15
Section 3. Objectives and strategies for planning research	22
 Chapter 2. Trends and Environmental Analysis	 25
Section 1. Domestic and international policy trend	25
Section 2. Domestic and international market situation and outlook	41
Section 3. Technology trends analysis	59
Section 4. Research trends analysis	88
Section 5. R&D infrastructure analysis	115
Section 6. Comprehensive analysis	120
 Chapter 3. R&D Projects Configuration and Implementation Strategies	 137
Section 1. Vision and goals	137
Section 2. Core technology component selection	146
Section 3. R&D projects configuration	159
Section 4. Strategy and highlights of sub tasks	163
Section 5. Associated relationships of sub tasks	173
Section 6. Annual performance & technology road map	175
Section 7. Application of results	183

Chapter 4. Pre-feasibility Study	188
Section 1. Outline	188
Section 2. Political feasibility	188
Section 3. Technical feasibility	197
Section 4. Economical feasibility	201
 Chapter 5. Estimation of Budget and Manpower	 212
Section 1. Manpower allocation plan	212
Section 2. Budget estimation	214
 Chapter 6. Requests for Proposals	 217
Section 1. Requests for proposals(RFP)	217
Section 2. Evaluation Criteria	229
 References	 233

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의	1
2절. 연구개발의 배경 및 필요성	15
1. 추진배경	15
2. 연구의 필요성	17
3절. 기획연구 목표 및 추진전략	22
1. 기획연구의 목표	22
2. 기획연구의 추진전략	22
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	25
1절. 국내외 정책동향	25
1. 국내 정책동향	25
2. 국외 정책동향	32
2절. 국내외 시장현황 및 전망	41
1. 시장의 정의 및 유형	41
2. 시장별 특성 및 동향	42
3절. 기술동향분석	59
1. 관련 기술개발 동향 및 수준분석	59
2. 국내외 기술동향 분석	60
3. 기술수요조사	74
4. 국내외 특허동향	77

4절. 연구동향분석	88
1. 논문동향	88
2. 유사과제분석	102
5절. 연구개발 인프라 분석	115
6절. 종합분석	120
1. 국내외 정책동향 시사점	120
2. 국내외 시장현황 시사점	124
3. 기술 동향분석 시사점	126
4. 연구동향분석 시사점	129
5. SWOT 분석 및 기술개발 방향 설정	134
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	137
1절. 비전 및 목표	137
1. 연구 비전	137
2. 연구 목표	140
3. 기술개발에 따른 미래상	144
2절. 핵심기술 선정	146
1. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	146
2. 전문가자문회의 및 세부과제 선정	149
3절. 연구개발과제 구성	159
1. 연구과제의 전체 구성	159
2. 세부과제 구성	161

4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	163
1. 세부과제별 주요내용	163
2. 추진전략	170
5절. 세부과제 간 연계관계	173
6절. 과제별 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	175
1. 과제별 연차별 기술로드맵	175
2. 성과로드맵	178
7절. 성과의 활용방안	184
1. 성과물 활용방안	184
2. 최종 성과물의 수요처별 활용방안	186
4장. 사전타당성 검토	188
1절. 개요	188
2절. 정책적 검토	188
1. 정책적 타당성 검토기준	188
2. 국가정책과의 부합성	189
3. 상위계획과의 부합성	192
4. 관련 정책과의 연관성	192
5. 정부 지원의 타당성	194
3절. 기술적 타당성 검토	197
1. 기술적 타당성 검토기준	197
2. 관련 이슈	197

3. 기술개발의 성공 가능성	200
4. 기존연구와의 차별성	200
4절. 경제적 타당성 검토	201
1. 경제적 타당성 검토기준	201
2. 연구개발 투자의 효율성	201
3. 경제적 파급효과	202
5장. 인력투입 소요예산 산정	212
1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획	212
1. 전체 과제 인력 투입 계획	212
2. 세부과제별 상세 인력 투입 계획	213
2절. 소요예산 산정	214
1. 예산 산정 방법	214
2. 전체사업 소요예산	214
3. 세부과제별 소요예산	216
6장. 과제 제안요구서	217
1절. 과제 제안요구서(RFP)	217
2절. 평가기준 설정	229
1. 평가항목	229
2. 평가기준 설정	230
3. 평가단계별 검토 필수사항	231
참고문헌	233

표 차례

〈표 1-1〉 폭우재해 도시계획적 대책	7
〈표 1-2〉 폭염재해 도시계획적 대책	10
〈표 1-3〉 폭설재해 도시계획적 대책	11
〈표 1-4〉 가뭄재해 도시계획적 대책	11
〈표 1-5〉 강풍재해 도시계획적 대책	12
〈표 1-6〉 해수면상승재해 도시계획적 대책	12
〈표 1-7〉 다위계 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 연계 틀	14
〈표 2-1〉 과학기술기본계획 전략, 분야, 추진과제 주요내용	25
〈표 2-2〉 17개 지속가능한 목표	34
〈표 2-3〉 미국의 취약성 평가 사례	35
〈표 2-4〉 영국의 홍수위험평가 결과의 구분	38
〈표 2-5〉 기술 활용 시장 유형 분류	41
〈표 2-6〉 EBI 적응산업 범위	45
〈표 2-7〉 BIS 적응산업 세부범위	46
〈표 2-8〉 세계 기후변화 적응산업 시장 성장률 전망	46
〈표 2-9〉 방재산업 분류 및 사업체수	49
〈표 2-10〉 방재산업 매출액 및 비중	50
〈표 2-11〉 방재 시공업 매출액 및 비중	50
〈표 2-12〉 세계 소프트웨어 시장 규모 현황 및 전망	52
〈표 2-13〉 국내 빅데이터 시장 투자 규모 및 영역별 추이	56
〈표 2-14〉 도시재난·재해대응 기술수준 및 기술 격차	59
〈표 2-15〉 UKCIP 주요 특징	61
〈표 2-16〉 Cal-adapt 주요 제공 정보	62
〈표 2-17〉 미국 해양대기관리처의 RVAT 평가항목	63
〈표 2-18〉 CSIRO 주요 제공 정보	64
〈표 2-19〉 일본국립환경연구소 주요 제공 정보	65

〈표 2-20〉 일본의 홍수취약성 지표	66
〈표 2-21〉 Knoledge for Climate 주요 제공 정보	67
〈표 2-22〉 Klimatilpassing Noreg 주요 제공 정보	68
〈표 2-23〉 기술수요조사 대상 선정	74
〈표 2-24〉 기술수요조사 대상별 조사방법	74
〈표 2-25〉 기술수요조사 응답비율	75
〈표 2-26〉 기술수요조사 제안사항	76
〈표 2-27〉 분석기술 대상별 키워드	77
〈표 2-28〉 검색식 및 검색 결과	78
〈표 2-29〉 세부 분석기술 대상별 분석대상 건수	79
〈표 2-30〉 연도별 전체 출원 동향	80
〈표 2-31〉 연도별 국가 출원 동향	81
〈표 2-32〉 기술 발전 수준 포트폴리오	85
〈표 2-33〉 분석기술 대상별 키워드	88
〈표 2-34〉 세부 분석기술 대상별 발표논문 건수	90
〈표 2-35〉 해외논문 피인용 현황	91
〈표 2-36〉 국내논문 피인용 현황	92
〈표 2-37〉 해외논문 피인용 현황	93
〈표 2-38〉 국내논문 피인용 현황	93
〈표 2-39〉 해외논문 피인용 현황	95
〈표 2-40〉 국내논문 피인용 현황	95
〈표 2-41〉 해외논문 피인용 현황	97
〈표 2-42〉 국내논문 피인용 현황	97
〈표 2-43〉 해외논문 피인용 현황	99
〈표 2-44〉 국내논문 피인용 현황	99
〈표 2-45〉 취약성 평가를 위한 분석 틀	109
〈표 2-46〉 재해관련 국내 연구 인프라	115
〈표 2-47〉 국내 CTCN 가입 기관	116

〈표 3-1〉 연구결과의 정량적 목표	142
〈표 3-2〉 연구개발 목표	143
〈표 3-3〉 핵심기술 후보	147
〈표 3-4〉 핵심기술요소 체크리스트	147
〈표 3-5〉 핵심기술에 대한 TRL	148
〈표 3-6〉 기술성숙도(TRL) 단계별 목록	149
〈표 4-1〉 관련 정책 및 기술과제와의 상호 보완성	194
〈표 4-2〉 지자체 공무원의 재해취약성 관련 교육시스템 및 통합지원서비스 요구 사항	196
〈표 4-3〉 건물 및 지적 격자 매핑 안	199
〈표 4-4〉 최근 10년간 자연재난 피해 및 복구비 현황	206
〈표 4-5〉 자연재해에 의한 예상 피해액	206
〈표 4-6〉 국내외 재난관련 빅데이터 활용사례	211
〈표 5-1〉 연차별 인력투입 계획	212
〈표 5-2〉 1세부과제 연차별 인력투입 계획	213
〈표 5-3〉 2세부과제 연차별 인력투입 계획	213
〈표 5-4〉 3세부과제 연차별 인력투입 계획	213
〈표 5-5〉 전체 소요예산	214
〈표 5-6〉 전체 비목별 소요예산	215
〈표 5-7〉 1세부 비목별 소요예산	216
〈표 5-8〉 2세부 비목별 소요예산	216
〈표 5-9〉 3세부 비목별 소요예산	216
〈표 6-1〉 평가항목 및 배점	229
〈표 6-2〉 선정평가 검토 필수사항	231
〈표 6-3〉 중간평가 검토 필수사항	231
〈표 6-4〉 최종평가 검토 필수사항	232

그림 차례

〈그림 1-1〉 도시의 기후변화 재해 취약성 분석 개념	2
〈그림 1-2〉 도시 기후변화 재해취약성분석 구조	3
〈그림 1-3〉 도시의 기후변화 재해 취약성 분석 절차	4
〈그림 1-4〉 종합 재해 취약성 분석 과정	5
〈그림 1-5〉 재해예방형 도시계획 수립을 위한 전략적 수행과정	6
〈그림 1-6〉 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 지연 요인	16
〈그림 1-7〉 기후변화 적응 분야 기술 수요 현황	17
〈그림 1-8〉 이슈별 현재 중요성과 미래 중요성의 증가 정도	18
〈그림 1-9〉 표준 분석체계 및 전문인력 양성 필요성 설문조사	19
〈그림 1-10〉 플랫폼 필요성 설문조사	20
〈그림 1-11〉 분석 정밀화 기법 적용 비교분석(예시)	23
〈그림 2-1〉 국토종합계획 비전	26
〈그림 2-2〉 일본 S8 Project 프레임워크	39
〈그림 2-3〉 국내 기상재해 피해액 추이	42
〈그림 2-4〉 세계 대형 기상이변 피해액 추이	43
〈그림 2-5〉 2014년 기상산업 부문 매출액	44
〈그림 2-6〉 각국의 기후변화 적응산업 성장률	47
〈그림 2-7〉 우리나라 기후변화 적응산업 성장률	48
〈그림 2-8〉 방재산업 사업체수 구성비	49
〈그림 2-9〉 방재산업별 매출액(2013년)	50
〈그림 2-10〉 세계 SW시장 규모	51
〈그림 2-11〉 국내 소프트웨어 시장 현황	52
〈그림 2-12〉 우리나라 ICT 시장 규모 전망	53
〈그림 2-13〉 빅데이터 시장 전망	55
〈그림 2-14〉 국내 빅데이터 부문별 시장 전망	56
〈그림 2-15〉 도시 분야 소분류별 기술발전단계	59

〈그림 2-16〉 UKCIP 적응 마법사	60
〈그림 2-17〉 RVAT의 취약성	63
〈그림 2-18〉 일본의 홍수취약성 지구 산정식	66
〈그림 2-19〉 ESPON Project 통합 위험지도 산정방법	69
〈그림 2-20〉 캐나다 Thames River의 취약성분석 시스템을 적용한 위험 분석 결과	69
〈그림 2-21〉 수요조사 분석결과 그룹핑	75
〈그림 2-22〉 연도별 전체 출원 동향	80
〈그림 2-23〉 국가/연도별 출원 동향	81
〈그림 2-24〉 국가별 점유율 동향	82
〈그림 2-25〉 국가/재해유형별 점유율 동향	82
〈그림 2-26〉 기술/연도별 출원 동향	83
〈그림 2-27〉 국가/기술별 특허 출원 동향	84
〈그림 2-28〉 국가별/분야별 특허 출원 동향	84
〈그림 2-29〉 전체 기술발전 수준 동향	85
〈그림 2-30〉 국가별 기술발전 수준 동향	86
〈그림 2-31〉 연도별 논문 추이	89
〈그림 2-32〉 세부 분석기술 대상별 논문 현황	90
〈그림 2-33〉 분석기법 및 표준화 설계 연도별 논문 추이	91
〈그림 2-34〉 다위계 재해취약성분석 및 활용시나리오 연도별 논문 추이	92
〈그림 2-35〉 재해취약성분석 소프트웨어 개발 연도별 논문 추이	94
〈그림 2-36〉 도시공간 방재정보 관리체계 연도별 논문 추이	96
〈그림 2-37〉 분석의 평가, 검증, 모니터링 연도별 논문 추이	98
〈그림 2-38〉 퍼지논리를 이용한 의사결정트리	111
〈그림 2-39〉 기존 연구와의 차별성	133
〈그림 3-1〉 연구의 비전	139
〈그림 3-2〉 연구의 목표 개념도	140
〈그림 3-3〉 도시방재 통합 정보관리 시스템	141
〈그림 3-4〉 5대 중점분야 및 핵심 키워드 도출	146

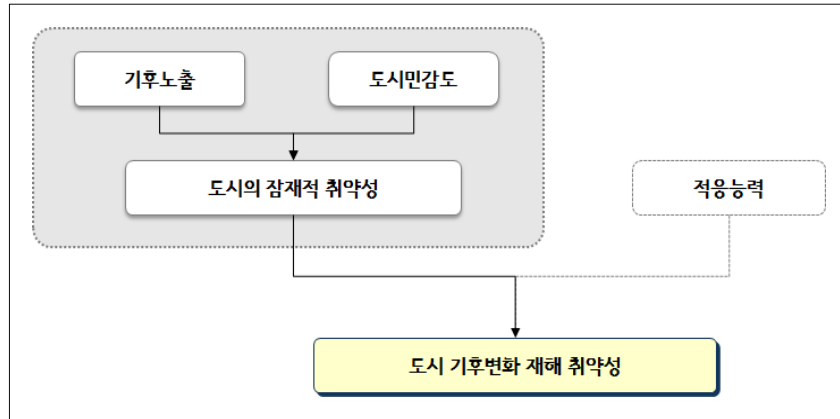
〈그림 3-5〉 기술중요도 및 기술수준 조사를 통한 후보과제 도출 방법	152
〈그림 3-6〉 포트폴리오 분석결과	155
〈그림 3-7〉 연구개발과제의 구성 및 체계	159
〈그림 3-8〉 연구개발과제의 전체 구성 개념도	159
〈그림 3-9〉 연구단 연구추진 체계	172
〈그림 3-10〉 세부과제 간 연계관계	174
〈그림 3-11〉 1세부 과제 기술로드맵	175
〈그림 3-12〉 2세부 과제 기술로드맵	176
〈그림 3-13〉 3세부 과제 기술로드맵	177
〈그림 3-14〉 과제별·단계별 산출물 및 성과물 로드맵	178
〈그림 3-15〉 소프트웨어 시험·인증 기준	180
〈그림 3-16〉 GS인증 1등급 시험·인증 절차	181
〈그림 4-1〉 국가기후변화적응대책 관련 부분	189
〈그림 4-2〉 제2차 국가 기후변화 적응대책(188쪽)	190
〈그림 4-3〉 과학기술기본계획 5대전략 및 주요투자계획	191
〈그림 4-4〉 2017년 재난재해 단계별 R&D 투자비율	192
〈그림 4-5〉 상위 근거 법률	192
〈그림 4-6〉 재해취약성분석절차결과를 도시·군기본계획/관리계획에 반영	192
〈그림 4-7〉 자연재해 피해 추세	204
〈그림 4-8〉 침수면적 및 수해피해액 변화 추이	204
〈그림 4-9〉 자연재해 피해액 추이	205
〈그림 4-10〉 예방 투자를 통한 재해저감 축적 효과	207
〈그림 4-11〉 우리나라 빅데이터 시장규모	208
〈그림 4-12〉 국내 데이터산업 시 규모(2010~2015년)	209
〈그림 4-13〉 국내 데이터산업 시장 전망(2014~2019년)	209
〈그림 5-1〉 연차별 세부과제 소요예산	215
〈그림 5-2〉 비목별 소요예산 구성비	215

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

- 기후변화란 ‘인간 활동 및 자연적 요인에 의해 기상현상이 평균상태를 벗어나는 현상’으로 정의됨(기상법 제 2조)
- 본 기획과제에서 대상으로 하는 분석에서는 **RCP 8.5** 시나리오 데이터를 활용하며, 기후변화 시나리오 혹은 기후변화 자체에 대한 연구는 대상범위에서 제외함
- 기후변화 적응이란 ‘현재 혹은 미래에 예상되는 기후변화의 부정적인 영향을 최소화하고 긍정적인 영향을 기회로 활용하는 것’을 의미함(IPCC, 2007)
- 도시 기후변화 재해취약성분석¹⁾이란 기후변화에 따라 대형화·다양화 되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위하여 기존의 전통적인 방재대책과 함께 도시의 토지이용, 기반시설 등을 고려하여 재해취약지역을 구분하고 그 결과를 토대로 실효성 있는 재해저감 대책을 마련함으로써 도시·군기본계획을 수립·변경하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우에 체계적인 판단 근거를 제공하기 위해 실시하는 기초조사임
- 도시의 기후변화 재해 취약성 분석 대상재해는 폭우(홍수·산사태), 폭염, 폭설, 강풍, 가뭄, 해수면상승의 6개 재해로 구분함
- 도시 기후변화 재해 취약성 분석은 IPCC 기후변화 취약성 분석의 골격을 유지하면서 기후노출(Exposure)과 도시민감도(Sensitivity)를 고려하며, 지자체 내 최소 공간범위(인구센서스조사의 집계구, 보통 읍면동의 1/23 정도)에 대한 상대평가를 통해 재해취약지역 도출
- 기후노출은 기후변화 재해를 유발하는 기온, 강수량 등과 같은 기후적 요소에 의한 영향을 나타냄
- 도시민감도는 기후변화 재해에 따른 도시의 물리적 취약특성과 도시구성요소(시민, 기반시설, 건축물)의 부정적 영향을 의미함
- 재해 취약성은 I - IV 등급으로 등급화하고, I 등급이 재해에 가장 취약한 지역이며, 재해취약지역은 I, II 등급 지역을 의미함

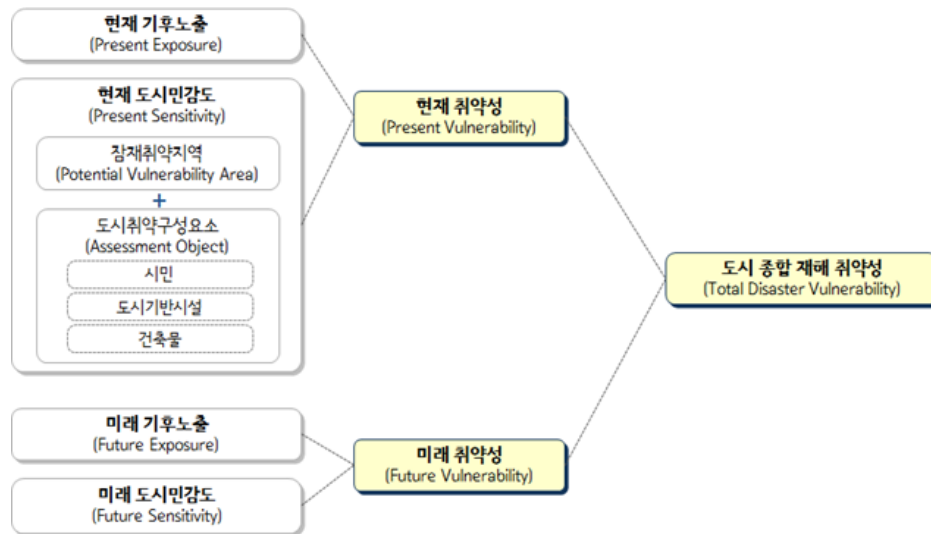
1) 본 보고서에서 ‘재해취약성분석’이라 함은 기후변화 관련 6대 재해(폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면 상승)에 대한 ‘도시 기후변화 재해취약성분석’을 의미함



〈그림 1-1〉 도시의 기후변화 재해 취약성 분석 개념

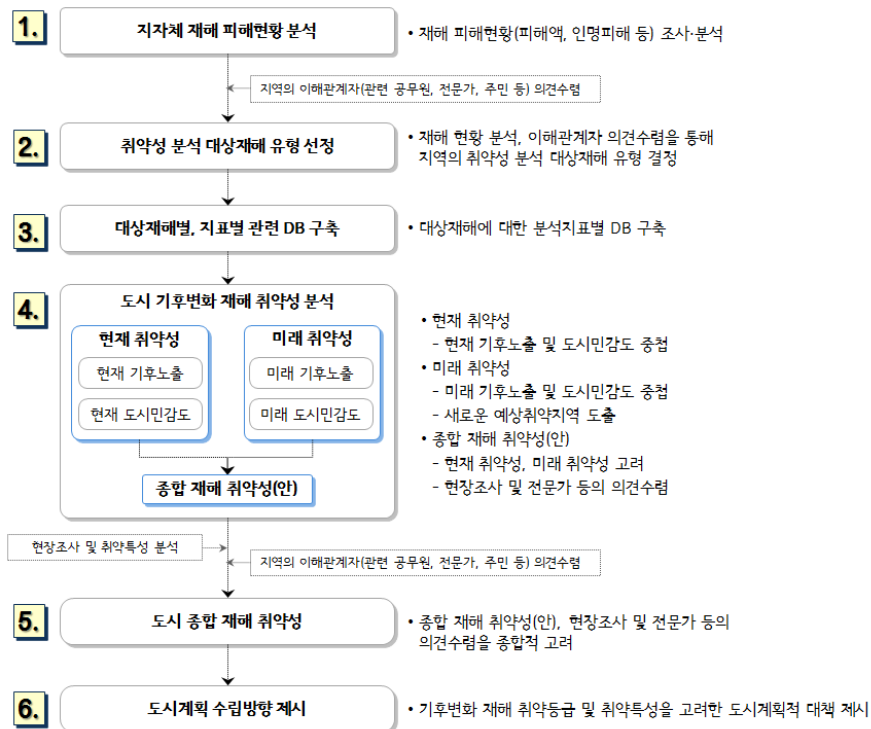
자료: 국토해양부(2011). 기후변화 적응도시 조성 방안 연구(1차년도).

- 기후변화 재해취약성분석의 구조: 본 연구에서는 국토교통부 관련 지침에 따라 도시의 기후변화 재해 취약성을 현재 취약성(Present Vulnerability), 미래 취약성(Future Vulnerability), 도시 종합 재해 취약성(Total Disaster Vulnerability)으로 구분
 - 현재 취약성은 과거부터 현재(보통 30년)까지의 기상 관측치에 의한 현재 기후노출(Present Exposure)과 현재의 잠재취약지역과 도시취약구성요소를 중첩한 도시민감도(Present Sensitivity)로 나타냄
 - 미래 취약성은 기후변화 시나리오(RCP 기반 시나리오)에 의한 미래 기후노출(Future Exposure)과 미래의 도시개발 전망 등을 반영한 도시민감도(Future Sensitivity)로 나타냄
 - 도시 종합 재해 취약성은 현재 취약성과 미래 취약성 분석에 따른 새로운 취약지역을 고려하며, 현장조사 및 전문가 등의 의견수렴 결과 최종 확정된 재해 취약성으로 나타냄



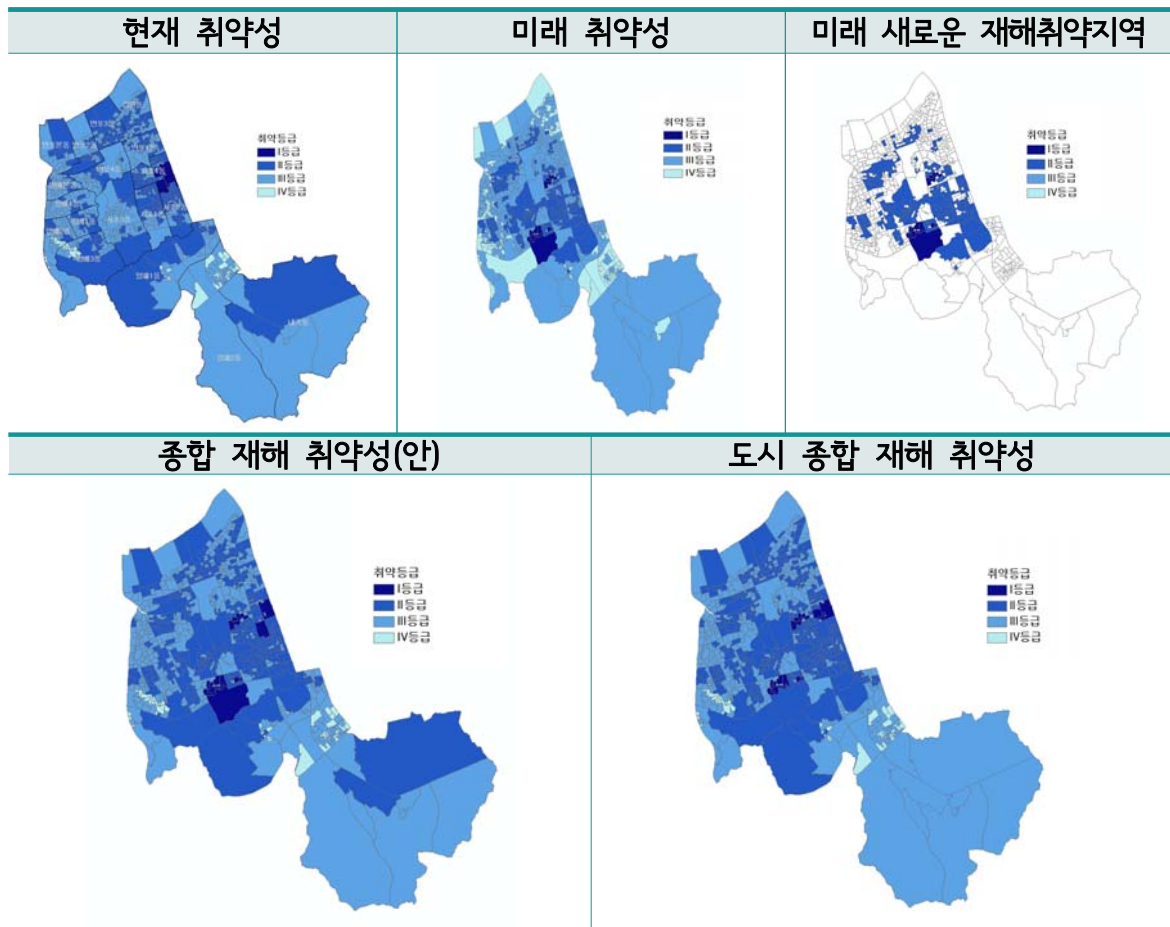
〈그림 1-2〉 도시 기후변화 재해취약성분석 구조

- 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침’에 따른 기후변화 재해취약성분석의 절차
 - 도시 기후변화 재해취약성분석
 - 현재 기후노출 및 도시민감도 분석결과를 중첩 및 등급화하여 현재의 재해취약지역 도출
 - 미래 기후노출 및 도시민감도 분석결과를 중첩 및 등급화하여 미래의 새로운 예상 재해취약지역 도출
 - 현재 취약성 분석 결과와 미래의 예상 재해취약지역을 중첩하여 종합 재해 취약성(안) 제시
 - 도시 종합 재해 취약성
 - 현장조사 및 공간분석, 지역 이해관계자(관련 공무원, 전문가, 주민 등)의 의견 등을 수렴하여 종합 재해 취약성(안)에 나타난 재해 취약성 등급 조정 과정을 거쳐 지자체의 도시 종합 재해 취약성을 확정
 - 도시계획 수립방향 제시
 - 재해취약지역 및 주변지역에 대한 현장여건, 지역특성 등을 고려한 토지이용 계획, 기반시설계획, 방재계획 등 도시계획의 부문별 계획의 대응방향 제시
 - 재해 취약성 등급을 고려하여 토지이용 제한, 도시계획시설 설치 제한, 건축물 설치 제한, 도시계획시설 및 건축물 활용, 방재시설(하천, 하수도 등) 강화 등 제시



〈그림 1-3〉 도시의 기후변화 재해취약성 분석 절차

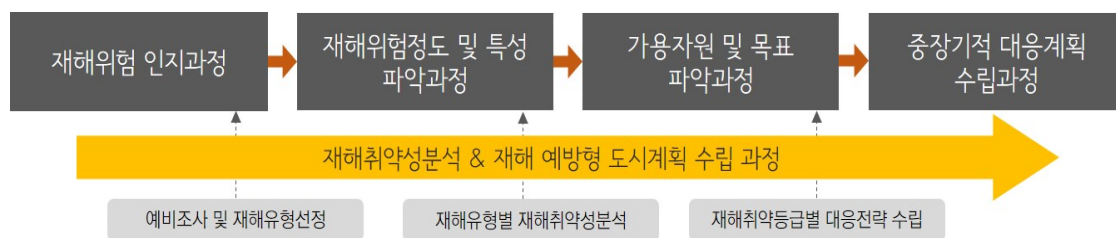
- 도시 종합 재해 취약성 분석도면 작성
 - 현재 재해 취약성을 중심으로 미래 취약성 분석에 따른 새로운 재해취약지역(I, II등급)을 중첩하여 종합 재해취약성(안) 작성
 - 종합 재해 취약성(안)에 대한 현장조사 및 관련 전문가, 공무원, 주민 등의 의견수렴을 통해 필요시 등급 조정을 검토하여 도시 종합 재해취약성 확정
 - 각 주제도를 중첩하여 현재와 미래를 종합적으로 고려한 도시 종합 재해취약성(안)을 마련한 후 현장조사 및 지역의 이해관계자의 의견수렴을 통해 필요시 재해취약지역 등급을 조정



〈그림 1-4〉 종합 재해 취약성 분석 과정

- 재해예방형 도시계획이란 기초조사인 재해취약성 분석 결과를 통해 재해에 특별히 취약한 지역에 구조적 대책과 더불어 도시계획적 대책을 마련하여 재해 피해를 최소화 하는 도시계획임
 - 기초조사인 재해취약성 분석 결과를 통해 재해에 특별히 취약한 지역에 구조적 대책과 더불어 도시계획적 대책을 마련하여 재해 피해를 최소화 하는 도시계획
 - 기후변화 재해에 안전한 도시공간 조성을 위해 도시 내 재해위험의 시·공간적 변화에 따른 재해취약지역 및 주변지역에 대한 도시계획적 대책 등을 종합적으로 고려하여 수립하는 적응전략계획
- 재해예방형 도시계획의 주요 영역
 - 재해취약성분석 결과 취약지역인 1, 2등급지를 중심으로 검토하되, 특별히 저감대책 필요한 지역은 중점적으로 관리
 - 재해취약지역에 대해 적용할 수 있는 도시계획적 기법 종류는 크게 3가지로 요약: 토지이용, 기반시설, 건축물

- 재해예방형 도시계획 전략적 수행과정(절차적 개념)
 - (재해위험 인지과정) 과거 재해피해현황 및 재해피해사례 조사 등을 통한 지역 특유의 취약 재해 유형 파악
 - (재해위험 정도 및 특성 파악과정) 취약 재해 유형에 대한 지역별 재해위험도 및 재해위험 발생/가중의 공간구조적 특성 파악, 재해위험의 시공간적 미래 변화 양상 파악
 - (가용자원 및 목표 파악과정) 재해저감대책 수립을 위해 필요한 조직, 인력, 예산, 토지, 기반시설 등 지역 여건 파악, 인명 보호/시설보호 /대응체계 등 재해저감 목표 파악
 - (중장기적 대응계획 수립과정) 재해위험특성, 미래 변화양상, 가용자원을 고려한 대응전략(우선순위) 수립



<그림 1-5> 재해예방형 도시계획 수립을 위한 전략적 수행과정

- 재해예방형 도시계획을 적용하기 앞서 도시방재 가용자원을 파악하여 발생가능성 억제용과 발생요인 해소용으로 도시계획적 대책을 구분하여 적용할 필요 있음
 - 재해발생가능성 억제용 대책은 재해피해가 우려되는 지역에 대하여 결과 측면에서 제방, 저류시설 설치 등과 같이 재해저감에 효과적인 대책을 의미함
 - 재해발생요인 해소용 대책은 재해취약지역에 대하여 재해위험을 가중시키고 있는 형태로 진행된 도시개발상의 문제점을 파악하여 재해취약성을 고려한 공간 배치, 불투수율 완화 등과 같이 원인해소 측면의 장기적 대책을 의미함

〈표 1-1〉 폭우재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목		재해저감 대책	대책 특성	
				결과 완화	원인 해소
토지 이용	공간구조 및 용도배치		· 자연적인 유출경로를 고려한 공간배치		○
			· 폭우취약성을 고려한 용도배치		○
	회피 및 이격		· 주민거주가 적은 지역 내 폭우취약지역 신 규개발 억제, 보전		○
			· 하천변 저지대 수피제방 조성	○	
			· 하천변 · 연안변 · 급경사지 등과 이격(set back) 및 완충지대 조성		○
	입지 및 시설제한		· 도로 · 지하도로 · 철도 · 공항 등 교통시설은 폭우취약지역 내 설치 제한		○
			· 학교 · 공공청사 · 종합의료시설은 폭우취약 지역 내 설치 제한		○
			· 유원지의 야영장 및 숙박시설 · 반지하주 택 · 대피시설은 폭우취약지역 내 설치 제한		○
			· 공원에 저류시설을 설치하는 경우 가급적 보 호하고자 하는 폭우취약지역 직상류에 설치	○	
			· 화장시설 · 공동묘지 · 납골시설 · 자연장지는 지형상 배수가 잘되고 붕괴나 침수의 우려 가 없는 장소에 설치		○
			· 전기공급설비 · 가스공급설비 · 유류저장 및 송유설비는 침수 및 산사태 등 재해발생 가 능성이 적은 지역에 설치		○
기반 시설	도로	도로	· 산사태 방지시설 직하류 도로의 저류시설 설치	○	
			· 광역도로변(4차선이상) 생태수로 설치	○	
			· 가로변 화단으로 우수유입을 위한 경계턱 제거	○	
			· 인접 시가지 침수 방지를 위한 횡단배수로 및 지하 저류조 설치	○	
		보도, 보행자 전용도로, 자전거 전용도로	· 빗물이 잘 스며드는 투수성 재료 사용		○
			· 나무나 화초를 심는 경우 그 식재면의 높이 를 보행자전용도로의 바닥 높이와 같게 하 거나 낮게 조성	○	
	공공 시설	학교	· 고지대 학교의 경우 하류 시가지 침수 방지를 위한 교문 횡단배수로 및 지하저류조 설치	○	
			· 생태연못 설치	○	
			· 옥외운동장 지표면 저류		○
			· 재해 발생 시 주민의 일시적 체류를 위한 시설 설치		○

계획 영역	세부 항목		재해저감 대책	대책 특성	
				결과 완화	원인 해소
	운동장		· 폭우취약지역 내 실외운동장의 경우 주변지역의 우수 저류	○	
			· 주차장 표면을 포장하는 경우, 투수성 재료, 잔디블록 사용		○
			· 생태연못 설치	○	
			· 재해 발생 시 주민의 일시적 체류를 위한 시설 설치		○
	공공 시설	공공청사	· 주차장 표면을 포장하는 경우, 투수성재료, 잔디블록 사용		○
			· 생태연못 설치	○	
			· 폭우취약지역 및 주변지역에 설치할 경우 저류시설 설치	○	
			· 재해 발생 시 주민의 일시적 체류를 위한 시설 설치		○
			· 중추적인 시설은 시·군 전체의 공간구조를 고려하여 재해로부터 안전한 지역에 단독형으로 설치		○
	주차장		· 주차 공간 지표면 저류		○
			· 폭우취약지역 내 주차장 지하 저류시설 설치	○	
			· 주차장 표면을 포장하는 경우에는 잔디블록 등 투수성 재료 사용		○
			· 나무나 화초를 심는 경우에는 그 식재면의 높이를 주차장의 바닥 높이와 같거나 낮게 조성	○	
			· 폭우취약지역 내 주차장 주변 생태수로 설치	○	
기반 시설	공원		· 공원 내 저류시설 설치	○	
			· 공원 내 광장·운동시설공간 등의 지표면 저류		
			· 생태연못 설치	○	
	광장		· 주차장 표면을 포장하는 경우, 투수성 재료, 잔디블록 사용		○
			· 나무나 화초를 심는 경우에는 그 식재면의 높이를 광장의 바닥 높이와 같거나 낮게 조성	○	
			· 폭우취약지역 내 광장 지표면 저류 및 지하저류조 설치	○	
	유원지		· 주차장 표면을 포장하는 경우, 투수성 재료, 잔디블록 사용		○
	공공공지		· 저류 및 침투시설 설치	○	
			· 바닥은 녹지 또는 투수성재료, 잔디블록 사용		○

계획 영역	세부 항목	재해저감 대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
건 축 물	건축대지	· 저지대 상습침수지역 지반고 예상침수위 이 상으로 승고		○
		· 도로 노면수 대지유입 차단을 위한 횡단 배 수시설, 차수판 설치	○	
	건물 용도배치	· 상습침수지역 내 지하층 또는 예상침수위 이하 부분에 주거용도 제한		○
	건축구조	· 상습침수지역 내 침수위를 고려한 필로티 건축(piloti)		○
		· 예상침수위를 고려한 출입구 설치		○
		· 지붕흡통 분리	○	
		· 폭우취약지역 내 건축물 지하저류조 설치	○	
	건축설비	· 주요 건축설비 예상침수위 이상에 설치		○
		· 상습침수지역 내 역류방지밸브 설치	○	
		· 옥상 녹화		○

폭우취약지역 : 방재지구, 풍수해위험지구, 상습침수지역, 급경사지 등 폭우재해에 취약한 지역

예상침수위 : 인접하천 계획홍수위, 과거 최대 흔적 침수위, 침수모의 등의 검토를 통해 산정된 지역의 적정 방어 침수위

도시계획시설규칙 : 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(시행 2013. 3.23)

〈표 1-2〉 폭염재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목	재해저감대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
토지 이용	공간구조	· 산지, 녹지, 공원 등을 활용한 녹지축 조성		○
		· 지형, 풍향, 가로망 등을 고려한 바람길축 조성		○
	용도배치	· 폭염취약성, 바람길을 고려한 용도배치 및 개발밀도관리		○
		· 쿨스팟(cool spot) 조성	○	
기반 시설	하천	· 복개하천 복원 및 인공수로 설치		○
		· 우·오수 처리 및 재활용을 통한 유지용수 확보	○	
	공원	· 바람길 확보 및 미기후 조절을 위한 공원 조성	○	
	공공공지	· 공공공지 내 녹지 확충		○
	도로	· 투수성/차열성/고반사율 포장		○
		· 도로-건축물 공간확보 및 4열식재를 통한 바람길 확보		○
		· 폭염취약지역 내 도로변 미스트 분사장치 설치		○
	학교	· 학교 교정, 운동장 등 녹화	○	
	공공시설	· 취약계층을 위한 무더위 쉼터 설치		○
		· 옥외 주차장의 녹화		○
건축물	대지	· 그린파킹조성을 통한 녹지 확보		○
		· 건폐면적 및 불투수 포장면적 최소화		○
		· 개별 단지 내 연못, 실개천 등 조성	○	
	건물배치	· 바람길을 고려한 건물배치(위치, 방향)		○
		· 바람길을 고려한 건물 스카이라인 구성		○
	건축구조	· 바람통로 확보를 위한 필로티(piloti) 설치		○
		· 옥상녹화		○
		· 벽면녹화	○	
		· 자연적/인위적 캐노피(canopy)	○	
		· 반사율이 높은 건축재료(지붕, 벽면)		○
		· 반사율이 높은 밝은색채를 사용한 건축면의 조성		○
		· 벽면, 창호 등의 단열개선 및 내후화(weatherization)	○	
		· 용도별(주거, 상업, 공업 등) 건축구조 다양화		○
	건축설비	· 자연형(passive) 냉방시스템	○	
		· 우수, 하천수 등을 이용한 냉방시스템	○	
		· 우수이용시스템 구축을 통한 벽면 우수분사 장치 설치	○	
		· 유리벽면의 열반사 필름 코팅	○	

〈표 1-3〉 폭설재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목	재해저감대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
기반 시설	공원/녹지	· 폭설취약지역 및 주변지역의 공원·녹지 내 제설적치장 조성	○	
	도로	· 도로포장재의 강화포장재 사용		○
		· 우·오수, 지하수, 폐열 등을 이용한 도로 결빙방지 시스템 구축	○	
		· 폭설취약성을 고려한 도로열선 시스템 구축(경사도로, 급커브길, 터널, 고립예상지역 등)	○	
		· 도로변 급경사지 스노우펜스(snow fence)		○
건축 물	대지	· 폭설취약지역 내 건축대지 도로 열선 시스템 구축	○	
	건축구조	· 폭설취약지역을 고려한 건축 구조(지붕 등)		○
	건축설비	· 건축물의 지붕 열선 설치	○	

〈표 1-4〉 가뭄재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목	재해저감대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
토지 이용	공간구조/ 용도배치	· 가뭄취약성과 연계한 녹지축 조성(산지, 녹지, 공원 등)		○
		· 수원지 보전용도 부여		○
기반 시설	도로	· 투수성 포장		○
	학교	· 학교 교정, 운동장 등 녹화		○
		· 빗물이용시설 설치		○
	공원	· 공공공지 내 녹지 확충		○
		· 가뭄취약지역 내 사막정원 조성	○	
	하천	· 우·오수 처리 및 재활용을 통한 하천유지용수 확보		○
건축물	건축대지	· 건폐면적 및 불투수 포장면적 최소화		○
		· 개별 단지 내 연못, 실개천 등 조성	○	
	건축설비	· 생활하수, 우수 등의 재활용을 위한 중수도시스템		○
		· 가뭄취약지역 내 건축물 빗물통, 빗물이용시설 설치		○

〈표 1-5〉 강풍재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목	재해저감대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
토지 이용	공간구조	· 강풍취약성과 연계한 방풍림 조성(강풍취약지역 및 연안인구밀집지역 주변)		○
기반 시설	도로	· 강풍취약지역 내 도로, 교량 등 방풍설비(바람막이) 설치	○	
	전기공급설비	· 강풍취약지역 내 전선지중화		○
	방조설비	· 해안방호벽, 방파제, 해안침식방지 등 설치	○	
	하천	· 강풍을 고려한 건물배치(높이, 방향 등)		○
건축 물	건축대지	· 강풍취약지역 내 옥외간판(대형간판, 돌출간판 등) 정비 및 제한	○	

〈표 1-6〉 해수면상승재해 도시계획적 대책

계획 영역	세부 항목	재해저감대책	대책 특성	
			결과 완화	원인 해소
토지 이용	공간구조	· 해수면상승취약성을 고려한 토지이용(방조림, 공원배치 등)		○
	회피 및 이격	· 주민거주가 적은 지역 내 해수면상승·해일취약지역 신규개발 억제 · 보전		○
		· 연안변 이격(setback) 및 완충지대 조성		○
	입지 및 시설제한	· 도로, 지하도로, 학교, 공공청사, 종합의료시설, 유원지의 야영장 및 숙박시설은 해수면상승·해일취약지역 내 설치 제한		○
		· 반지하주택, 대피시설은 해수면상승·해일취약지역 내 설치 제한		○
		· 공원에 저류시설을 설치하는 경우 가급적 보호하고자 하는 상습침수지역 직상류에 설치	○	
건축 물	건축대지	· 해수면상승·해일취약지역 지반고 예상침수위 이상으로 승고		○
		· 도로 노면수 대지유입 차단을 위한 횡단 배수시설, 차수판 설치	○	
	건물 및 용도배치	· 해수면상승·해일취약지역 내 지하층 또는 예상침수위 이하 부분에 주거용도 제한		○
	건축구조	· 해수면상승·해일취약지역 내 침수위를 고려한 필로티(piloti) 건축		○
		· 예상침수위를 고려한 출입구 설치		○
	건축설비	· 해수면상승·해일취약지역 내 창문, 지하주차장 입구 차수판 설치	○	
		· 주요 건축설비 예상침수위 이상에 설치		○

- 기후변화 대비 도시대응체계란 도시계획 관점에서 기후변화로 인한 재해취약특성 변화 (지속적 재해 취약성 분석 및 재해예방형 도시계획 수행 체계)를 다차원으로 분석하여, 장단기 순환 대응할 수 있는 지능형 관리체계
- 재해취약성분석 정밀화 및 데이터 표준화란 재해유형의 특성에 따라 도시민감도, 취약성 등에 대한 지표를 선정하여 표준화하거나 대리변수 도출, 가중치 적용 등 상황특성별 분석을 위한 방안을 마련
- 다위계 재해취약성분석이란 광역도시계획, 도시군기본계획, 도시군관리계획 등 계획의 위계에 따라 전략적인 관점에서 재해취약성분석 틀을 조정하여 분석을 수행하고 장단기 계획을 수립하여 결과의 적용성을 극대화하는 것임
- 재해취약성분석 표준 프로그램이란 공간단위 설정부터 재해 유형별 취약성 분석 수행 등 도시재해취약성을 분석하기 위한 단계적 자동화 체계
- 도시공간 방재정보 관리체계란 정보를 제공하는 것에 머무르는 것이 아니라 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 통해 축적된 정보를 활용하여 도시공간 재해취약성을 통합적으로 파악하는 지속적 성장형 관리체계
- 재해취약성분석 평가·검증·모니터링이란 산발적으로 진행되는 취약성분석 결과를 검증하여 DB화 시키고 분석결과의 추세와 활용체계를 개선하여 단기보다는 장기적인 효과를 분석하여 지속적으로 도시계획에 반영하기 위한 절차

<표 1-7> 다위계 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 연계 틀

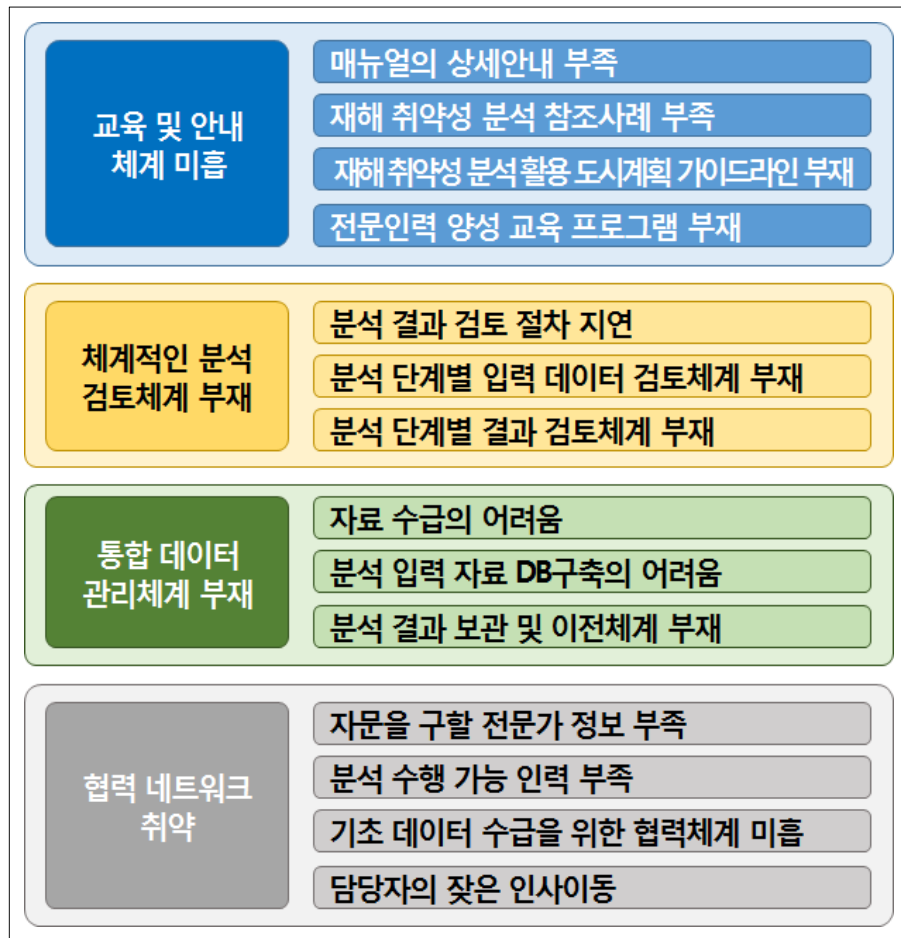
Process

광역적 도시방재 전략 수립			전국 시군구 단위 재해취약성 분석
도시적 재해 예방형 계획 수립			지자체 집계구 단위 재해취약성 분석
지구적 재해 관리 필요지역 분석 및 모니터링			방재지구 지정 및 관리
정밀 재해저감 대책 시뮬레이션			기후변화 재해 (폭우, 폭설, 가뭄 등) 시뮬레이션 도구 (기존 R&D 및 상용 프로그램) 연계

2절. 연구개발의 배경 및 필요성

1. 추진배경

- 대형화·다양화되고 있는 기후변화 재해에 효율적으로 대응하기 위해서는 재해 취약성에 대한 분석에 근거한 계획 수립 필요성이 증가
 - 기후변화에 대비한 도시 대응체계를 실현하기 위해서는 중·장기적 미래를 포함한 취약성분석이 필요함
 - 하나의 기반시설과 연결된 기반시설 간의 영향관계를 분석하여 연쇄적으로 발생할 수 있는 재해피해를 사전에 예방이 필요함
- 국내의 재난·재해 연구는 자연재해와 사회재난을 분리하여 진행되었으며, 이를 통합하여 하나의 시스템화 되지 못하였으며, 피해 관련 정보를 공공에 제공할 수 있는 시스템도 미흡함
- 교육 및 안내 체계 미흡, 체계적인 분석 검토체계 부재, 통합 데이터 관리체계 부재, 협력 네트워크 취약 등으로 인해 재해예방형 도시계획 수립을 위한 재해 취약성분석 결과의 원활한 활용이 지연됨
 - 재해취약성분석에 대한 교육 및 안내 시스템이 제대로 구축되지 않아 분석을 수행할 인력 양성이 지연되어 제도 추진이 어려움
 - 재해취약성분석 결과를 검토할 수 있도록 체계화된 기준과 도구가 부재하여 평가 및 검증에 많은 시간과 인력이 소모되고 일정이 지연됨
 - 데이터를 안정적으로 공급하고 분석 결과를 지속적으로 축적할 수 있는 체계가 미흡하여 분석 일정이 지연되고 결과의 신뢰성 확보 및 모니터링 수행이 어려움
 - 도시방재 전문가 혹은 지역 전문가에 대한 정보를 얻을 수 있는 협력 네트워크에 대한 지원이 부족하여 재해 취약성 분석 결과의 현장성 및 활용도가 떨어짐
- 따라서, 기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시를 조성하기 위해 재해취약성 분석의 고도화와 정보공유 채널 및 재해취약성 분석결과를 지속적으로 생산, 축적, 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함



〈그림 1-6〉 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 지연 요인

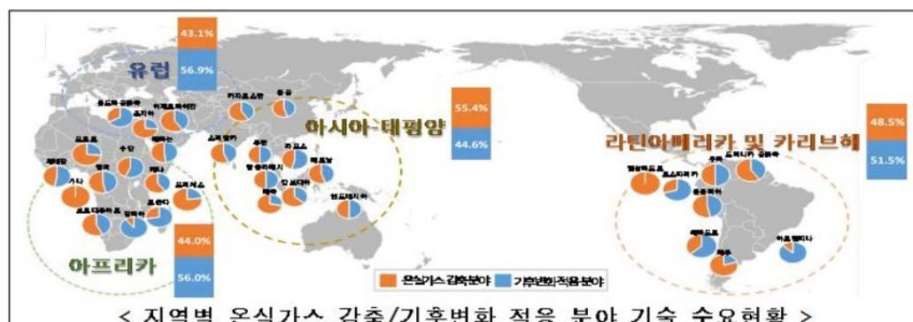
- 구체적으로 도시 기후변화 재해취약성 분석방법(분석지표, 공간단위, 재해유형 등) 개선 필요
 - 재해예방형 도시계획과의 연계성 강화를 위한 분석지표 수정 및 보완
 - 재해취약지역 상황별로 지역특성 및 재해특성을 고려할 수 있도록 분석지표에 대한 가중치 부여방안 연구
 - 현재 분석의 공간단위인 집계구와 격자기반의 분석단위 체계를 비교 검토하여 병행 혹은 선택적 사용 등의 방안 마련
 - 현행 최종 등급위주의 결과 도출은 지역별 재해취약특성 이해에 근거한 계획 수립을 저해하고 있기에, 취약특성 그룹별 결과 표출방안 검토
- 지자체별 맞춤형 재해예방형 도시계획 수립방법 체계화 필요
 - 취약지역에 대하여 취약구성요소에 대한 상세한 설명과 이를 해소하거나 저감시키기 위한 대책유형을 연결한 관계도 또는 대책결정시 고려가 필요한 의사결정트리 마련

- 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 수행절차 및 데이터 관리에 대한 업무 프로세스 표준화
- 지역에 기초한 위원회에서 승인할 수 있는 절차 및 기준 검토, 보고서 작성지침 및 작성 가이드라인 제시
- 재해취약성분석 결과와 각종 개발사업의 연계성 확보를 위하여 교통시설 설치, 산업단지 입주, 인구정책 수립 등에 있어서 재해취약성분석 결과 반영방안 마련
- 재해취약성분석 지원시스템 개발 및 도시방재정보 통합관리 시스템 구축 필요
 - 정보의 공유뿐만 아니라 웹기반의 단계별 분석지원 서비스 개발을 통해 통합적 도시 기후변화 재해 취약성분석 업무 및 의사결정 지원체계 마련
 - 분석 단계별 결과를 검증할 수 있는 프로그램을 개발하여 사용자의 오류 최소화 및 정확도 향상에 기여

2. 연구의 필요성

가. 연구의 시급성 및 중요성

- 미래사회의 주요 이슈로 ‘기후변화’에 대응하기 위한 방안 모색 시급
 - 국제사회는 196개 전 당사국이 온실가스 감축목표 제시 및 이행 의무로 규정되는 ‘신 기후체제’ 성공비결로 기술을 지목하고 기술보유국들의 혁신적인 기후기술 이전을 강조하고 있음
 - 정부는 국내외의 사업 파트너 발굴과 녹색기후기금(GCF) 등의 재원 조달 등 성공모델 창출을 위해 적극 지원할 예정이며, 정부간 협업, 프로젝트와 기업 매칭, 연구자·기업과 협력대상국가의 정부·관계자 간 네트워킹 확대 등을 도울 예정



<그림 1-7> 기후변화 적응 분야 기술 수요 현황 (자료: 미래부)

- 「미래이슈 분석보고서」에서는 미래준비위원회를 구성하고 향후 10년간의 경제·사회·환경·정치 분야에서 선정한 28개의 이슈들에 대해 분석하였으며, 이중 기후변화 및 자연재해, 재난위험 등의 이슈들을 언급하였음

- 기후변화 및 자연재해는 10년 후 중요한 10대 이슈에 포함되었으며, 현재의 중요성과 미래 중요성의 증가정도에 대해서도 높은 이슈로 포함되어 있음

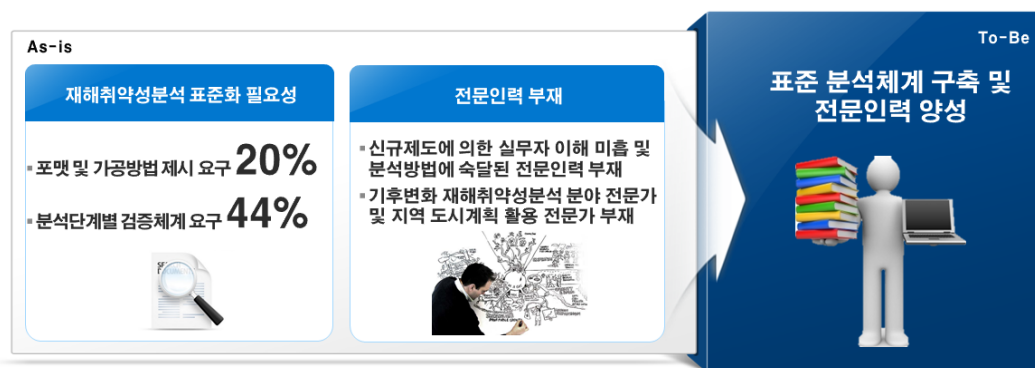


〈그림 1-8〉 이슈별 현재 중요성과 미래 중요성의 증가 정도

자료: 미래이슈 분석보고서

- 기후변화에 적응하기 위한 취약지역의 다위계 분석 시급
 - 기후변화는 폭염, 폭설, 집중호우 등과 같은 이상기후를 수반하여, 심각한 사회·경제적인 손실을 초래하고, 나아가 인류의 생존까지도 위협할 수 있음
 - 최근(2001~2010년)에 발생한 풍수해 피해액 중 약 65%인 8조 원 가량은 인구 5만 명 이상의 도시지역에서 발생하였으며, 약 5조 185억 원 가량은 인구 5만 명 이하의 농촌 도시에서 발생함. 도시 규모별 면적피해밀도의 평균값을 살펴보면 5만~20만 명의 소도시에서 가장 큰 피해를 보임
 - 현대 도시공간은 복잡하고 고도화되었으며 각 도시마다 규모, 노후화, 지형 등 다른 특성을 보임. 따라서 도시공간을 다위계로 해석할 수 있는 취약지역 분석이 요구됨
- 과학적 분석에 기반한 기후변화 재해취약성 분석방법 설계 및 관리시스템 개발 필요
 - 지속적으로 변화가 이루어지는 도시공간의 재해관리를 위해서는 계획 수립단계에서 사전에 재해를 경감할 수 있는 지원시스템의 구축이 필요함
 - 재해예방형 도시관리를 위한 모니터링 체계가 필수적이며 이를 효과적으로 제

- 어 · 관리할 수 있는 지원시스템이 필요함
- 현재 시행중인 도시기후변화 재해취약성 분석을 고도화하고 이를 지원하는 시스템이 요구됨
- 기후변화에 대비하는 정보 제공 및 교육 등 추가적인 적응 조치가 필요
 - IPCC 제 4차 보고서에 의하면 지구 기후시스템의 시간차로 인해 현재부터 꾸준히 온실 가스를 감축하더라도 앞으로 수십 년 내에 기후변화가 일어나는 것을 막을 수 없는 것으로 나타남(IPCC, 2007)
 - 온실가스 감축 조치에 의한 효과를 가시화하기 위해서는 오랜 시간이 소요되기 때문에 기후변화에 대비하는 추가적인 적응 조치가 필요
 - 기후변화로 인한 재해발생과 피해의 위험성은 모든 국민이 대비할 필요가 있으므로 사전에 재해에 대비하여 공무원과 국민들을 대상으로 재해교육 및 대응책에 대한 홍보를 할 필요가 있음

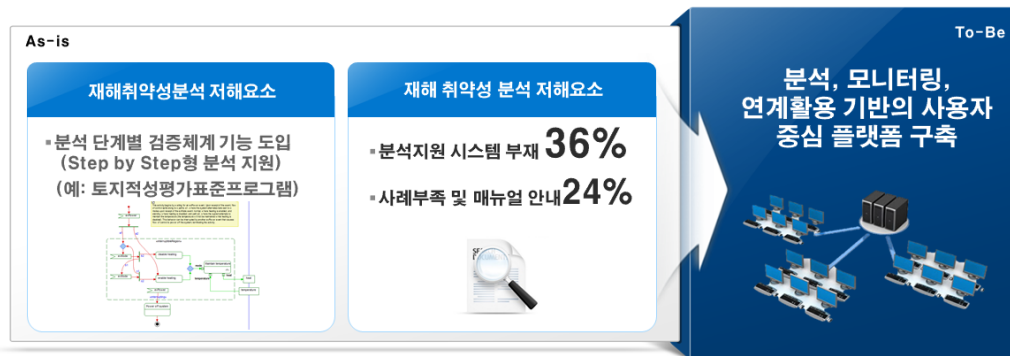


〈그림 1-9〉 표준 분석체계 및 전문인력 양성 필요성 설문조사

나. 정부지원의 필요성

- 도시 기후변화 재해취약성 분석에 근거하여 방재도시 조성전략을 수립하는 정부 정책에 부합하여 도시방재정보 관리체계 마련 시급
- 도시 · 군기본계획 및 도시 · 군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로 재해취약성 분석을 실시하도록 국토의 계획 및 이용에 관한 법률이 개정됨(' 15.1)에 따라 대응 체계 마련이 시급히 필요함
- 도시 기후변화 재해취약성 분석을 체계적으로 지원하고 분석결과를 지식 자산화하여 활용 · 공유하기 위한 체계가 필요함
- 현재 운영 중인 도시 기후변화 재해취약성분석은 매뉴얼 및 분석방법이 마련되어 있지만 구체적인 수행방법과 표준화 진행이 미흡함

- 정보공유체계 미흡, 분석방법의 상이점, 오류사항 발생 문제에 대한 해결을 위해 정보의 신속한 제공 및 정확한 의사결정 지원체계 마련이 필요
- 도시 기후변화 재해취약성 분석업무의 체계적인 지원과 분석결과에 대한 지식 자산화 및 공유를 위한 시스템 구축 필요
- 재해취약성분석 수행업무를 단계적으로 안내하고, 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위한 지원 시스템 개발이 시급하며, 중장기적으로 지속적인 정부주도의 지원이 불가피함



〈그림 1-10〉 플랫폼 필요성 설문조사

- 다양한 제약 조건으로 인해 재해취약성분석이 지연됨으로 인해 재해에 안전한 도시 조성을 위한 재해예방형 도시계획 수립이 지연됨
- 재해취약성분석에 대한 교육 시스템이 제대로 구축되지 않아 분석을 수행할 인력과 도움을 줄 전문가가 부족하여 제도 추진이 지연됨
- 재해취약성분석 결과를 검증할 수 있는 체계화된 기준과 검증 도구가 부재하여 결과 평가 및 검증에 많은 시간과 인력이 소모되고 일정이 지연됨
- 분석에 필요한 데이터를 안정적으로 공급하고 분석 결과를 지속적으로 축적할 수 있는 체계가 미흡하여 분석 일정이 지연되고 분석 결과의 신뢰성 확보와 향후 모니터링을 수행하기 어려움
- 도시방재 전문가 혹은 지역 전문가에 대한 정보를 얻을 수 있는 협력 네트워크에 대한 지원이 부족하여 재해예방형 도시계획 수립을 위한 재해취약성분석 결과의 활용도가 떨어짐
- 재해취약성분석 지원 시스템으로 재해에 대비한 도시 조성을 위해 재해예방형 도시계획 수립을 지원하는 기초자료를 제공하도록 재해취약성분석이 정확하고 손쉽게 수행되어 의미 있는 결과를 지속적으로 생산할 수 있도록 지원

- 현재 재해취약성분석의 결과가 재해예방형 도시계획에 제대로 반영되지 못하게 지연시키는 요인들을 재해취약성분석 지원 시스템을 통해 제거 혹은 감소시킴
- 장기적 재해예방형 도시계획 수립과 전략 마련을 위해 도시의 재해취약성에 대한 분석결과와 기초데이터, 경험 사례, 인적 자원을 지속적으로 축적하여 지식 자산화
- 도시차원의 도시기반시설 관리나 토지이용계획, 도시환경계획 등을 통해 지속가능하고 순환적인 기후변화 적응을 위한 대응체계 구축이 필요함
- 기후변화는 광범위한 사회경제활동과 밀접한 관계가 있기 때문에 중앙정부, 지자체, 주민 등과의 연계 및 지구온난화 대책, 도시정책, 교통정책, 에너지정책과 같은 관련 정책과의 연계가 필요함
- 도시재해 대응체계를 마련하기 위한 고도화 기술은 시·공간적으로 장기적이고 지속적으로 성장하는 시스템이 되어야함
- 재해저감을 위한 물리적 기술개발 외에 다양한 이해관계자의 협의가 필요하며 도시계획, 환경계획 측면에서의 정책 대안 제시가 필수적임
- 도시 규모에서의 재해저감은 도시계획이나 인프라계획 등 중앙정부차원의 제도 틀 안에서 행해야 하는 것들이 다수 존재함
- SMARTeST Project(EU)의 경우 유럽연합의 지원으로 실증연구가 진행 중이며 정부 관계자, 지방자치단체, 사회단체, 홍수 관련 제조업체, 보험 및 엔지니어들의 기술 협력과 제도개선/파트너십을 통해 기후변화에 대한 정책적/기술적 대응 방안 마련
- 기술개발과 정책수단 개발의 병행을 통해 실효성 있는 도시 대응체계 구축이 요구됨

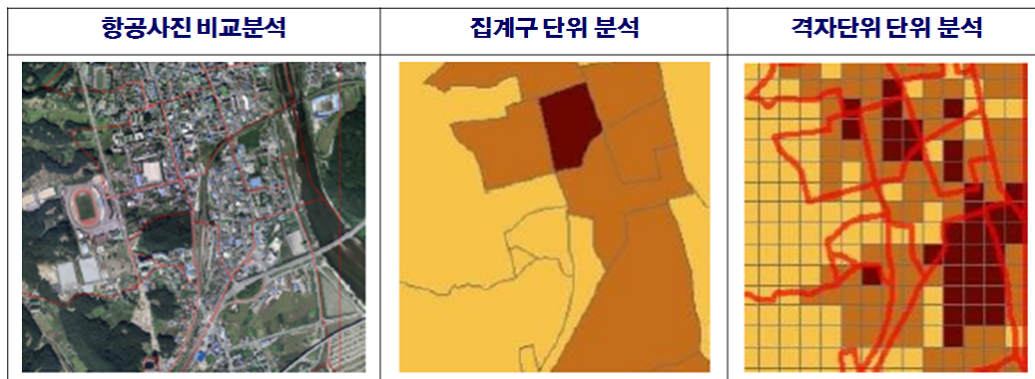
3절. 기획연구 목표 및 추진전략

1. 기획연구의 목표

- 본 기획연구는 재해로부터 안전한 도시를 조성하기 위해 도시 기후변화 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 관련 핵심 적용기술을 발굴하여 제안하고 대응체계 고도화 기술개발 관련 연구 과제를 기획함
- 도시계획 관점에서 기후변화로 인한 중장기적 재해취약 특성변화를 위계적으로 분석하여, 장단기 순환 대응할 수 있는 지능형 관리체계 구축
 - 재해취약성분석에 따른 혼란을 방지하고 체계적으로 분석을 지원할 수 있는 데이터 표준설계 및 프로그램 개발이 필요 (현재 운영 중인 재해취약성분석의 매뉴얼 및 분석방법에 대한 구체성과 표준화가 미흡함)
 - 재해가 발생하는 공간적 범위의 분석기준을 다각도로 분석하여 재해피해를 최소화하기 위한 활용시나리오의 개발이 필요함
 - 지표 혹은 인자 중심의 평가방법에서 벗어나 실제 재해취약성을 분석하고 예방대책을 수립하는 주체의 요구사항 반영 필요
 - 과학적, 체계적인 분석에 기반한 재해취약성 분석방법 설계 및 관리체계 마련으로 도시계획과 정책 실정에 부합한 기후변화 대응지원체계의 강화 요구

2. 기획연구의 추진전략

- ‘분석정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계’ 전략
 - 현재 재해취약성 분석은 집계구 단위로 분석을 실시하고 있으며 세부적인 재해 대상에 대한 검토와 대응이 어렵기 때문에 분석을 위한 정밀기준과 기법 적용
 - 분석단위를 세분화한 격자방식으로 분석하여 해당결과를 비교 검토
 - 데이터 표준화 설계를 위해 국제 표준화(ISO/TC21, OGC) 동향분석 및 적용 실시
 - 불일치하는 데이터 사용을 정비하기 위한 적용 사례 검토 실시



〈그림 1-11〉 분석 정밀화 기법 적용 비교분석(예시)

- ‘다위계 재해취약성 분석방법 및 활용 시나리오 개발’ 전략
 - 다위계 재해취약성 분석방법은 정보 제공 상황·시나리오별 대응할 수 있도록 광역, 도시, 지구단위 등 분석단위를 고려
 - 기존 시나리오 기법을 조사하고 적합한 분석기법을 적용하여 재해피해를 최소화하도록 도시계획 의사결정(안)을 마련하고자 함
 - 시나리오 개발기법은 기후변화와 관련된 정량적 변화와 각 변수간의 상호작용을 분석하여 미래의 재해발생 가능성을 서술하여 가까운 미래에 대한 과학적인 의미 해석을 반영하여 의사결정에 중요한 요인분석 결과를 제공하는 장점을 가지고 있음
- ‘재해취약성분석 표준 프로그램 개발’ 전략
 - 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로 재해취약성 분석을 실시하도록 하면서 체계적으로 지원할 수 있는 표준프로그램 개발에 따른 분석 현황 및 요구분석 수행
 - 연구수행기관이 필요로 하는 핵심기술개발과제를 도출하고, 도출된 기술개발과제의 기술내용, 기술개발기간, 소요금액, 기술개발효과 등을 조사·분석하여 기술개발지원사업과 연계 지원함으로써, 기술경쟁력 향상과 국가연구개발지원사업의 실효성 극대화
 - 국내 보유기술로 개발이 가능한 기능들을 중심으로 우선적으로 개발하고 단계적으로 학문적 기초연구/실용화 연구 및 선진 프로그램 제품에 대한 벤치마킹이 필요한 기술들을 추가 및 보완하여 프로그램 고도화
 - 재해취약성분석과 관련된 선진 사례의 장단점을 분석하여 성과를 제고하기 위한 대안을 마련함으로써 경쟁력을 높이고자 함

- ‘도시공간 방재정보 관리체계 개발’ 전략
 - 취약성분석의 체계적인 지원을 위해 시스템을 구축하여 취약성 분석과 관련된 데이터 및 각 분야의 정보를 통합하여 지식 베이스화하고 분야를 넘어 이용할 수 있는 체계를 구축
 - 재해취약성분석의 정확성을 높이기 위해 시계열 DB 및 분석결과 비교검토
 - 관련 시스템 분야횡단형 연계를 통한 재난위험 확산 사전감지를 위해 국내시스템 현황조사 실시
 - 기타 추진전략으로 정보공유 및 활용에 대한 국외 트렌드 분석과 기술수요조사를 실시
- ‘분석결과의 평가, 검증, 모니터링 기술 개발’ 전략
 - 취약성 분석의 추세 모니터링과 지속적인 분석 및 활용 개선체계 개발
 - 취약성 분석의 장기적인 모니터링을 위해 산발적으로 진행되는 취약성분석의 평가, 검증을 통한 DB구축과 이를 위한 프로세스 개발
 - 취약성 분석은 단기보다 장기적인 효과를 위해 수행하는 분석으로 효과분석을 위한 실험방법/실증분석 수행

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

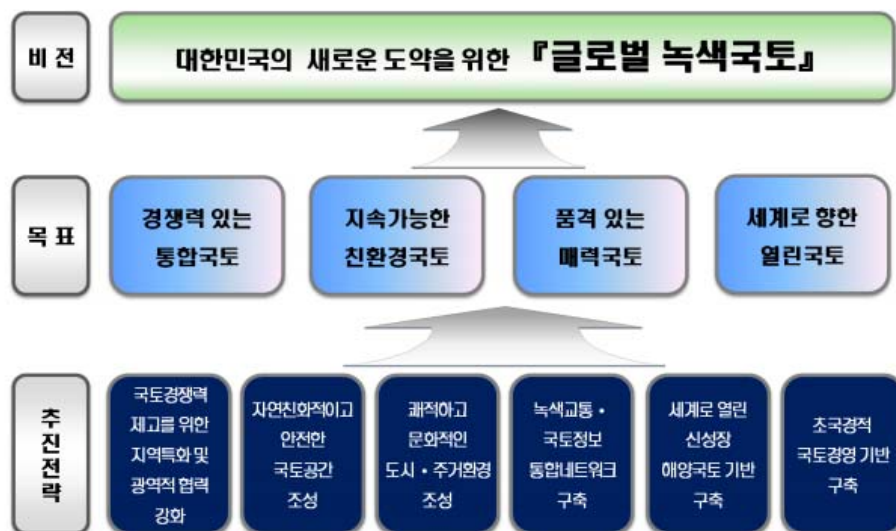
가. 기후변화 적응 관련 정부 정책

- 제2차 국가 기후변화 적응대책(2016~2020)
 - 국토교통부, 국민안전처 등 20개 부처 합동으로 수립한 기후변화 적응대책으로 지난 2010년 14개 부처 합동으로 추진했던 제1차 국가 기후변화 적응대책을 기반으로 보완 발전시킴
 - 과학적 위험관리, 안전한 사회건설, 산업계 경쟁력 확보, 지속가능한 자원관리 등 4개 정책부문과 이행기반 마련의 20개 정책과제로 구성되며 관리부처 및 광역지자체는 시행계획을 수립함
- 국내 기후변화 대응 및 저탄소 녹색도시 조성 전략
 - 정부의 핵심 국정과제인 ‘저탄소 녹색성장’을 법제도적으로 뒷받침하기 위해 2009년 2월 저탄소 녹색성장기본법에 대한 정부안을 확정함
 - 녹색성장위원회는 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 녹색성장을 위한 3가지 전략과 10가지 정책방향을 제시함

〈표 2-1〉 과학기술기본계획 전략, 분야, 추진과제 주요내용

3대 전략, 10대 정책방향	
기후변화 적응 및 에너지 자립	1. 효율적 온실가스 감축
	2. 탈석유 에너지자립 강화
	3. 기후변화 적응 역량 강화
신성장 동력 창출	4. 녹색기술개발 및 성장동력화
	5. 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성
	6. 산업구조의 고도화
	7. 녹색경제 기반조성
삶의 질 개선과 국가위상 강화	8. 녹색국토교통의 조성
	9. 생활의 녹색혁명
	10. 세계적인 녹색성장 모범국가 구현

- 국가과학기술심의회, 제3차 과학기술기본계획('13 ~ ' 17)
 - 「과학기술기본법」 제7조에 따라 과학기술기본계획을 수립·시행하고, 과학기술혁신 정책의 비전 및 목표와 방향을 제시하는 중장기 발전전략을 제시
 - 국가전략기술개발전략의 세부 분야 중 깨끗하고 편리한 환경조성과 걱정없는 안전사회구축 분야에서 기후변화 대응력 강화, 선제적 자연재해 대응과 피해최소화, 사회적 재난 대응체계 확보 등 재해관련 추진과제가 선정됨
- 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)
 - 기후변화 대응 및 저탄소 녹색성장을 위한 새로운 국토발전전략을 국토 계획에 반영
 - 전지구적 기후변화와 에너지 식량 등 자원문제 심화에 따른 온실가스 감축과 재해 대응을 위한 국토관리방안 수립



〈그림 2-1〉 국토종합계획 비전

나. 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 법률 및 제도

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률
 - 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 개정에 따라 기후변화 대응에 대한 내용이 추가되었으며, 풍수해저감을 고려하여 도시계획을 수립토록 함
 - 2012년 2월, 기후변화에 대한 대응 및 풍수해 저감을 통한 국민의 생명과 재산의 보호를 법 제3조 국토 이용 및 관리의 기본원칙에 추가
 - 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립을 위한 기초조사로 재해취약성분석을 포함하도록 하는 내용을 개정함(2015.1.6)

- 도시계획 수립시 각 계획별 재해로 인한 피해최소화를 위해 소방방재청의 안전관리계획과 풍수해저감 종합계획을 고려하도록 하는 내용을 최근 개정함(시행령_2012.4.10.)
- 광역도시기본계획 수립지침
 - 기후변화 재해취약성분석을 통해 광역계획권의 다양한 재해위험을 파악하고, 부문별 계획수립시 반영하도록 함
 - 방재계획외의 부문별 계획에는 방재관련 계획현황 및 기준이 제시되어 있지 않음
- 도시·군 기본계획 수립지침
 - 환경친화적 계획 수립 원칙에 있어 재해취약성분석의 수립과 바람길 분석 및 도시열섬현상 완화와 연안지역 훼손 최소화를 위한 조항 제시
 - 토지이용계획에 있어서는 재해빈발지역·하천상류 지역을 보전용지로 지정토록 하고 있으며, 시가화예정용지 설정 시 녹지비율 등 방재대책을 강화토록 함
 - 공원·녹지 체계 설정에 있어 수변공간의 폭우 및 폭염에 대응하도록 유도하고 있으며, 산사태 방지를 위한 보전전략을 실시토록 제시
- 도시·군관리계획 수립지침
 - 계획입안을 위한 기초조사로 재해취약성분석, 환경성검토 등 환경에 영향을 미치는 사항을 조사함
 - 도시·군관리계획 내 방재기준 현황은 비교적 다양한 용도지구계획에서 제시되고 있으나, 방재계획에 있어 폭우재해 중심으로 기술됨
 - 용도지역 설정의 기본원칙과 녹지지역에 있어 재해빈발지역 및 하천상류지역의 개발용도를 지양하도록 함
 - 주거지역의 경우 대단위 주거단지 계획 시, 바람유동 및 열섬현상 억제를 위한 미기후환경을 조성토록 제시
 - 방재지구 지정 및 안전계획에 있어 지진·화재에 대응할 수 있도록 방재거점 설정, 화재·지진 취약 건물 불연화·내진화 등을 제시하고 있으며, 화재와 지진에 관한 사항은 상위계획에서 제시되지 않았던 계획기준임
 - 도시·군관리계획에 제시된 방재관련 계획기준은 상위계획에 비해 비교적 자세하게 제시되어 있으나, 대부분의 내용이 유사
- 저지대 및 취약지대와 지진·화재에 대한 계획기준이 새롭게 제시되고 있으며, 특히 건축물 측면에서 취약건물에 대한 기준이 마련
- 광역도시계획과 도시·군기본계획상의 방재계획에서 제시되었던 재해빈발지역에 대한 방재기준이 도시·군관리계획에서는 제시되어 있지 않음

- 방화·방재지구 지정에 대한 기준이 제시되었으며, 미기후환경 및 바람통로 설정 등 폭염에 대한 기준이 제시
- 광역도시계획에서부터 제시된 저지대 우수지 지정 및 확보는 동일한 내용으로 방재계획과 기반시설측면에서 동일하게 제시
- 지구단위계획 수립지침
 - 재해취약성분석, 환경성검토 등 재해관련 기초조사를 수행함
 - 산업유통형 지구단위계획 및 관광휴양형 지구단위계획에서 건축계획 조항을 두고 있으며, 환경부문에서는 홍수주기를 고려하여 시설물설치제한 및 홍수방재 구역으로 이용하도록 하고 있음
- 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙
 - 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령에 의해 기반시설의 세분 및 범위에 관한 사항을 규정
 - 각 시설별로 재해를 고려하여 설치하도록 규정하고 있음
 - 도시·군계획시설 중에서 일부 시설은 개별 법률 및 규칙 외에 별도의 설계·설비기준이 수립되어 있음
- 도시 기후변화 재해 취약성분석 제도
 - 2011년 우면산 산사태, 강남 침수피해를 계기로 재해에 안전한 도시 조성을 위해 기후변화에 따른 재해취약성을 분석하고 재해취약지역을 고려한 도시계획체계 구축 필요성 대두
 - 국토교통부는 광역도시계획, 도시·군기본계획, 도시·군관리계획 등 도시계획 수립지침을 개정하여 도시계획을 수립하는 과정에서 기후변화 재해취약성분석²⁾을 시행하고 토지이용, 기반시설 등 각 부문별 계획에 반영토록 함
 - 기후변화 재해로부터 안전한 도시 조성을 위한 체계 확립을 위하여 도시계획 수립시 재해취약성분석 결과에 기초하여 부문별 계획을 수립토록 의무화하여 대형재해를 미연에 방지하는 재해예방형 도시계획의 기반 마련
 - 광역도시계획의 계획수립 원칙과 포함내용, 도시·군기본계획의 내용과 작성원칙, 도시·군관리계획의 수립기준 등 도시계획 수립·변경시 재해 취약성 분석을 실시토록 함
 - 광역도시계획의 경우 계획수립 원칙과 포함내용의 친환경성과 방재계획, 그리고 계획안 작성시 재해 취약성 분석을 도입토록 함
 - 도시·군기본계획은 환경친화적 계획 수립에 있어 재해 취약성 분석 결과를 부

2) 국토해양부에서는 2011년 12월, 재해 취약성 분석 내용을 포함하는 도시계획 개정안을 발표하였으며, 2012년 7월 1일부터 시행, 2016년 5월 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침이 제정됨

문별 계획 수립시 반영토록하고 있으며, 기초조사 및 수립절차에 있어 재해취약지역 분석 의무화

- 도시·군관리계획 역시 일반원칙과 계획서 작성, 입안시 기후변화 재해 취약성 분석을 수행하여 계획서에 첨부토록 하고 있음
- 지구단위계획에도 기초조사로 재해취약성분석을 시행하도록 하고 있음

○ 사전재해영향성검토 제도

- 자연재해대책법에 의해 수행되는 사전재해영향성검토는 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책 수립함
- 개발계획수립 초기단계에서 재해영향성에 대한 검토를 받는 절차를 거치도록 하여 개발로 인하여 발생할 수 있는 재해를 예방
- 국토·지역계획 및 도시개발등 행정계획과 개발사업을 대상으로 수행함

○ 풍수해저감종합계획 수립지침

- 자연재해대책법에 의해 수립되며, 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설과 같은 풍수해의 예방 및 저감을 위하여 지역특성을 고려한 피해발생 원인, 재해위험도, 재해저감대책과 관련된 사항을 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해, 기타재해로 구분하고 종합적으로 조사·분석하여 단위지구별·수계별, 전지역별로 풍수해를 저감시킬 목적으로 수립하는 중장기 계획
- 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획 수립시 반영하도록 함

○ 지역안전도 진단

- 국민안전처에서는 방재정책 전반에 대한 환류체계를 구축하고 지방자치단체의 자율방재역량을 제고하기 위하여, 「자연재해대책법」 제75조의2(지역안전도 진단)에 따라 시·군구별 위험환경 위험관리능력 및 방재성능 분석을 통해 지역안전도 진단을 실시
- 지역안전도 진단은 위험환경, 위험관리능력, 방재성능 세 가지의 구성요소로 구분하여 위험에 대한 지자체 정비실적 및 행정 능력 등의 지자체의 위험저감능력을 중심으로 평가

다. 국내 정책 시사점

- 도시·군기본계획에서 방재에 관한 사항이 법률에 명시됨으로써 방재의 위상과 중요성은 높아졌으나 체계적이지 못함

- 2011년 4월 기후변화 대응 및 에너지절약에 관한 사항 신설과 방재 및 안전에 관한 사항이 법 제19조 도시·군기본계획의 내용에 경관에 관한 사항의 일부로 포함되어 명시됨
- 시행령 제9조에서 광역계획권의 문화·여가공간 및 방재에 관한 사항을 포함하도록 규정하고 있음
- 광역도시계획의 방재에 관한 사항은 시행령에 제시되어 있으며, 도시·군관리계획에서는 방재에 관한 사항이 제시되어 있지 않음
- 국토교통부는 재해취약성분석 제도를 도입하여 재해예방형 도시계획 및 토지이용체계 기반을 마련하였으나 실질적 효과 미흡
 - 도시계획 수립 시 재해 취약성 분석을 수행하여 반영토록 하는 등 도시계획수립지침을 개정(' 11.12)하였으나 부문별 계획 내 방재관련 계획기준이 미흡하고, 지자체 추진 실적이 저조
 - 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로 재해 취약성 분석을 실시하도록 국토의 계획 및 이용에 관한 법률을 개정(' 15.1)하였으나, 지자체 예산확보 근거가 미흡하고 재해 취약성 분석 결과에 대한 체계적인 평가 및 검증 체계 미흡
 - 재해취약성분석을 체계적으로 지원하고 분석결과를 지식 자산화하여 공유할 수 있는 방안 마련이 필요하며, 재해 취약성 분석 결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위해 제도 개선 및 지원 시스템 마련이 시급
- 기존 대책성과 보완 및 분야별 연계·통합 정책 수립
 - 정부 차원에서 기후변화 관련 정책 및 제도를 구체적으로 논의 필요
 - 지속적으로 기후변화 관련 연구진행을 통한 정책기반 및 기술력 확보
- 재해 관련 법률 및 제도의 연계성 강화 및 행정적 기반강화 필요
 - 주요 선진국과 같이 과학적 근거에 기초한 기후변화 대응정책 수립 필요
 - 업무 담당의 명확성이 떨어져 관계부처 및 부서별 업무 중복성 심각
- 재해취약성 분석을 위한 정밀화 기법 및 재해예방형 도시계획 수립 부재
 - 도시계획 분야에서 재해취약성분석 제도를 운영중에 있으나 분석지표, 분석 구조, 분석 단위 등의 조정을 통해 전체적인 정확도 향상이 필요함
 - 재해관련 분석제도에 의한 분석결과를 도시계획에 활용하기 위한 연구진행이 미비하여 도시계획 변경안을 반영한 재해취약성분석 재수행 기능 개발 필요
 - 재해취약지역을 고려한 시설의 배치기준 미흡 및 재해가 주변지역에 미치는 측면에 대한 기준이 없음
 - 지자체별 맞춤형 재해예방형 도시계획 수립방법에 대한 가이드 부재로 인해 획

일적인 대책수립 문제가 발생하므로 재해취약성분석 및 활용업무 지원서비스 개발 시급

- 교육 및 안내 체계 미흡, 체계적인 분석 검토체계 부재, 통합 데이터 관리체계 부재, 협력 네트워크 취약 등으로 인해 실효성있는 분석결과 도출의 어려움

○ 재해관련 공간계획 제도상 문제점

- 도시·군기본계획의 부문별계획에 방재관련 사항이 포함되어 있으나 방재계획에서의 관련 내용이 대부분 공통사항에 해당되어 구체적인 재해별 기준 마련이 부족함
- 도시·군기본계획에서 방재에 관한 사항이 법률에 명시됨으로써 방재의 위상과 중요성은 높아졌으나 체계적이지 못함
- 도시·군관리계획에 제시된 방재관련 계획기준은 상위계획에 비해 비교적 자세하게 제시되어 있으나, 대부분의 내용이 유사함
- 지구단위계획 수립지침 상 방재관련 사항은 구체적이지 못하고 원론적인 사항만 기술되어 있음

○ 국가 및 도시기반시설 설치시 재해 취약성 분석 도입 필요

- 공항, 항만, 국가산업단지, 발전시설 등 국가기반시설 관련 입지계획 수립시 재해 취약성 분석을 통해 재해측면의 입지 적정성을 검토하고, 취약지역에는 설치계획을 수립하지 않거나 충분한 재해대책을 마련후 입지토록 유도
- 도심지 도로, 철도, 지하철 등 도시기반시설 설치시에도 입지 선정에 재해위험을 고려할 수 있도록 관련 기반시설 입지계획 수립시 재해 취약성 분석 도입

○ 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하기 위하여 도시공간상의 기후변화 리스크로 인한 파급영향 네트워크에 대한 정보화와 시나리오 기반의 도시공간 적응전략 수립체계 마련 필요

- 초대형화되고 있는 기후변화 재해위험 관련 각종 연구결과 및 정보를 효율적으로 분석 및 제공하는 의사결정 지원시스템 구축 시급
- 미래 잠재위험지역 도출을 위해 국토 공간구조 변화분석, 인구 추이 분석, 시가화 지역 시계열 분석 등 초대형재해 시나리오 분석결과의 축적 및 제공을 위한 시스템 개발 필요
- 사회기반시설 기능저하, 손상으로 인한 산업계 및 경제에 미치는 2차영향 분석 및 정보화 중요
- 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하여 광역적 영향범위를 설정하고 중장기적 적응전략 수립 및 의사결정지원 시스템 구축 필요

2. 국외 정책동향

가. 기후변화 적응 관련 지구적 협약

- 제21차 기후변화협약 당사국총회 파리협정
 - 선진국과 개발도상국의 적극적인 참여, 국가별 기여방안 및 정기적인 종합이행 점검 시스템을 포함하는 협약체계
 - 지구평균온도 상승폭을 산업화 이전과 비교하여 1.5℃까지 제한하기 위한 노력을 추구함
 - 기후변화에 대응한 회복력 강화, 취약성 저감, 적응역량 증진
 - 온실가스 감축, 기후변화 적응, 지속가능발전, 빈곤퇴치를 위한 자원 마련
- 2015-2030 센다이 강령 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)
 - 센다이 강령은 2015년 3월에 개최된 제3차 세계재난위험경감 총회 (3rd UN World Conference on Disaster Risk Reduction)에서 기존의 효고행동강령 (Hyogo Framework for Action)의 후속으로 마련된 것으로, 재난감소를 위한 행동지침에 대한 각국의 약속을 UN 제69차 총회에서 채택한 것임
 - 센다이강령은 다음과 같은 배경으로 마련됨
 - 기존의 효고행동강령은 정부와 대중의 인식 증가, 재난관리 제도 및 기관 설립, 조기경보 시설의 구축 및 확대, 재난 대비·대응책 마련 등의 성과가 있었지만, 위험을 감소하기 위한 실질적인 투자나 개발규제로 충분히 이어지지 못한 것으로 평가됨 (UNISDR, 2013)
 - 특히, 대부분의 국가에서 재해로 인한 경제적 손실이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있는데, 이는 도시화 및 경제성장 가속화에 따라 재해에 대한 인명과 경제활동의 노출 정도가 급격히 증가된 것이 중요 원인으로 간주됨
 - 이에 대한 정부의 책임을 고양하도록 이행목표를 상향 조정하고 구속력을 제공할 필요가 제기됨
 - 강령의 목적
 - 노출특성과 취약성을 감소시키는 데 필요한 경제·시설·법·사회·보건·문화·교육·환경·기술·정책 등 가용수단의 통합으로 기존 위험뿐만 아니라 새로운 위험을 예방
 - 대응과 회복을 고려한 대책을 마련하고 사회복원력 증진
 - 성과달성 목표 (target) 설정
 - 정부 책임을 높이기 위해 2030년까지 향후 15년간 7가지 성과달성 목표를 설정하여, 전 지구 수준에서 지방정부까지의 노력을 평가하고자 함

- 2016-2030 UN 지속가능한 개발 목표 (Sustainable Development Goals)
 - UN 지속가능한 개발 목표는 2012년 브라질 리오에서 개최된 지구정상회담 (Earth Summit)의 보고서인 “The Future We Want”에 따라, 저개발국가의 가난 해결을 위한 밀레니엄개발목표(MDGs)를 넘어, UN총회 (General Assembly)의 주도로 회원국 모두가 2030년까지 지속가능한 개발을 위한 공동의 목표를 구체화한 것을 의미함
 - 2012년 지구정상회담 보고서에 별도 분야로 구분되었듯이, 당초에는 지속가능한 개발 목표는 재난위험도 감소와 관련해 별도의 목표를 마련하고자 하였으나, 재난과 타 분야와의 밀접성이 높아 타 분야의 목표에 포함시키기로 함
 - 11번째 도시 및 주거지 목표에서는 본연구와 관련하여 다음과 같은 두 가지 이행과제를 반영하고 있음
 - (Target 5) 2030년까지 재난으로, 특히 물과 관련된 재난에 대해 사상자수와 영향인구의 수를 감소시키고, GDP 대비 직접경제손실을 크게 감소시키고, 취약한 곳의 주민을 보호하는 데에 초점을 둘 것
 - (Target b) 2020년까지 도시와 거주지역을 위해 기후변화 저감적응과 함께 센다이강령에 맞춰 포괄적인 재난위험도 감소를 추진할 수 있도록 정책과 계획을 마련할 것
 - 13번째 기후변화 대응 목표에서는 다음과 같은 두 가지 이행과제가 본 연구와 관련되어 있음
 - (Target 1) 모든 국가에 기후 관련 재해에 대한 복원력과 적응능력 강화
 - (Target 2) 기후변화와 관련된 대책을 국가적 정책, 전략, 각종 계획에 반영

〈표 2-2〉 17개 지속가능한 목표

목표1	(빈곤) 모든 곳에서 모든 종류의 빈곤 종결
목표2	(식량) 기아 해소, 식량안보 확보, 영양 수준 개선, 지속가능한 농업 추진
목표3	(건강) 건강 보장과 모든 연령대 인구에 대한 복지 증진
목표4	(교육) 포용적이고 공평한 양질의 교육기회 보장과 평생학습의 기회 제공
목표5	(성평등) 양성평등의 목표 달성과 모든 여성과 여아의 역량강화
목표6	(상하수도) 물과 위생의 이용가능성 및 관리 증진
목표7	(에너지) 값싸고, 신뢰성 높고, 지속가능한 현대식 에너지에 대한 접근성 보장
목표8	(일자리) 지속적이고, 포용적이고, 지속가능한 경제 성장, 양질의 일자리 보장
목표9	(사회기반시설) 복원력이 있는 사회기반시설 건설, 포용적이고 지속가능한 산업 증진, 혁신 도모
목표10	(불평등) 국가 내, 국가 간의 불평등 해소
목표11*	(도시 및 주거지) 안전하고 복원력이 있고 지속가능한 도시와 주거지 조성
목표12	(생산 및 소비) 지속가능한 소비와 생산 패턴 보장
목표13*	(기후변화) 기후변화와 그로 인한 영향을 방지하기 위한 긴급 대책 마련
목표14	(해양) 지속가능한 개발을 위한 해양, 바다, 해양자원의 지속가능한 이용과 보전
목표15	(생태보존) 육지 생태계 보존, 삼림보존, 사막화 방지, 생물다양성 유지
목표16	(평화) 지속가능한 개발을 위한 평화롭고 포용있는 사회 조성, 모든 사람에게 정의의 실현, 효율적이고 책임이 있는 제도 확립
목표17	(국제협력) 글로벌 파트너십의 활성화 및 이행수단 강화

*는 본 연구와 관련성 높은 목표를 의미함

나. 기후변화 대비 도시 대응체계 관련 해외 제도

○ 미국의 취약성평가 계획 및 활용

- 미국에서는 기후변화에 대한 다양한 취약성 평가를 실시하고 있으며, 과학적 평가를 바탕으로 하여 연안관리 정책이 마련
- 기후변화와 관련해서는 미국 환경보호부(EPA), 지질조사국(USGS) 및 미국 해양 대기청(NOAA)과 함께 기후변화 과학프로그램(CCSP)을 2002~2009년에 구성, 기후변화정책에 대한 과학적 조사를 실시
- 과학적 평가 자료는 미국의 기후변화대응에 대한 정책마련에 중추적 역할을 하고 있으며, 오바마 정부의 환경대응 정책 마련에 있어 IPCC보고서와 함께 고려됨
- 미국 연방정부에서 실시하였던 취약성 평가에는 지질조사국의 연안취약성 평가, 해양대기청의 위험취약성 평가와 미공병단의 지역평가 시스템을 들 수 있으며, 평가 사례를 요약하면 다음 〈표 2-3〉 과 같음

〈표 2-3〉 미국의 취약성 평가 사례

연안취약성 평가(CVA)	위험취약성평가(RVAT)	지역평가시스템(CRS)
미국 지질조사국에서 해수면 상승과 관련하여 취약성 지수를 이용하여 취약성을 평가	미국해양대기청에서 Floria 주 해안에 인접한 지역에 위험에 노출된 인명, 재산, 시설물 분석	홍수보험제도와 연계하여 방재계획의 재난피해저감 능력을 지수화하여 평가

- 미국 해양대기관리처(NOAA)에서는 RVAT(Risk and Vulnerability Assessment Tool)를 개발하여 위험에 노출된 인명, 재산, 시설물 등 재해위해성과 취약성을 평가
- 제공되는 정보는 해당지역의 재난방재정책을 수립하기 위한 예방 조치들을 결정하거나 우선순위를 부여할 때 이용

○ 미국 USGS 연안취약성 평가

- 미국 지질조사국(US Geological Survey; USGS)은 연안지역에 여러 평가 사업을 실시하고 있으며, 해수면 상승, 허리케인, 태풍, 해안침식에 대한 조사 및 취약성을 평가하고, 이 평가 자료를 연안 관리자, 연구자 및 일반 주민들에게도 공개
- 해수면 상승과 관련해서는 미국 지질조사국(USGS) 및 해양대기청(NOAA)이 함께 ‘기후변화 과학프로그램(CCSP)’ 내 취약성 평가를 실시하였으며, 연안취약성인덱스(CVI; Coastal Vulnerability Index)를 이용하여 평가하고, 취약성 랭킹을 도시화함

○ 미국 NRC(National Research Council) 교통 기반시설 정책

- 2008년 6월, 미국 의회에 보고된 NRC(National Research Council)의 보고서³⁾에는 14개의 정책제언(Recommendations)을 포함함
- 교통 기반시설에 대한 기후변화 적응을 위한 정책제언 주요 내용
 - 장기계획 수립 시 기후변화 요소의 고려 의무화
 - 교통-기후변화 관련 정보센터의 설립 및 범부처 워킹그룹 등 조직정비
 - 데이터 생산, 의사결정지원시스템 및 모니터링 기술 개발 등 관련 연구의 적극적인 장려
 - 취약성 지도 작성 등을 통한 보험제도 정비
 - 법·제도 등 중앙정부와 지방정부 간 협력체계 마련 등

3) TRB SR 290. 2008. Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation.

- 미국, Threat and Hazard Identification and Risk Assessment (THIRA)
 - Threat and Hazard Identification and Risk Assessment (THIRA)는 미국의 재난 대응역량 강화를 위한 위협요인 발굴·분석 기법으로 주요 재난 선정하고, 예상 위험 시나리오를 구성하여 대응·대비하기 위한 필요자원을 추정하는 위험도 평가
 - THIRA는 국가의 안보와 회복력을 달성하기 위한 31개 핵심능력을 구축 및 지원하는 ‘국가 대비 시스템(NPS, National Preparedness System)’의 일환으로 6개 구성요소 중 1, 2단계에 속하는 과정으로 위협요인 발굴 및 위험 평가, 국가대비시스템을 위하여 요구되는 능력을 추정
 - THIRA 분석결과는 국토안보부 보조금 프로그램(HSGP), 응급상황관리 보조금(EMPG)에 의거하여 매년 업데이트를 해야하며, 재난 식별 및 위험성 분석을 위한 기초자료와 보조금 지급 기준, 재난 대응을 위한 기능 요구사항 및 완화 계획 등 후속 관련 계획사업에 활용
- 미국, 플로리다주 리카운티(Lee County, Florida)의 공간계획적 방재계획
 - 플로리다주 서남부 해안에 위치한 리카운티는 카운티 내에 5개 지방정부⁴⁾로 구성되어 있으며 그 지리적 위치로 인하여 홍수 및 허리케인, 산불, 토네이도 등 다양한 자연재해에 노출되어 있음
 - 멕시코만과 접한 해안은 물론 리카운티 중심에 흐르는 칼루사하치강(Caloosahatchee River)으로 인하여 카운티 내 도시지역의 대부분이 홍수피해의 위험에 노출되어 있음
 - 자연재해로부터 피해를 최소화함과 동시에 지속적인 도시 성장을 위하여 리카운티는 카운티 내의 5개 지방정부와 협력하여 ‘상호협력 지방 방재 전략(The Joint Unified Local Mitigation Strategy)’을 수립하였음
 - 리카운티의 ‘지방 방재 전략’은 카운티 내 모든 지방정부의 종합개발계획과 접목됨과 동시에 각 정부의 예산 집행 및 개발관련 규제를 통하여 현실
 - 지방 종합개발계획(Local Comprehensive Plan) : 미래 토지이용 및 도시성장 패턴을 결정짓는 지방정부 정책의 틀
 - 종합개발계획 내 해안계획(Coastal Elements of the Comprehensive Plan) : 지방정부의 종합개발계획의 한 부분으로 자연재해로부터 해안 환경 및 거주민의 보호와 관련된 계획
 - 카운티 종합 비상사태 관리 계획(County Comprehensive Emergency Plan, CEMP) : 비상사태 대응 절차 등을 규정하는 작전 계획

4) Fort Myers, Fort Myers Beach, Sanibel, Cape Coral, and Bonita Springs

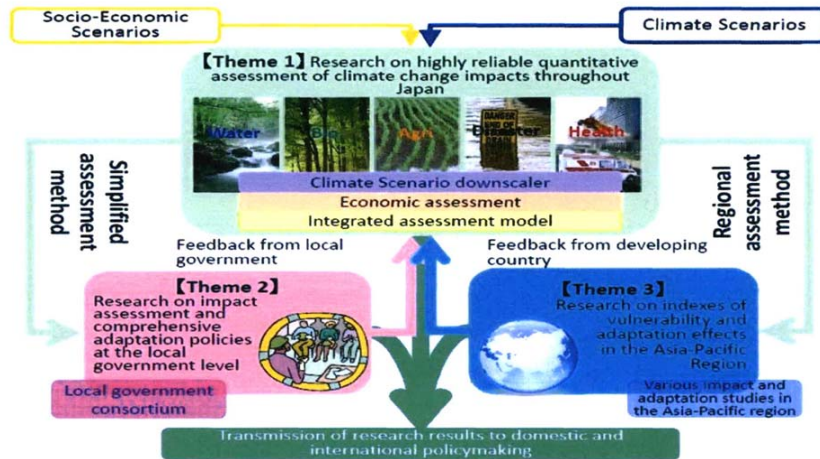
- 지방 방재 전략(Local Mitigation Strategy) : 주정부와 연방정부가 요구하는 지방정부 자체의 방재계획
- 사후 복구·재건 계획(Postdisaster Redevelopment Plan) : 재난 발생 이후 복구 및 재건 시기를 위한 계획
- 미국의 LID 제도
 - 미국에서 개발사업시 저영향개발을 제도화하여 우수발생원을 관리함으로써 기후변화, 도시화에 따른 유출증가 및 물부족에 대응
 - 워싱턴주 Lacey, Tumwater 등은 관련 법률 제정, 워싱턴주 Issaquah 우수관리 지침 제정, Seattle에서는 공공개발사업에 권장하고 있음
 - 도시화로 인해 증가되는 도시내수, 범람 등에 의한 피해와 비점오염원 저감을 위한 다양한 저영향개발 프로그램을 시행
- 영국의 PPS25
 - PPS 25(Development and Flood Risk)는 개발과 홍수 위험에 관한 것으로 공간 계획 수립과정에서 홍수위험을 고려하여 지속가능한 개발 도모
 - 계획과정에서 “홍수위험평가”를 실시하여 토지이용계획에 반영함으로써 홍수위험이 있는 지역에 부적합한 개발을 피하고, 위험이 낮은 지역으로 개발을 유도
 - 계획의 위계에 상응하여 적절한 ‘홍수위험평가’가 명확한 지침에 의해 시행
 - 순차검증과 예외검증을 통해 개발입지 및 토지이용계획에 반영
 - 순차검증(Sequential Test) : ‘홍수구역(Flood zone)’에 근거하여 실시하며, 개발사업 후보지는 순차검증 결과 홍수위험 최소지역에 우선적으로 할당
 - 예외검증(Exception Test) : 순차검증 적용 결과 합리적 가용지가 없거나 홍수 위험지역이지만 지속가능한 개발 측면이 월등히 우세한 경우, 예외검증을 통해 엄격한 홍수위험관리 방안 마련을 전제로 하여 개발 허용
 - PPS25에서는 개발계획 및 설계에서 “지속가능도시배수체계(Sustainable Urban Drainage System⁵⁾)”를 적용하여 홍수위험을 경감토록 유도

5) SUDS는 두 개 이상의 여러 부지에서 배출 되는 지표수(우수와 오수)를 저감(Attenuation), 저류(Settlement) 또는 관리(Treatment)를 용이하게 해주는 배수시스템으로, LID는 발생원 중심이지만 SUDS는 “건물 시설물 유지관리 및 우수 재활용-발생원관리-지구관리-지역관리” 등 유출경로 전반에 걸쳐 관리하는 시스템

〈표 2-4〉 영국의 홍수위험평가 결과의 구분

구분	내용
홍수구역 1	연간 침수확률 0.1% 미만인 지역 홍수위험도 낮음
홍수구역2	연간 침수확률 내륙 0.1% 이상, 1% 미만 / 해안 0.1% 이상, 0.5% 미만인 지역 홍수위험도가 중간 정도임
홍수구역3a	연간 침수확률 내륙 1% 이상 / 해안 0.5% 이상인 지역 홍수위험도 높음
홍수구역3b	기능적 홍수터(Functional Floodplain) 연간 침수확률 5% 이상 지역 또는 극한 홍수(0.1%)로 설계된 지역

- Scotland지역에서는 SUDS를 법제화(Water Environment and Water Services Act, 2003)
- 중국, Flood Risk Assessment System
 - 중국에서는 홍수예측시스템 및 홍수피해저감을 위한 대규모 수리시설 공사 등 다양한 방재 정책을 펼치고 있음
 - 홍수취약성분석과 관련하여 Flood Risk Assessment System을 시범적으로 Xiang River에 적용한 바 있음
 - 지역의 홍수위험을 위험성과 취약성 두 부분으로 나누어 각각의 결과를 곱하여 지역의 최종 홍수위험을 산정하는 방법
- 일본, S8 Project
 - 일본의 기후변화 영향평가 및 적응 정책에 관한 연구(Comprehensive Research on Climate Change Impact Assessment and Adaptation Policies, Nobuo Mimura et al., 2010~2014) 결과에 대한 내용으로 총 3가지의 테마로 구성되어 있으며, 각 연구가 각 테마에 미치는 영향 및 피드백 과정을 통합
 - 첫 번째 주제는 일본의 전국 기후변화 영향의 신뢰성 높은 정량 평가에 관한 연구이며, 두 번째 주제는 지자체 수준에서 영향평가와 종합적인 적응 정책에 관한 연구, 세 번째 주제는 아시아-태평양 지역의 취약성과 적응효과의 지수에 관한 연구임



〈그림 2-2〉 일본 S8 Project 프레임워크

자료 : Nobuo Mimura et al.(2010~2014)

다. 국외 정책 시사점

- 재해취약지역을 고려한 시설 배치 및 설계기준 차별화
 - 영국의 경우, 홍수취약도에 따라 홍수구역을 구분하고, 시설의 특성을 고려하여 홍수구역별로 설치 가능한 시설 유형을 제시·활용하고 있음
 - 최근의 수해현황을 고려하여 인구와 기반시설이 집중된 도심지역을 주변의 하수도 설계기준을 다른 지역에 비해 차별화하여 상향 조정함
- 정부 주도의 과학적 평가를 활용한 재해 예방계획
 - 재난방재정책수립을 위한 정부의 다각적인 노력과 결과 활용을 위한 정책 수립
 - 취약성 평가 자료의 공개 활용
 - 정책적 개선방향을 제시하는 연구 위주의 국내 연구와 달리 국외연구의 경우 분석과 실증적인 시험 및 검증과정을 거쳐 연구결과를 실질적으로 도시계획에 반영함
- 도시재정비, 도시개발 등 공간계획을 활용하여 종합적인 재해대응 및 위험분담
 - 미국, 일본, 영국 등에서는 재해와 밀접성이 높은 분야에 재해 관련사항을 목표에 포함시켜 도시재생, 시가지 정비사업 진행하여 재해위험 경감 기회로 활용하고 있음
 - 홍수위험도 평가 등 재해취약성분석을 통해 토지이용계획과 연계하여 재해위험 지역의 부적합한 개발을 피하고, 공원 등 도시기반시설을 활용하여 저류지 등을 설치함으로써 재해위험을 분담하고 있음

- 도시의 불투수면적을 줄이는 물순환 조성기법 적극 활용
 - 미국의 LID(저영향개발), 영국의 SUDS(지속가능도시배수체계) 등은 우수침투 및 저류, 녹화 기법(녹지조성, 옥상 및 벽면 녹화 등)을 활용하여 도시의 건전한 물순환시스템 구축
 - 투수성 포장, 도로와 보도사이 생태수로 등 완충공간 확보, 도로변 가로수, 화단 등의 저류를 통하여 호우시 우수 이동통로인 도심지 도로에 대한 적극적인 대책 마련
- 장기적 관점에서 현 추세보다 훨씬 더 심할 수 있는 초대형 재해에 대비할 수 있도록 도시공간상에 기후변화 리스크 영향 네트워크 정보화와 시나리오 기반 적응전략 수립체계 마련이 중요
 - 초대형화 기후변화 재해위험 연구결과 및 정보를 효율적으로 분석 및 제공하는 의사결정 지원시스템 구축이 필요
 - 미래 잠재위험지역의 도출을 위해 국토 공간구조 변화분석 등 초대형재해 시나리오별 분석결과의 축적 및 제공을 위한 시스템 개발이 중요함
 - 사회기반시설의 기능저하, 손상으로 인한 산업계 및 경제계에 미치는 2차적인 영향 분석 및 정보화가 필요함
 - 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하여 광역적 영향에 대한 중장기적 적응전략 수립을 통해 재해에 대한 자기적응적 도시 구현을 추진하여야 할 것임
- 기후변화 적응에 더하여 완화 측면에서 삶의 질 제고를 위한 지속가능한 도시 조성 또한 전략적으로 추진하여야함
 - 도시문제(편의성 제고, 도시환경문제 해소, 지구환경문제 해결에 기여)와 관련된 데이터 수집 및 도시차원의 통합적 대응방안을 제시하여야함
 - 도시의 움직임을 한눈에 파악할 수 있도록 틀을 갖추고, 기업·연구기관·시민들 간의 협력을 통해 도시의 관리와 관련하여 발생할 수 있는 문제에 대한 해결책을 모색할 수 있도록 해야 함
 - 국가차원의 도시 관리를 위해 도시별 현황을 파악하고, 진단할 수 있는 통합관리 시스템의 조성이 반드시 필요

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 시장의 정의 및 유형

가. 시장의 정의

- 기후변화대비 도시 대응체계 고도화 기술이란 ‘기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시를 조성하기 위해 기후변화의 예측, 재해취약성 정보공유 채널 마련, 재해 취약성 분석 결과 생산, 지속적 결과의 축적, 활용할 수 있는 시스템 개발 및 그와 관련된 기술’로서, 그 적용대상 시장은 기후변화의 예측을 위한 기후시장, 재해에 취약하거나 복구가 필요한 지역 또는 시설에 대한 방재건설시장, 재해취약정도를 파악하고, 관련정보를 활용하고 분석할 수 있는 정보통신시장이 라고 정의할 수 있음

나. 시장의 유형

- 연구기술을 활용한 제품 및 서비스 시장은 다음과 같이 1차 시장과 2차 시장으로 구분할 수 있으며, 1차 시장은 직접적으로 분류할 수 있음

〈표 2-5〉 기술 활용 시장 유형 분류

대분류	기후산업관련	방재건설산업	정보통신산업
1차 시장	기상산업	재해예방설계 및 복구시공	소프트웨어 하드웨어
2차 시장	기후변화적응산업	건설 자재와 공급 도시/건축/토목엔지니어링	모바일 빅데이터 분석

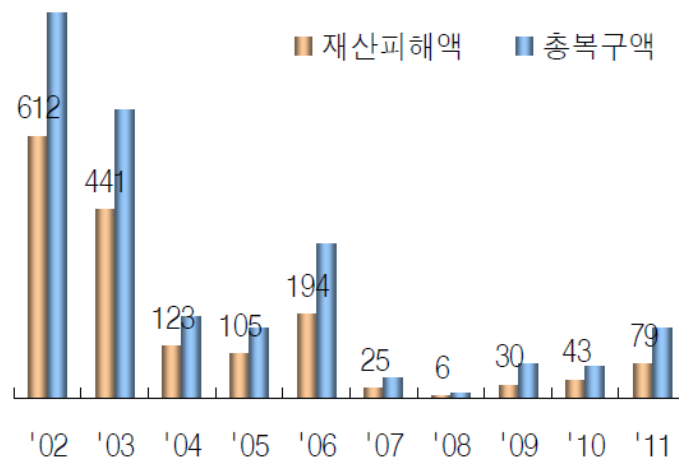
- 기후산업 관련시장은 자연재해의 원인이 되는 기상예측과 분석, 이를 위한 장비, 및 시스템, 기상자료와 기존 산업을 융합한 새로운 신규 산업들이 갖는 시장을 의미함
- 방재건설산업은 기후변화에 의한 피해 복구와 예방설계 및 복구시공, 건설 자재와 공급, 엔지니어링 시장 등을 의미함
- 정보통신시장은 플랫폼 또는 시스템에 따른 소프트웨어, 하드웨어 등 직접시장과 플랫폼의 자료 분석을 활용한 빅데이터 시장을 의미함

2. 시장별 특성 및 동향

가. 기후시장의 특성 및 동향

(1) 기상산업

- 기후변화에 따른 자연 재해로 인명피해 및 경제적 피해가 해마다 증가함에 따라 기상정보에 대한 중요성이 부각되고 있음
- 우리나라의 2002년 이후 기상재해 피해액은 21.2조원에 달하며, 총 복구액은 33.9조원 규모, 인명피해도 10년간 사망 680명, 이재민 34만 명으로 집계
- 2000년대 들어 기상재해에 따른 재산피해액은 '90년대 대비 3배 이상 증가
- 미국의 경우 개선된 예·경보 시스템으로 피해를 줄이고 있으나, 매년 기상재해 피해액이 200억 달러를 상회

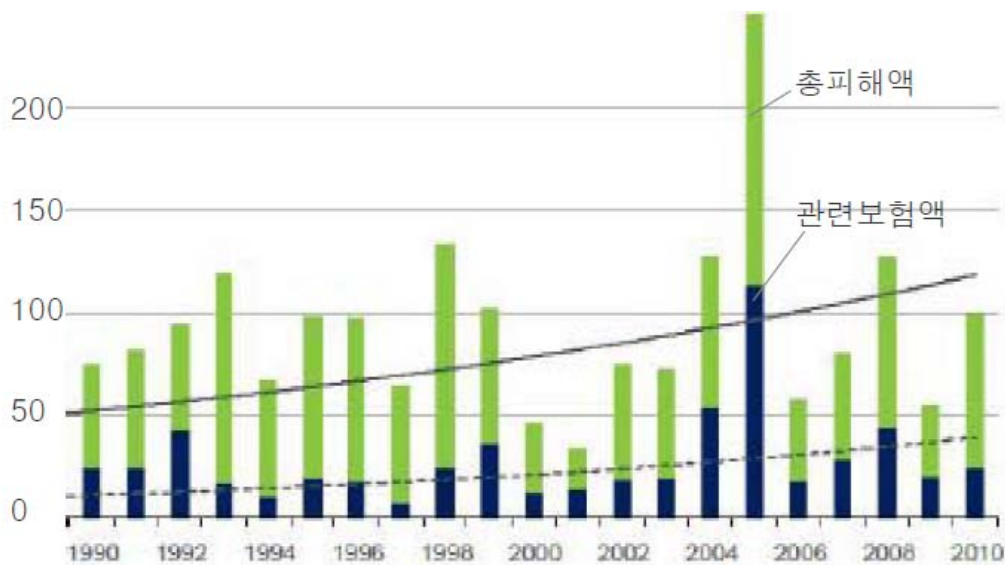


<그림 2-3> 국내 기상재해 피해액 추이

자료: 소방방재청, 재해연보 2011 / 단위 : 백억 원

- 세계 경제의 80%가 기상변화에 직·간접적으로 영향을 받는 것으로 조사되었으며, 우리나라는 날씨에 민감한 영향을 받는 산업 비중이 GDP의 52%로 미국(42%) 보다 높은 상황임⁶⁾

6) KB금융지주 경영연구소, 기후변화로 급성장하는 기상산업, 2012



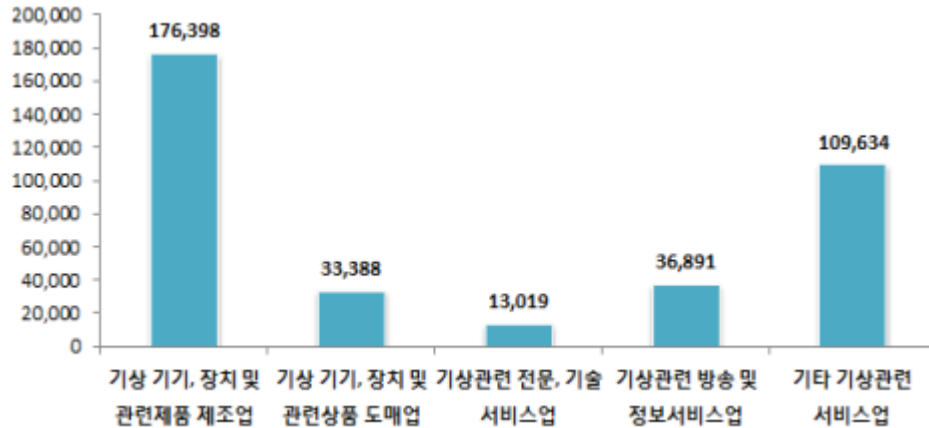
〈그림 2-4〉 세계 대형 기상이변 피해액 추이

자료: Munich Re NatCatSERVICE(2011.) / 단위 : 십억USD

- 기상정보는 미래의 불확실성을 줄이는 중요한 정보로서 기업의 의사결정과정의 기초자료 활용됨에 따라 기상을 매개로 한 산업이 부각되고 있음
 - 기상 산업은 언급한 자연 재해 피해 감소를 위한 필요성뿐만 아니라, 날씨와 직·간접적 연관이 있는 산업의 중요한 경영 변수로서 인식되고 있음
 - 미국의 경우 총 GDP 중 기상의 영향을 직접적으로 받는 산업의 비율이 10%에 달하는 것으로 추정하고 있음
- 2009년 12월 기상산업진흥법이 시행되면서 민간기업들이 본격적으로 기상관련 산업에 본격적으로 진입함
 - 기상 산업이란 기상 관련 상품을 제조·공급하거나 용역을 공급하는 사업을 총칭하며, 그 종류로는 기상 예보업, 기상 감청업, 기상 컨설팅업, 기상 장비업, 기상 금융업 등이 있음
- 넓은 의미로는 기상재해 예방 및 복구 산업도 포함될 수 있으며, 21세기 들어 이슈가 되는 기후변화 감시 및 분석사업, 온실가스 감축을 위한 기후변화 대응 산업, 기상영향 평가사업도 포함됨
- 국내 기상산업의 규모⁷⁾는 2014년 기상산업 매출액은 총 3,693억 원이며, 부분별 매출액은 기상기기, 장치 및 관련 제품 제조업이 1,764억 원(47.8%), 기상 관련 손해보험업 등 기타 기상 관련 서비스업 1,096억 원(29.7%)으로 나타남. 한편, 기

7) 기상산업 실태조사 결과로서 기상청과 한국기상산업진흥원에서 2015년 10월부터 전국 17개 시도 기상사업체 모집단 523개를 전수조사한 결과임

상산업 부문 종사자는 총 2,286명이고, 기상 관련 수출액은 119억 원, 수입액은 413억 원으로 수입액이 수출액의 약 3.5배 수준인 것으로 나타남



〈그림 2-5〉 2014년 기상산업 부문 매출액

자료: 기상청, 2015 기상연감, 2015

- 간접적인 효과까지 감안하면 기상산업의 시장 규모의 무한한 잠재력을 갖고 있다고 할 수 있음
- 미국의 경우 민간 기상사업은 1946년 도입되었으며, 공공·민간 파트너십이라는 정책에 의해 기상청은 국민의 생명과 재산의 보호에 관련된 업무를 담당하고 그 외의 모든 분야에서 기상사업자의 자유 활동 보장⁸⁾
 - 업체 수 및 시장규모 : 약 1천여 개 기상산업 업체가 활동 중이고, 기상 전문가는 약 3만5천명이며, 연간 시장규모는 9조원임⁹⁾
- 일본은 정부가 독점적으로 정보관리를 행사하는 가운데, 민간사업자들에게 규제 완화 형식으로 허가하는 체계임
 - 업체 수 및 시장규모 : 약 150여개 업체가 활동 중이고, 기상 산업 종사자는 약 8258명에 이르며, 연간 5조원의 시장 규모를 가지고 있음
- 기상산업의 급성장으로 기상 장비의 해외 수출 증가, 관련 금융업 신규 상품 출시와 시장규모 확대, 기상 관련 신종 직업의 등장과 고용증가, 기상정보 활용으로 연관 산업의 경쟁력 제고 등의 다양한 효과 발생이 기대됨

8) 김인호, 21세기 기상산업 및 시장의 활성화 방안, 시장경제연구원, 2009

9) 자료 : 기상청, 기상산업기본계획(2010), 한국자료는 2011년 말 기준

(2) 기후변화 적응산업

- 기후변화 적응산업은 국가 및 연구기관에 따라 다르게 정의됨
 - 영국 기업혁신기술부(Department of Business, Innovation, and Skills, BIS)에서는 기후변화와 관련된 적응과 회복성을 도모하는 서비스 혹은 제품을 제공하는 산업으로 정의함
 - 미국의 환경컨설팅·연구소인 EBI(Environmental Business International)에서는 기후변화 적응산업을 기후변화 적응 서비스, 재해 서비스, 기후 적응 장비 및 시스템으로 구분함

<표 2-6> EBI 적응산업 범위

부문	세부 부문
기후변화 적응 서비스	기후 리스크 평가 및 분석
	기후 적응 계획
	적응 설계, 엔지니어링과 건설
재해 서비스	재해 리스크 완화
	재해 준비 및 대응 계획
	재해 대응 계약
기후 적응 장비 및 시스템	분석 및 정보 시스템
	건설 자재와 공급

자료: 명수정 외, 기후변화적응산업 육성전략 마련, 한국환경정책평가연구원, 2014, p.13 재인용

〈표 2-7〉 BIS 적응산업 세부범위

수준3	수준4	수준3	수준4
건축	건축 설계 서비스	환경 금융	환경 금융
	건축 엔지니어링		환경 금융 계획
	건축 프로젝트 관리 서비스	금융 투지 및 보험	은행 서비스
기수변화 관리	수로와 보 관리		투자서비스
	기상 관측 서비스		보험서비스
건설 및 개량	적응형 도시공학 서비스	리스크 관리와 비즈니스 연속성	사업연속성
	농업		리스트 완화
	지역	지속가능한 배수시설 및 수자원관리	농업
	지역의 도시환경 재설계와 리엔지니어링		지역
	산업		산업
	산업도시 환경 재설계와 리엔지니어링		공공
	개량 엔지니어링 장비 제조	교통기반시설	철도
	개량 소재 제조		도로
	혁신 프로젝트를 위한 임시 제조		수로
	공공	물관개	농업
	도시공공 환경 재설계와 리엔지니어링		레저지역
	빌딩 개량 엔지니어링 서비스		
	혁신 프로젝트를 위한 임시 제조		
	개량 엔지니어링 장비 제공		
	개량 소재 제조		

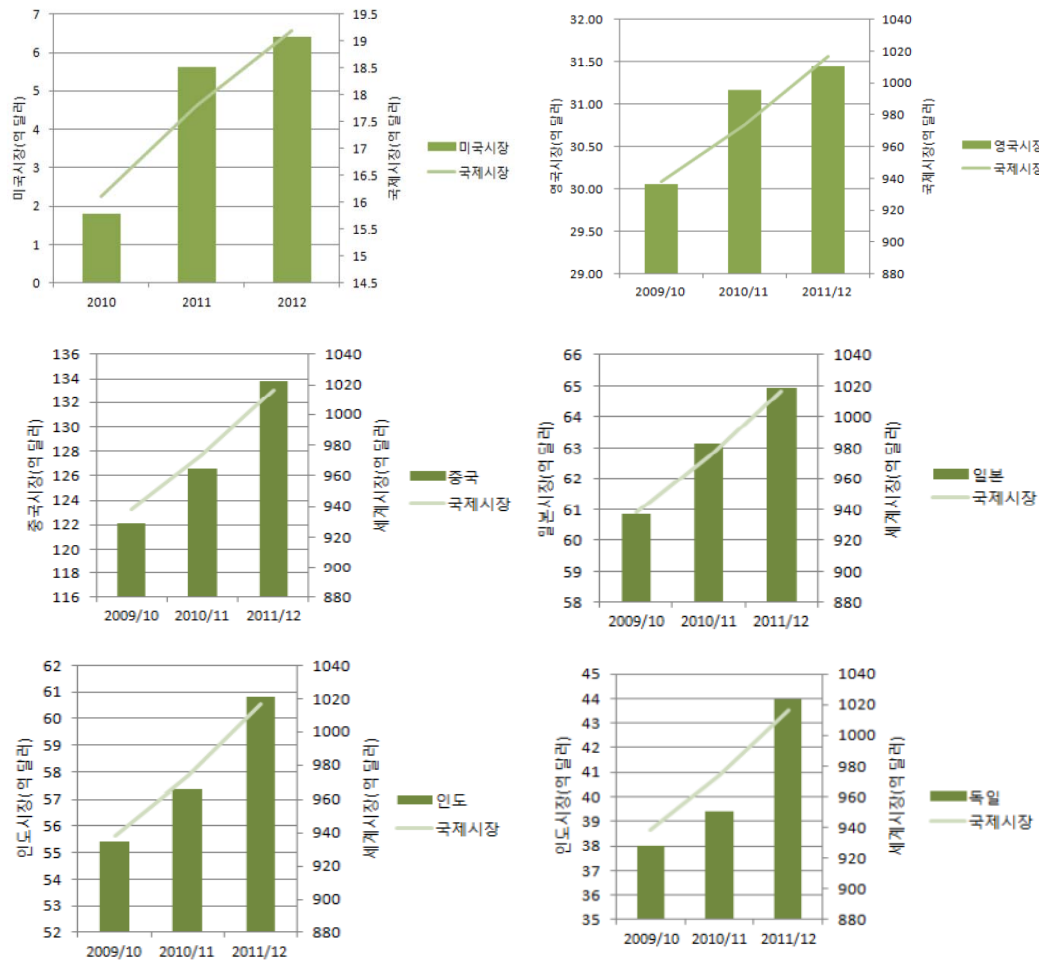
자료: 명수정 외, 기후변화적응산업 육성전략 마련, 한국환경정책평가연구원, 2014, p.13 재인용

- BIS(2013)는 전 세계 적응시장이 2010/2011년 매출액 기준으로 전년 대비 3.8% 증가한 974억 달러 규모로 추정되며, 2011/12년 전년 대비 4.4% 증가한 약 1,017억 달러 규모로 추정하며 전체적으로 적응시장이 빠르게 성장하고 있음
- EBI(2014)는 세계 기후변화 적응 시장이 2020년까지 60~70억 달러 규모로, UNISDR(2013)은 2050년까지 약 1,000억 달러 규모로 성장할 것으로 전망함

〈표 2-8〉 세계 기후변화 적응산업 시장 성장률 전망 (%)

	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
2010/11 기준	4.3	4.9	5.6	5.8	6.5
2011/12 기준	4.7	5.3	6	6.3	7.1

자료: BIS(2011, 2012, 2013)



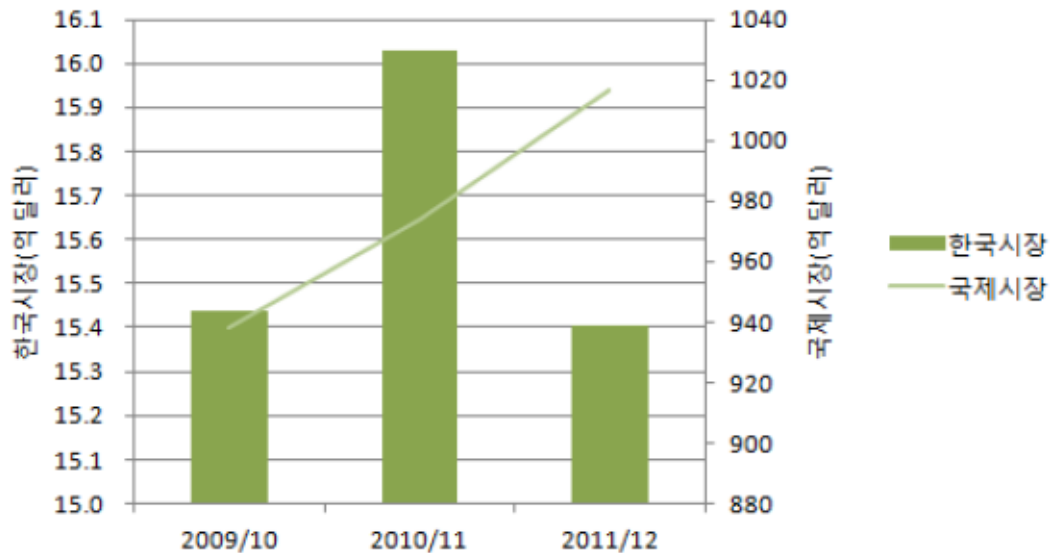
〈그림 2-6〉 각국의 기후변화 적응산업 성장률

자료: BIS(2011, 2012, 2013)

- BIS(2011, 2012, 2013)에 따르면 2011/12년 기준 미국이 약 22%를 차지하며, 다음으로 중국이 13.2%, 일본 6.4%, 인도 6.0%, 독일 4.3% 순으로 차지함. 북미와 유럽 뿐 아니라 아시아 시장도 빠르게 성장하고 있는 것을 알 수 있음
- 1999년 시작된 제 1차 종합대책과 2002년 시작된 제 2차 종합대책에서 우리나라의 기후변화 대책은 주로 온실가스 감축에 초점이 맞추어졌으며, 2005년의 제 3차 종합대책에서야 기후변화 적응기반 구축에 대해 다루어지기 시작함
- 최근에 적응정책이 활발히 진행되면서 도시 부문에서는 도시하천 침수피해 방지 대책 수립 및 건축물 안전기준 강화와 건물, 교통 분야 재해 취약성 영향평가 및 적응대책 수립을 주요 추진과제로 제시하였음
- 전반적으로 우리나라의 기후변화 적응산업은 2010/11년 시장 규모가 11.6억 달러로 전년 대비 3.8% 증가하였으며, 세계 기후변화 적응시장의 1.6%를 차지하며

세계 14위를 기록함

- 2011/12년에는 3.9% 감소한 11.1억 달러로 추정되며 세계 기후변화 적응시장 점유율이 0.1% 하락하면서 15위로 하락하였음



<그림 2-7> 우리나라 기후변화 적응산업 성장률

자료: BIS(2011, 2012, 2013)

- 기후변화 적응산업은 적응에 대한 시급성에 따라 빠른 속도로 증가하고 있으며 많은 부문으로 확산되고 있음

나. 방재건설시장의 특성 및 동향

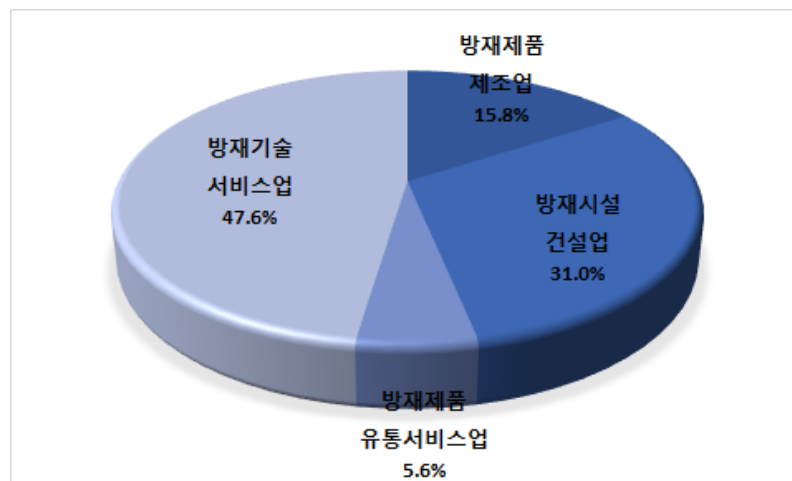
- 건설업은 기온, 강우, 강설량의 영향을 크게 받아 일정이 지연되고 안전사고 노출 가능성이 높아짐
 - 건설업은 기상 악화 시 공기지연에 따른 경제적 피해와 장기화될 경우 건설자재비의 상승, 안전사고 위험 증가 등의 문제가 발생
- 건설업에 있어서도 기후변화와 그에 따른 재해위험성 분석에 근거한 계획수립, 공사일정계획 수립, 건설자재 수급계획을 통해 비용절감이 가능할 것으로 예상
- 재해로부터 건축물이나 SOC 등 각종 시설을 보호하기 위한 예방 투자에도 불구하고, 기상이변에 의한 경제적 피해가 증가함에 따라 당분간 건설투자가 증가할 전망
 - 우리나라의 2002년 이후 기상재해 피해액은 21.2조원에 달하며, 총 복구비용은 피해액의 1.6배에 달하는 33.9조원 규모

- 미국의 경우 적극적인 재해 예방 투자를 하고 있음에도 불구하고, 매년 기상재해 피해액이 200억 달러를 상회
- 2007년 유럽에서 겨울 폭풍우 Kyrill로 인해 여러 지역에서 건물 피해가 많이 발생했는데, 지붕공사 발주 물량이 뒤를 이음
- 1997년 오데르강 홍수, 2002년 엘베강 홍수 등으로 10억 유로의 피해 복구 관련 건설투자가 상당 기간 계속됨
- 2014년 한국 방재협회는 자연재해대책법과 재난 및 안전관리기본법을 토대로 방재산업의 범위를 예방·대비·대응·복구와 관련된 모든 산업과 그에 따르는 보조·서비스산업을 방재산업으로 설정하여 해당 기업을 분류한 결과 7,248개의 기업이 있는 것으로 조사됨

〈표 2-9〉 방재산업 분류 및 사업체수

대분류	계	방재제품 제조업	방재시설 건설업	방재제품 유통서비스업	방재기술 서비스업
사업체	7,248	1,143	2,248	404	3,453

자료: 방재협회, 2013년 방재산업 활동조사 및 분석, 2014

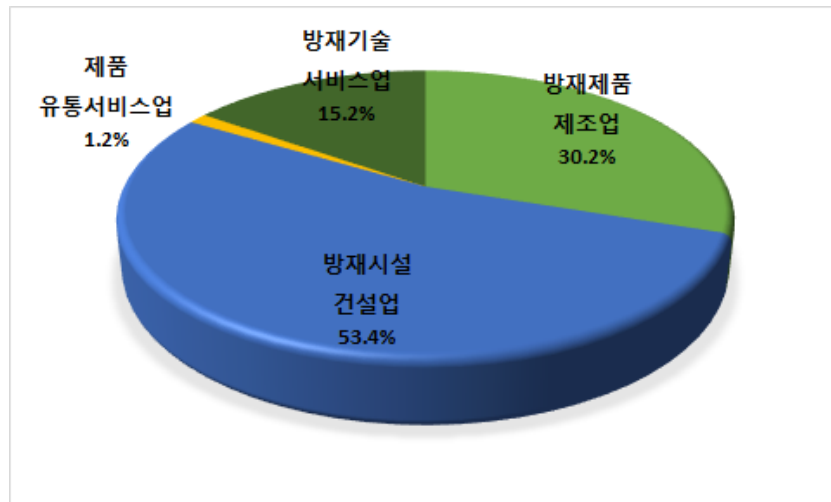


〈그림 2-8〉 방재산업 사업체수 구성비

- 「2013년 방재산업 활동조사 및 분석」에 따르면 597개 사업체를 대상으로 설문조사를 실시하여 434개 업체의 응답을 종합한 결과 2013년 방재산업 매출액은 총 약 14조 2,189억 원이며, 이 가운데 방재시설 건설업은 7조 5,949억 원으로 전체의 53.4%를 차지하는 것으로 나타남

〈표 2-10〉 방재산업 매출액 및 비중

구분	재무현황 매출(백만원)	비중(%)
계	14,218,939	100.0
방재제품 제조업	4,290,595	30.2
방재시설 건설업	7,594,902	53.4
제품 유통서비스업	166,880	1.2
방재기술 서비스업	2,166,562	15.2



〈그림 2-9〉 방재산업별 매출액(2013년)

- 방재시설 건설업 중 복구·지원을 위한 시공업이 58.3%로 가장 많은 비중을 차지하며, 매출액은 4조, 4249.6억 원으로 나타남

〈표 2-11〉 방재 시공업 매출액 및 비중

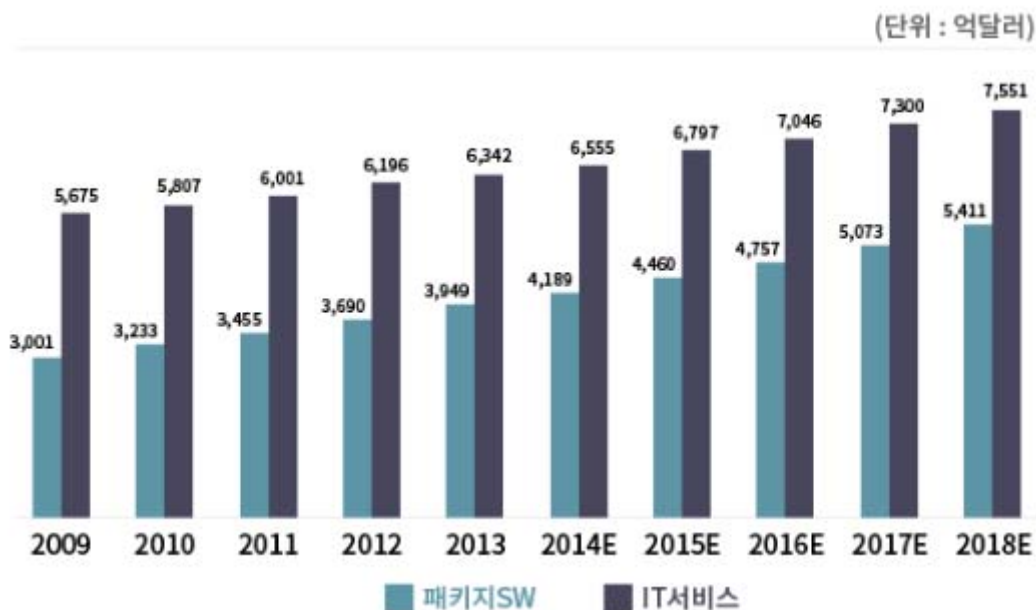
구분	매출액(백만원)	비중(%)
계	7,594,902	100.0
방재시설 공사업	풍수해 관련 시공업	459,490
	지진·산사태 관련 시공업	709,980
	기타 재난 관련 시공업	170,389
방재시설 관리 시공업	복구·지원 시공업	4,424,959
	시설물 유지·보수 시공업	1,739,132
방재용 예·경보 장치 설치 공사업	예·경보장치 설치 공사업	90,954

- 기후변화는 재해 예방 및 복구 관련 공사 발주 물량을 증가시켜 건설 활동을 촉진하는 방향으로 영향을 미치는 동시에, 관련 자재산업도 활성화시킴

다. 정보통신시장의 특성 및 동향

(1) 세계 시장 규모¹⁰⁾

- 기후변화와 재해취약성 분석 시스템에 있어 정보통신분야와의 연계성은 시스템 운영, 기후예측과 재해취약성 평가를 위한 데이터의 수집·저장, 시계열적으로 다년간 저장된 자료 분석 및 활용 등을 위한 소프트웨어와 시스템 탑재를 위한 하드웨어가 요구됨에 따라 매우 밀접한 관계가 있음
- 2015년 세계 소프트웨어 시장규모는 약 1300조에 육박하며, 이는 반도체 시장의 3배, 통신시장의 2.8배 규모로 매우 큰 시장을 형성하고 있음
 - 성장 속도 또한 매우 높기 때문에 앞으로 미래산업의 상당한 규모가 소프트웨어에 집중될 것으로 예상됨



〈그림 2-10〉 세계 SW시장 규모

자료 : IDC(2014.5)

- 정보통신분야의 시장동향은 2016년 2월, ICT 전문 시장조사업체 IDC에 따르면 향후 5년간(2014~2019년) 세계 ICT 시장의 부문별 연평균 성장률을 HW 2.2%, SW 6.7%로 전망하고 있음
- SW 부문(패키지SW와 IT 서비스)은 시장의 35.8%를 차지. 이후 통신서비스와 HW 시장은 소폭의 증가가 예상되나, SW 부문은 빠르게 규모가 확대되어 2020년에는 통신과 SW 부문이 모두 1조 5천억 달러 수준에 달할 전망

10) KOTRA, 4차 산업혁명시대를 여는 ICT 응용신산업 : 경쟁력진단과 인도 활용전략, p.8 인용

〈표 2-12〉 세계 소프트웨어 시장 규모 현황 및 전망 (단위 : %)

구분	분류	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
HW(정보기기 +통신기기)		23.3	23.0	22.6	22.3	21.9	21.2
	패키지SW	8.8	9.2	9.5	9.8	10.2	10.5
	IT 서비스	25.9	26.4	26.8	27.2	27.8	28.5
	전체	34.6	35.6	36.3	37.1	38.0	39.0
통신서비스		42.1	41.4	41.1	40.7	40.1	39.8

자료: Gartner(2015.11), Gartner(2016.Q10), KSDI(2015.12), IITP(2016.10) 재인용

(2) 국내 시장 규모

- 미국과 일본 등 기술 선진국들은 소프트웨어 분야의 R&D 투자와 인재개발에 막대한 자금과 관심을 쏟고 있으나 우리나라의 기술력과 잠재력은 아직 미흡한 실정임



〈그림 2-11〉 국내 소프트웨어 시장 현황

자료 : 소프트웨어 정책 연구소, 2015

- 우리나라의 소프트웨어 시장은 세계 시장의 1% 수준으로 그 규모가 작고, 국내 ICT 생산 내 소프트웨어가 차지하는 비중도 하드웨어 부분에 비해 매우 낮음
- 세계적인 하드웨어 제조업체가 있음에도 불구하고 소프트웨어의 인력풀이 빈약하고 IT 선진국에 비해 인재개발에 투자하는 비용이 적고 체계적이지 못함

- 국내 대기업의 단기적인 성과 위주의 경영으로 지속적인 연구와 투자가 필요한 소프트웨어 기술에 비교적 가치를 높게 평가하지 않기 때문임
- 또한, 정부의 소프트웨어 기술 육성책도 미흡함. 미래창조과학부가 매년 360억 원의 예산을 지원하겠다고 발표했지만 미국은 매년 30억 달러(3조 5,649억원), 일본이 1,000억엔(1조 482억원)을 투자하는 것과 비교하면 여전히 부족한 실정
- 한국은행 자료에 의하면, 2015년 국내 실질 GDP 1,464.2조 원 중 ICT산업이 148.4조 원을 차지해 비중이 10.1%에 달함
- 지난 5년간(2010년~2015년) ICT산업의 실질GDP 성장률은연평균 6.3%로 전체 산업 실질 GDP 성장률 3.0%를 크게 웃돌아 ICT 산업이 우리나라 경제 성장에 기여하는 바가 높다고 평가할 수 있음
- 우리나라 ICT 시장은 2016년 기준 전년 대비 1.2% 감소한 733.6억 달러 규모로 추정
- ICT 시장 조사업체 Gartner의 분석에 따르면, 국내 ICT 시장은 2015년 3.9% 감소한데 이어 2년 연속 하락세를 유지할 전망
- 부문별 분석에 의하면 HW(-3.8%)와 IT서비스(-2.5%) 부문의 감소가 전체 시장의 하락세를 이끈 반면, 패키지SW 시장은 2.9% 상승



<그림 2-12> 우리나라 ICT 시장 규모 전망

자료: Gartner(2016. Q1), 미래부(2016.10) 재인용 (단위 : 억 달러)

- 글로벌 추세와 유사하게 '16년을 기점으로 상승세로 반전한 우리나라 ICT 시장은 4년간(2016-2020년) 연평균 2.5%로 꾸준한 성장이 예상
- 기간 중 패키지SW가 7.0%로 가장 높은 상승세를 보일 전망이며, 통신서비스 부문은 5G 이동통신 시대 도래로 인해 역시 4.3%의 성장률을 보이나, HW 부

문은 2.0% 감소할 전망

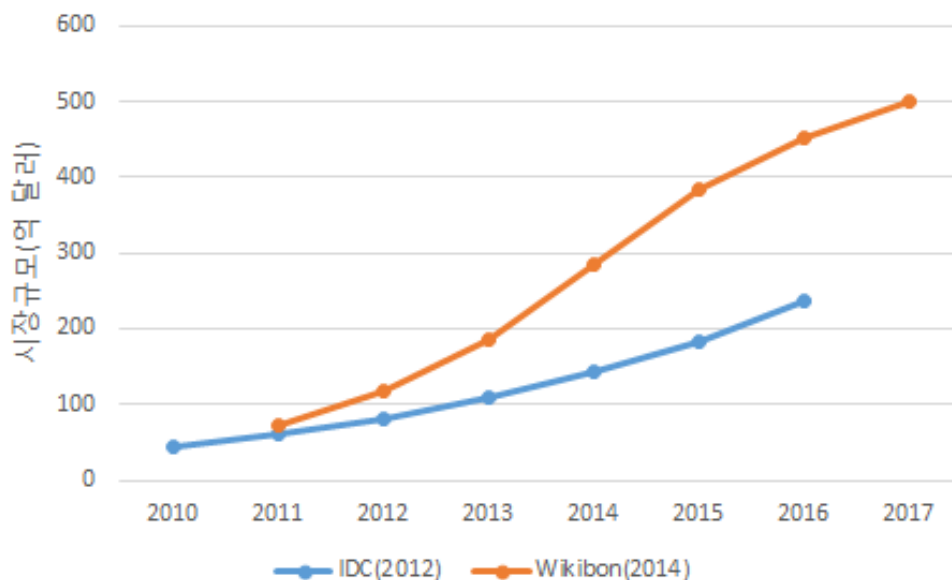
- 하지만 글로벌 추세와는 반대로 패키지SW와 IT 서비스는 부진
 - 전 세계 ICT시장 내 2.1% 비중을 차지하며 시장 규모 9위 자리에 올라 있는 우리나라는 통신서비스와 HW 비중이 높으며, 패키지 SW와 IT 서비스는 상대적으로 비중이 낮은 상황
 - 향후 4년 간(2016-2020년) 연평균성장률은 패키지SW가 7.0%로 가장 높은 상승세를 보일 전망이며, 통신 서비스 부문은 5G 이동통신 시대 도래로 인해 역시 4.3%의 성장률을 보이나, HW 부문은 2.0% 감소할 전망

(3) 빅데이터 시장

- 최근에는 기후변화와 관련한 빅데이터의 중요성이 제기되고 있음
 - 기후변화 예측과 재해취약성 평가를 위해서는 기상, 지역현황, 위치정보 등 전 분야에 걸친 다양한 자료를 필요로 하며 자료의 유형 또한 영상과 위치정보를 비롯한 일반 데이터까지를 포함함
 - 또한 다년간의 시계열적 자료를 포함하게 되며, 자료의 관리와 활용을 위해 숙련된 전문기술이 요구됨
 - 빅데이터는 데이터 형식이 다양하고, 생성 속도가 매우 빨라 새로운 관리·분석 방법이 필요한 대용량 데이터를 의미¹¹⁾
 - 최근에는 빅데이터를 처리하는 기술과 인력뿐만 아니라, 빅데이터의 활용효과를 포함하는 것으로 의미가 확대되는 추세
- ※ 기존 데이터와 차이 : 거대한 규모(Volume), 생성 속도(Velocity), 다양한 형태(Variety)
- 빅데이터 기술은 4차 산업혁명을 이끌어갈 핵심산업으로 분류되고 있음
 - 정형 및 비정형 데이터 수집과 분석을 통해 개인별 맞춤형 서비스 제공이 가능하고, 공공부문과 산업계에서는 다양한 예측이 가능해 사고 대응과 신규 전략 수립에 활용
 - 최근 빅데이터 분석 기술은 고도의 알고리즘과 결합해 머신러닝과 딥러닝의 기반 기술로 활용
 - 빅데이터 분석 기술 및 시장 선점을 위한 Google, Amazon, Facebook, IBM, Microsoft 등 세계 최대 ICT 기업들의 투자와 경쟁이 치열

11) 교육과학기술부 외, 국가정보화 빅데이터 마스터플랜, 2012

- 이들 ICT 대기업들은 자사 서비스에서 발생하는 데이터 수집·분석을 통해 새로운 사업 기회 발굴을 도모
- 국내는 포털, 통신사, 전문 업체들이 빅데이터 분석 사업을 추진하고 있지만, 낮은 기술력과 전문 인력 부족, 규제 리스크 등으로 인해 산업 생태계 형성 및 시장 개화가 미흡
- 2012년 IDC는 빅데이터 기술 및 서비스 시장 규모를 2015년 약 183억 달러로 추정하였고, 연평균 성장률 31.7%(CAGR)로, 2016년에는 238억 달러에 이를 것으로 전망함¹²⁾
- 2014년 Wikibon은 빅데이터 시장 규모를 2015년 약 384 억 달러에서 연평균 31.7%(CAGR)씩 성장하여 2017년에는 최대 501억 달러 규모로 성장할 것으로 예측함



〈그림 2-13〉 빅데이터 시장 전망

자료: Worldwide Big Data Technology and Services 2012-2016 Forecast(IDC, 2012년),
Big Data Vendor Revenue and Market Forecast 2013-2017(Wikibon, 2014년)

- 국내 시장규모의 경우 미래창조과학부의 <2015년 빅데이터 시장현황 조사> 결과에 따르면, 30% 이상의 증가세를 나타내며 큰 폭의 성장을 하고 있으며, 2015년 국내 시장규모는 2,623억 원으로 파악됨

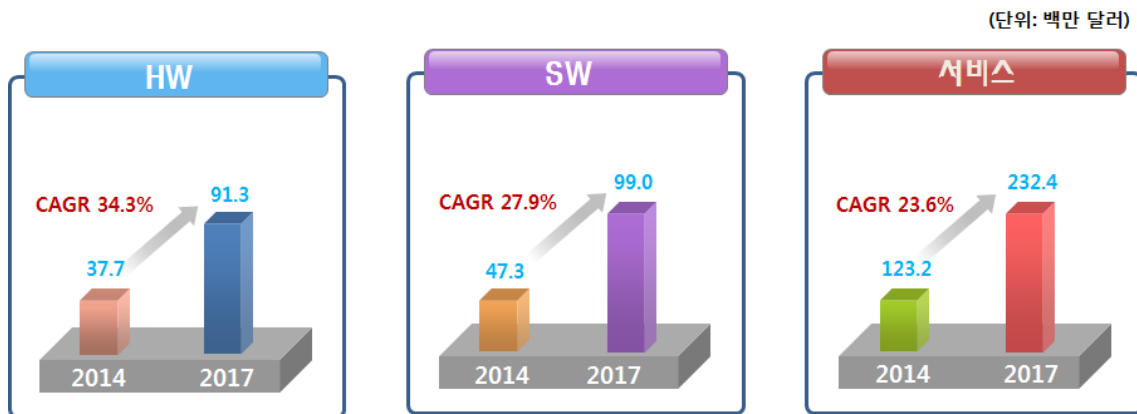
12) 한국정보산업연합회, 2015년 IT산업 7대 메가트렌드, p.101~p.102, 2015년

〈표 2-13〉 국내 빅데이터 시장 투자 규모 및 영역별 추이

구분		2013년	2014년	2015년
정부투자	시장규모(억원)	230	490	698
	성장률	-	113.0%	42.4%
민간투자	시장규모(억원)	1,413	1,522	1,925
	성장률	-	7.7%	26.4%
Total	시장규모(억원)	1,643	2,013	2,623
	성장률	-	22.5%	30.3%

자료: '15 빅데이터 시장조사, KRG

- 한국과학기술정보연구원(KISTI)에 따르면 국내 빅데이터 시장 규모는 2015년 약 2억 6천 3백만 달러(한화 약 3천억 원)에 이를 것으로 전망함¹³⁾
- 2014년부터 2017년까지 연평균 성장률은 하드웨어 부문 34.3%, 소프트웨어 부문 27.9%, 서비스 부문 23.6%씩 일 것으로 전망함



〈그림 2-14〉 국내 빅데이터 부문별 시장 전망

자료: 빅데이터 산업의 현황과 전망(한국과학기술정보연구원, 2013년)

13) 한국정보산업연합회, 2015년 IT산업 7대 메가트렌드, p.102~p.103, 2015년

라. 시장동향 시사점

- 신산업 육성을 위한 기반조성 필요
 - 기상데이터는 기업의 의사결정에 기초자료로 활용되며, 기후와 관련되어 기상 산업 또는 기후변화적응산업 등 새로운 형태의 산업이 부각되기 시작함
 - 아직 미국이나 일본 등 선진국에 비해 기반이 취약하여 시장형성이 미미한 수준이나 고부가가치 창출이 가능하며, 타산업과의 연계 및 파급효과가 커 향후 시장규모가 확대될 것으로 예상됨
 - 지역별 기상자료와 지역현황 자료의 시계열적 축적을 통해 보다 정확한 기상 예측과 기상이변에 따른 피해유형을 예측할 수 있는 기술 개발이 필요
- 소프트웨어 산업의 육성을 위한 다양한 시도 필요
 - 국내 소프트웨어 산업은 그 기반이 취약하고, 정부의 지원 또한 해외 선진국에 비해 미미한 실정이나, 소프트웨어 산업이 갖고 있는 부가가치와 발전가능성을 고려할 때, 미래의 산업을 이끌어 갈 핵심 산업임
 - 현재 게임산업 분야에 치중되어 있는 소프트웨어 개발 분야에서 벗어나 국내에서 사용하고 있는 해외 소프트웨어의 국산화 등에 대한 적극적 지원 등 다양한 시도가 필요함
 - 그 일환으로 현재 재해취약성 분석을 위해 주로 사용하고 있는 외산 GIS 프로그램을 대체할 수 있는 오픈소스 기반의 국산화 프로그램 개발이 필요
- 자연재해로부터 안전한 도시 만들기를 위한 기반 조성
 - 기후변화에 기인한 자연재해로 해마다 경제적 손실과 인명피해 증가로 방재관련 산업의 시장규모가 커지고 있음
 - 그러나, 예방보다는 복구와 지원 분야의 산업비중이 크고, 여전히 자연재해에 무방비상태로 노출되어 있는 경우가 많아 이에 대한 대책마련이 필요
 - 자연재해에 대한 사후적 조치가 아닌 사전조치를 통해 안전한 도시를 만들기 위해 재해예측과 취약성 평가, 대응방안의 마련이 시급함
 - 무엇보다, 재해유형별 피해영향을 예측할 수 있는 정량적 지표 개발과 건축행위 및 단지개발시 사업대상지를 비롯하여 주변지역에 대한 재해취약성 분석을 위해 현재의 집계구 단위 분석이 아닌 보다 세분화된 공간단위를 갖는 분석방법이 필요
- 빅데이터 시장을 고려한 양질의 자료 구축과 관리 필요
 - 기존 시스템들은 관리자 또는 사용자 위주의 시스템으로서 시스템 내에 저장된 자료의 접근과 활용이 제한적이었으며, 시계열적 자료보다는 단년도 자료

를 위주로 하고 있기 때문에 자료의 활용가치가 떨어짐

- 4차 혁명을 이끌어갈 산업 중 하나인 빅데이터 산업의 육성을 위해서는 지엽적, 단편적, 일회성 자료보다는 광역적 범위에 대한 다양한 종류의, 다년도 시계열적 자료축적이 필요하여, 자료의 민간개방을 위해서는 데이터 포맷 및 변환기술 개발 필요
- 또한, 대용량자료를 효율적이고 신속하게 처리함과 동시에 자료의 안정성을 담보할 수 있는 새로운 분산저장기술 등 하드웨어에 대한 기술 개발이 필요

3절. 기술동향분석

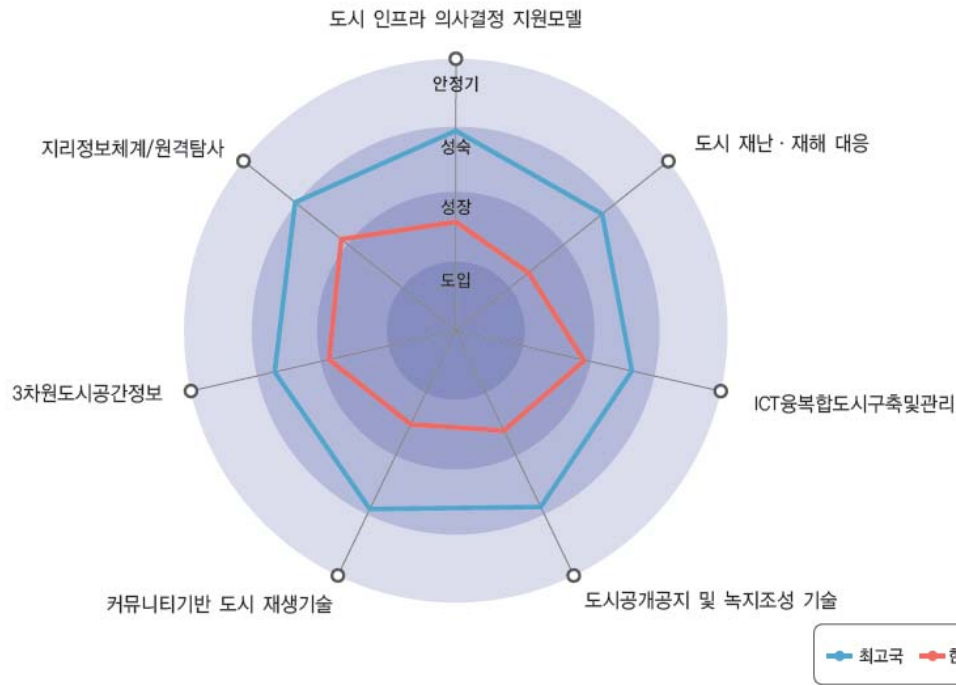
1. 관련 기술개발 동향 및 수준분석

- 국내외 도시재난·재해대응 기술수준 및 기술 격차
 - 15년도 국토교통기술수준분석 결과, 도시 분야 중 소분류 단위인 도시재난·재해 대응에서 미국, 독일의 기술 수준은 성숙기에 위치해 있는 반면, 우리나라는 기술격차가 약 8년 정도 차이나는 성장기에 위치함

〈표 2-14〉 도시재난·재해대응 기술수준 및 기술 격차 (단위: %, 년)

		한국		일본		미국		중국		독일		프랑스		영국	
		기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차
도시 재난·재해 대응	‘13	59.9	8.1	100	0	91.2	1.6	47.1	12.8	91.1	1.6	86.7	2.4	89.3	1.9
	‘15	61.9	7.9	100	0	96.4	1.1	42.4	12.3	92	1.9	83.5	2.7	89.3	2.5

자료: 국토교통과학기술진흥원(2015)



〈그림 2-15〉 도시 분야 소분류별 기술발전단계

자료: 국토교통과학기술진흥원(2015)

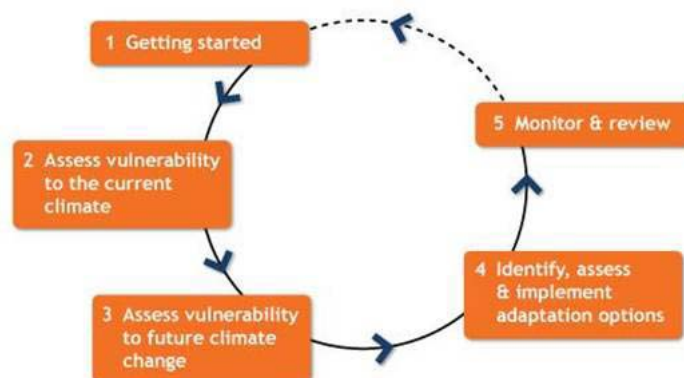
2. 국내외 기술동향 분석

- 기후변화에 대비하여 도시의 관점에서 대응하기 위해 도시 재해취약성 분석기술을 개발하고 대응체계를 고도화하기 위한 기술 개발이 요구됨. 이에 재해취약성 분석의 향상된 수행 및 결과에 대한 정보공유 채널을 마련하여, 재해취약성 분석결과를 지속적으로 생산, 축적, 활용할 수 있도록 기술동향을 조사함
- 현재 도시재해취약성 분석과 관련된 프로그램은 부재하며, 분석결과에 대한 검증 및 모니터링 등 세부적인 기술은 미흡한 실정임. 본 국내외 기술동향은 기후변화와 관련된 정보들을 웹상에서 제공 및 공유하는 기술과 재해취약성 분석 시스템 기술 사례를 분석함

가. 국외 도시재해취약성분석 시스템 기술

(1) 영국

- 유형별 기후변화 적응 정책과 관련하여 기후변화 영향 프로그램(UKCIP ; United Kingdom Climate Impacts Programme) 구축
 - 단순 정보제공뿐 아니라 기후변화 연구 및 산업계, 기후변화정책, 지역정부, 개인 차원에서 활용 할 수 있는 정보 제공
 - 홍수, 가뭄, 폭염에 대해 광역 및 지자체 단위 차원의 지역별로 반영되어 운영
- 기후변화 관련 기초 정보에 대해 링크 등을 통해 제공, 취약성 평가를 위한 가이드라인, 연구사례, 세미나 및 포럼 등의 교육과정과 주요 기관 정보를 제공
- Risk Framework에 기반을 둔 적응마법사는 체계적인 기후변화 취약성 평가를 위해 질의 형식의 5단계과정으로 실시



<그림 2-16> UKCIP 적응 마법사

자료: <http://www.ukcip.org.uk>

〈표 2-15〉 UKCIP 주요 특징

기 능	주요 내용
Essentials	Essentials 메뉴를 통해 기후변화 정의 및 전반적인 정보를 제공
Tools	취약성 평가 방법 및 도구 제공, 다양한 Tool을 이용하여 맞춤형 정보 제공
Case Studies	사업사례 제공
E-learning	로그인 후 등록을 통해 인터넷 교육 제공
Download	기후변화 관련 연구사례를 링크 및 다운로드 제공
Link	국제기구, 지자체 관련 기관 등의 정보 및 사이트를 링크 제공
Guide-line	취약성 평가를 위한 가이드라인을 5단계로 구체화하여 제공

(2) 미국

- 미국 캘리포니아 주의 기후변화 연구 커뮤니티인 Cal-adapt 운영
 - 2009년에 수립되어 캘리포니아 기후변화 적응 대책의 권고사항으로 조성
 - 생성된 자료는 이용자의 정보 이해를 돕기 위해 시각화하여 제공
 - 기후변화 시나리오, 기후변화 영향 연구 등 정보 제공을 통해 의사결정자를 지원
 - 주요 기능은 정보(Resources), 기후도구(Climate Tools), 데이터(Data Access), 커뮤니티(Community)의 4가지 요소에 따라 구성하여 기후변화에 대한 연구정보 제공
 - 해당 지역의 필요한 데이터를 지도에서 선택해서 다운로드로 제공하며 메타데이터 및 소스 정보의 자료를 함께 제공

〈표 2-16〉 Cal-adapt 주요 제공 정보

기 능	주요 내용
ReSources	Cal-Adapt 정의, 관련 프로젝트 소개, 간행물, 공지사항, FAQ 등 제공
Climate Tools	Local Snapshot : 지정된 위치에 대한 기본적인 기후변화 데이터에 대한 빠른 액세스를 제공하며 주소 입력 및 지도 클릭을 통해 해당 지역의 수치와 통계를 제공
	Temperature : 1950-2099년 사이의 온도변화에 대하여 지역의 온도변화, 십년 평균 온도변화, 월간 평균 차트 등으로 시각화
	Snowpack : 1950-2099년 사이의 연도별 예상 적설량을 시각화
	Precipitation : 1950-2099년 사이의 연도별 예상 적설량을 시각화
	Sea Level Rise : 해수면 상승에 따른 캘리포니아 해안 위험지역을 시각화
	Wildfire : 화재 빈도의 예상 증가를 시각화
Data Access	Downloads : Raster Downloads, Tabular Downloads를 화상으로 보이는 지역을 선택하고 해당 지역의 필요한 데이터를 지정하여 다운로드
	Data Sources : 메타 데이터 및 소스 정보와 자료 제공
	Understanding Climate Data : 기후변화의 이해를 돕기 위해 기후변화 관련 지식 정보 제공
Community	사용자의 의견을 받고 전문가들과 의사소통하고 새로운 데이터의 수집을 지원

자료: <http://cal-adapt.org>

- 미국 해양대기관리처(NOAA)의 RVAT(Risk and Vulnerability Assessment Tool)
 - 미국 해양대기관리처(NOAA)에서 위험에 노출된 인명, 재산 시설물 등 재해취약성을 평가하기 위해 RVAT(Risk and Vulnerability Assessment Tool)를 개발하여 Flodrida 주 해안 인접지역에 시범 적용함
 - 평가방법은 위험성 분석, 지역별 재해취약성분석, 재해저감능력 분석으로 구분
 - 각 항목별 상대적 위험을 평가하고 결과를 DB로 저장하여 웹을 통해 시스템의 결과를 맵 형태로 제공함
 - 해양대기관리처에서 제공되는 정보는 재난방재정책을 수립하기 위한 방안으로 우선순위의 의사결정을 지원함
 - 평가항목으로 표와 같이 중요시설물, 사회, 경제적 요소와 환경적 요소로 구성



〈그림 2-17〉 RVAT의 취약성

〈표 2-17〉 미국 해양대기관리처의 RVAT 평가항목

평가항목	주요 내용
중요시설물	주요 시설 위험지역의 수, 소방서와 응급시설, 경찰서, 통신시설, 수송시설, 정부시설, 피난시설, 교육시설, 병원과 요양원, 재난관리센터, 방재서비스센터, 위험물질 처리시설, 폐기물 처리시설/매립지, 펌프장, 정수처리장, 하수처리장 등
사회적 요소	빈곤층 가정의 주거지, 65세 이상의 고령 노인들의 분포, 교육 수준의 차이 등
경제적 요소	수송망, 공업용지, 농업용지, 사업 용지, 서비스 사업 용지, 토지 이용의 변화
환경적 요소	토양 오염 시설, 독성 방출 지역, 유류 시설, 위험 물질 처리 지역, 양식장 지역, 중요한 생태 서식지, 습지대, 문화재 지역, 자연 보호지구, 보전 지구, 골프 코스 등

자료 : 2011, 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발, 국립방재연구원

(3) 호주

- 부문별 주요 취약분야를 선정하여 기후변화 적응방안 수립
 - 기후변화로 인한 호주 남동부 지역의 수자원 변화로 생물다양성, 농업 관개수로, 인간 정보 및 산업부문 물 공급 등 사회현안에 대한 이슈 야기
 - 부문 및 지역별 취약성 감소를 위한 기후변화 조기 적응 이행방안을 마련
- 호주는 연방 과학 산업 연구기구(CSIRO)¹⁴⁾ 로 기후변화 연구진행과 산업계, 지자체, 개인차원에서 활용할 수 있는 정보를 제공
 - 기후변화에 대한 과학적 분석을 통해 구체적인 방향을 제시
 - 기후변화 영향의 연구 사례, 교육센터를 통한 교육 및 자료 제공과 다양한 분야의 연구시설을 보유
 - 기능은 크게 8가지로 구분되며 다양한 종류의 정보를 제공하고 있음

〈표 2-18〉 CSIRO 주요 제공 정보

기 능	주요 내용
Explore CSIRO	CSIRO 소개를 팝업창의 형태로 제공
Partner	기술이전 및 투자, 연구컨설팅 및 기술 서비스, 중소기업 참여센터 등 CSIRO와 제휴에 대한 내용을 제공
Media	CSIRO의 연구 및 기타 활동에 대한 정보와 동영상 제공 동영상 검색을 통해 쉽게 원하는 정보를 찾을 수 있음
Cvents	CSIRO에서 개최하는 전시회, 워크숍, 연례행사 등을 검색을 통해 찾을 수 있도록 제공
Education	학교나 가정에서 받을 수 있는 교육 프로그램을 아이, 교사, 부모 등을 대상으로 제공
Publication	CSIRO의 활동에 대한 정보를 브로셔 형틀 제공 연구 결과를 책과 저장매체 등에 동영상 형태로 저장 잡지 구독 서비스를 통해 정기적인 뉴스 제공 80년 이상의 연구 논문이 저장된 저장소를 통해 연구 논문 제공
Careers	채용정보를 제공
Contact	자주하는 질문, 전화 상담 등을 제공

자료: <http://www.csiro.au>

14) <http://www.csiro.au/>

(4) 일본

- 기후변화로 인한 홍수와 토사재해, 폭풍해일, 가뭄 등의 재해로부터 인명의 피해를 보고하고자 지역 기후모델과 고해상도 북태평양 해양모델을 결합시킨 대기·해양 결합지역기후모델을 사용
- 일본의 일본국립환경연구소¹⁵⁾는 1974년에 설립되어 환경행정의 기술요소를 지원하고 다양한 환경 연구 학제를 종합적으로 다루고 있음
 - 8개 부문별(지구환경, 건강과 화학물질, 물/토양/환경, 생태계, 생물정보화, 재활용폐기물, 환경과 사회, 기타 문제) 연구센터를 운영하고 있음
 - 정보검색, 지도 검색, 메타데이터 검색 등 사용자의 편의성을 고려하여 정보를 제공

〈표 2-19〉 일본국립환경연구소 주요 제공 정보

기 능	주요 내용
About	연구소 소개, 조직, 연구 인력 소개 등 제공
Research	8개 분야의 센터 및 연구 프로그램 소개 연구 논문 데이터베이스를 통한 논문 검색
Social Contribution/ External Ties	지진 정보, 재난환경 정보, 타 연구기관 및 국제 협력 정보 제공
Data/Resourecs	Database : 지구 환경, 건강과 화학물질, 물/토양/환경, 생태계, 생물 정보학, 재활용/폐기물, 환경과 사회, 기타 문제의 8개 항목으로 데이터베이스를 구성하여 제공
	NIES Publication : 연구보고서, 간행물 등을 다운로드
	Media Kit : 홍보용 브로셔 및 동영상 파일을 다운로드
Public Relations	연구소 브로셔 및 최신 뉴스를 제공

자료: <http://www.nies.go.jp/>

- 일본 홍수취약성 지수(Flood Vulnerability Index, FVI)
 - 일본국토성 국토기술정책종합연구소 (National Institute for Land & infrastructure Management, NILIM)에서는 정부의 치수정책의 우선순위를 결정하기 위한 홍수취약성지수(Flood Vulnerability Index, FVI) 개발함

15) <http://www.nies.go.jp/>

- 기후적 요소, 수문·지형적 요소, 사회·경제적 요소, 대책이나 보호조치 요소로 구성하며, 해당지역의 재해특성 자료를 이용하여 지수 값을 산출하여 각 지표들의 입력 값에 따라 계산된 값을 0에서 1까지 5등급으로 나누어 지도에 표시함

〈표 2-20〉 일본의 홍수취약성 지표

지 표	항 목
기 온	폭우빈도
지질학	분지의 평균 경사
	분지 도시화 면적비율
사회 및 경제	TV 보급률
	홍수지역의 인구
	빈곤층 인구비율
	문맹률
	장애가 없는 기대수명
	유아 사망률
대응책	구조대책 상황
	투자 금액

자료: 2011, 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발, 국립방재연구원

$$FVI = C + H + S - M$$

$$= (3 \times I_1) + (3 \times I_2 + I_3) + (-I_4 - I_5 + I_6 - I_7 + I_8 + I_9) - (I_{10} + I_{11})$$

Frequency of heavy rainfall (more than 100mm/day)

Averaged slope of basin

Urbanized area ratio in basin

TV penetration rate

Literacy rate

Population rate under poverty

Years sustaining healthy life

Population in flood area

Infant mortality rate

Investment amount for structural counter-measure

State of non-structural counter-measure

〈그림 2-18〉 일본의 홍수취약성 지구 산정식

(5) 네덜란드

- 네덜란드의 Knowledge for Climate¹⁶⁾ 는 장기적인 의사결정에 활용될 수 있는 정보를 제공하고 있음
- 공공분야의 공간계획, 인프라 및 지속가능성과 같은 관련 주제를 과학적으로 투자하고 실질적인 목표를 달성할 수 있도록 네덜란드 정부기관 및 산업계, 연구기관 등의 협력을 통해 운영
- Knowledge for Climate의 메인 메뉴는 프로젝트 중심으로 구성되어 있으며 서브 메뉴로 테마, 핫스팟을 통해 주요 제공정보를 얻을 수 있도록 구성

〈표 2-21〉 Knowledge for Climate 주요 제공 정보

기 능	주요 내용
Themes	홍수 위험 관리, 물 공급, 농촌지역 기후변화 적응, 도시기후, 인프라 및 네트워크, 고품질 기후예측, 적응 구조, 의사결정 지원 도구의 8가지 테마로 분류
	제공 정보로는 각각 연구 작업 산출물 및 보고서, 출판물, 프로젝트 구성원 등의 정보제공
Hotspots	스키폴 공항 및 주변지역, 로테르담 지역, 주요 강, 남서 네덜란드 델타, 해변과 토탄 초위지역, 건조한 농촌지역, 바덴해, 델타 연합의 8개 핫스팟으로 분류함
	제공정보로는 각 핫스팟 별 프로젝트 보고서 및 출판물의 정보 제공

자료: <http://knowledgeforclimate.climateressarchnetherlands.nl/>

(6) 노르웨이

- 노르웨이는 기후변화 전략대응으로 신재생 에너지를 통한 전략을 수립하고 Enova(석유에너지부 산하기관)와 에너지기금을 통한 투자기금을 구축함
- 노르웨이의 Klimatilpassing Noreg¹⁷⁾로 노르웨이 환경부에서 운영하는 기후변화 적응 포털 사이트를 운영하며, 기후영향별로 정보를 제공하고 있음
- 기후영향 별 기본정보와 모범사례, 연구보고서, 간행물 등의 정보를 제공

16) <http://knowledgeforclimate.climateressarchnetherlands.nl/>

17) <http://www.regjeringen.no/klimatilpassing>

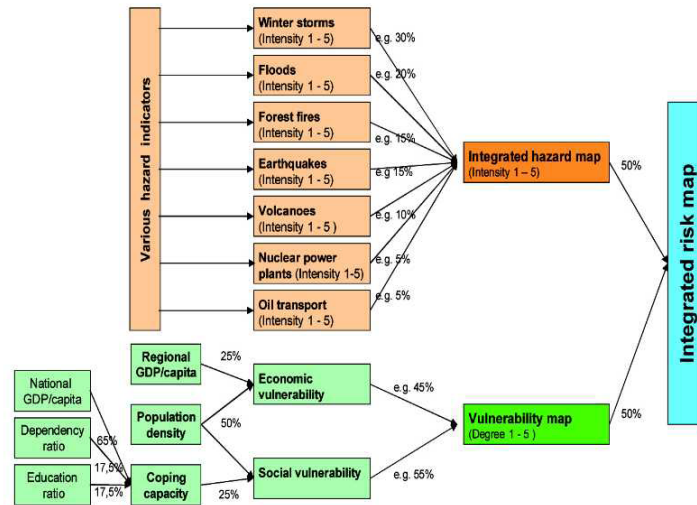
〈표 2-22〉 Klimatilpassing Noreg 주요 제공 정보

기 능	주요 내용
Ministry home	노르웨이 환경부 메인 페이지를 보여줌
Counties	각 주 단위의 기본 정보, 모범사례, 연구보고서, 간행물 등의 정보를 제공함
Climate Impacts	홍수, 강수량, 해수면, 눈사태, 온도, 바람 등의 기후변화 정보를 제공함
Sectoral Responsibility	기후변화로 영향이 미치는 부문을 구분하여 부문별로 정보를 제공함
Library	기후변화 적응 모범사례, 지도, 출판물, 조사연구 자료, 틀 등을 검색하여 찾을 수 있도록 제공함
	지역별, 부문별, 자료 유형별로 구분하여 관련 사례 연구, 문헌자료, 가이드라인 등의 정보검색이 가능함
Climate Change Adaptation in Norway	시민보호 및 비상계획에 대한 이사회를 통해 기후변화 적응 프로그램에 대하여 문의할 수 있도록 제공함
Map : Climate in Norway 2050 and 2100	2050년과 2100년의 노르웨이의 온도 및 강수량의 변화를 지도형태로 제공함
	1961~1990년을 기준년도로 대비하여 예측한 2050년, 2100년의 노르웨이 기후변화 전망정보(기온, 강수량)를 공간정보의 지도형태로 표출함
Guide : Climate Adaptation	기후변화 적응에 필요한 기초 지식 및 계획과 조치, 매핑 도구에 대한 정보를 제공함

자료: <http://www.regjeringen.no/klimatilpasning>

(7) 유럽 ESPON(The European Spatial planning Observation Network)

- EU 회원국 간의 다양한 정보를 공유 및 구축하고 재해와 관련하여 ESPON 131Project를 시행하여 재해위험도를 평가
 - 유럽 전역의 자연적 재해와 인위적 재해에 대해 재해위험도를 평가하여 위해성과 취약성 측면에서 지수화 하여 정보를 구축
 - 홍수위해성과 취약성 평가지도를 1~5등급으로 구분하고 도출된 결과를 바탕으로 1~10등급으로 최종 산정하여 소방방재청의 지역안전도 진단 등급산정에 이용

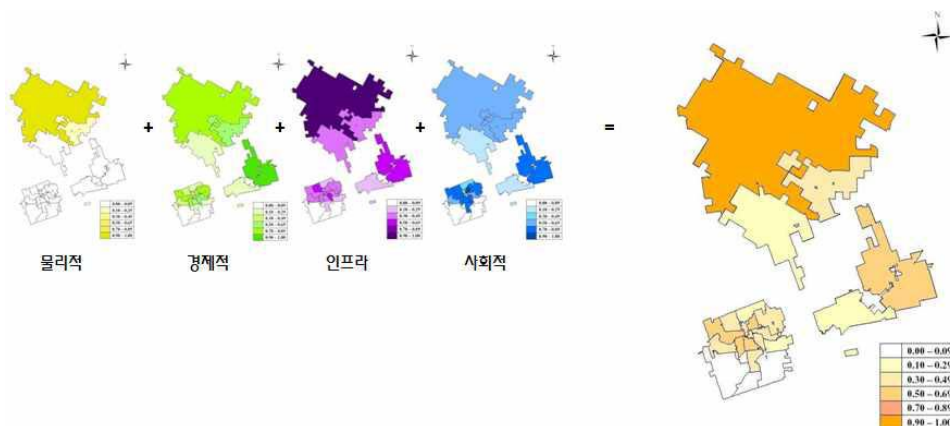


〈그림 2-19〉 ESPON Project 통합 위험지도 산정방법

자료: 2011, 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발

(8) 캐나다 Hazard, Risk and Vulnerability Analysis(HRVA)

- 캐나다는 Provincial Emergency Programs의 일환으로 Hazard, Risk and Vulnerability Analysis(HRVA) Tool Kit을 개발
 - 위해성, 취약성을 평가하고 의사관계자 간의 상호관계 분석을 통하여 홍수에 대한 대응책 마련
 - 도심지의 물리적, 사회적, 경제적, 인프라시설에 대한 취약성평가를 실시하고, 위험기반 지역의 위험을 분석하기 위해 사회 인프라시설, 지형 경사 등 복합적인 재해유형에 대해 어떤 위험지역의 요소를 평가하고 이를 취합하여 최종적인 평가결과를 도출



〈그림 2-20〉 캐나다 Thames River의 취약성분석 시스템을 적용한 위험 분석 결과

자료: 2011, 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발

나. 국내 도시재해취약성분석 시스템 기술

(1) 연안재해 취약성 평가체계(CDAS)

- 국립해양조사원은 지구온난화, 기후변화에 따른 해수면 상승과 태풍, 허리케인 등 연안에서 발생하는 재해의 조사와 관리를 위하여 연안재해 취약성 평가체계를 구축
 - 연안위험취약지수, 연안환경취약지수, 연안지속가능개발지수의 3가지 정량적 지표를 산출하고 평가함
 - 주요 구성 기능은 건물명, 지역명, 도엽번호로의 검색 기능, 지도 설정 레이어 설정 기능, 원하는 지역 북마크 기능, 연안위험취약지수, 연안환경취약지수, 연안지속가능개발지수 등의 분석기능, 연안재해취약관리선 보기 기능, 지도 화면 출력 및 이미지 내보내기 기능, 평가를 위해 구축된 통계 DB제공으로 구성
 - GIS는 ArcGIS 프로그램을 사용하고 있으며, DBMS는 Oracle을 사용함

(2) 기후변화 취약성 평가분석 시스템(CCGIS)

- 환경부에서는 시군구 단위로 기후변화 취약성평가를 실시하기 위한 지원 시스템으로 전국단위 기후변화 취약성 평가 시스템을 개발 운영하고 있음
 - 7개 분야(보건, 산림, 생태계, 물관리, 농업, 해양/수산, 재해)에 대하여 지자체별 지역 취약성 평가를 실시할 수 있도록 지원하는 프로그램
 - 시군구단위 분석, 읍면동단위 분석이 가능한 LCCGIS를 개발 운영하고 있으며, 기상청의 남한 기후변화 시나리오 자료를 적용할 수 있도록 구성
 - 취약성 평가항목 등 다양한 시뮬레이션 및 모델식을 적용하기 위하여 모델식 평가항목 관리 기능을 추가로 구성 운영 중
 - 가중치 설정이 가능하도록 구현하였으며, 설정 기능에는 기후노출지수, 기후변화 민감도, 적응능력에 대한 대응변수들로 구성하며 세부요소에 대한 평가가 가능하도록 구성
 - DBMS는 Oracle을 사용하며, 분석은 Stand-Alone 방식을 사용함

(3) 기후변화 취약성 평가도구

- 환경부가 광역 및 기초 지자체 적응 대책 수립 지원을 위해 기후변화 취약성 평가도구 시스템(Vulnerability Assessment Tool to build Climate Change Adaptation Plan)을 제공해 왔으며, 취약성 평가에 사용되는 지표 데이터와 메타데이터 정보를 제공

- 각 지자체의 데이터를 업로드 하여 관리할 수 있는 기능과 각 지자체별 취약성 평가 항목을 생성하여 관리할 수 있는 기능을 제공하며, 취약성 분석 결과를 엑셀, 지도, 그래프 등으로 제공
- 환경부는 기후변화 역량 적응 프로그램의 효율적인 실현을 위해 국가기후변화 적응센터를 설립하고, 사이트를 통해 정보를 제공
- 기후변화 및 기후변화 대응에 대한 기본정보, 메타자료, 이산화탄소 농도 공간 정보, 분야별 연구 및 정책 보고서, 교육자료, 정책정보들을 제공

(4) 농업재해 취약성 평가지원 기상자료 처리프로그램(Metsystem)

- 농업재해 취약성분석을 지원하는 도구로 농촌진흥청에서 연구개발한 시스템
- 농업분야에서 농업용수, 농촌유역관리 및 기상정보에 대한 자료를 수집하여 농업 관련 재해 취약성분석을 진행함에 있어 다양한 기상정보의 자료포맷과 처리 과정 후 공유체계 부족에 따른 문제점을 해결하고자 개발
- 개발언어는 Java를 이용한 인터넷 환경으로 구현되었으며, 주요 9개 기상항목에 대하여 시기별, 주기별, 조건별 검색 및 통계 기능을 수행할 수 있도록 구현됨
- 모든 조회된 결과는 화면출력과 더불어 엑셀파일로 변환 관리할 수 있도록 지원함으로써 다수의 사용자가 동일한 포맷의 자료를 사용 관리할 수 있도록 지원함

다. 기술동향 시사점

- 재해취약성분석 결과 및 관련정보에 대해 사용자 및 수요처 중심의 능동적인 정보 제공이 필요함
- 각국의 사례를 살펴보면 국가적 및 지역적 재해 특성에 따라 웹상으로 기후변화와 관련된 정보에 대한 관리 및 공유가 이루어지고 있으며, 주로 관련 연구 사례, 교육자료, 기후변화와 관련된 데이터 및 시각화된 지도 등을 제공함
- 기후변화와 관련된 일방적인 정보 습득을 위한 자료들을 제공하고 있으나, 사용자가 다룰 수 있는 기후변화 영향 및 리스크 확산 등에 대한 분석을 지원하는 능동적인 정보제공 사례는 미흡한 것으로 보임
- 기후변화에 대비할 수 있는 의사결정지원 및 정보를 제공하기 위해 시각화된 지도, 통계자료, 교육자료 등 다양한 제공방안뿐만 아니라, 사용자 및 지역적 특성을 반영하는 능동적인 정보제공 방안 마련이 요구됨

- 타 기관의 재해관련 정보 연계, 결과 표출 인터페이스 등 도시공간의 기후변화 대응 관리체계 개발이 필요함
 - 국외의 도시공간에 대한 재해취약성 평가 시스템들은 많은 자료를 정량화하고 분석 결과를 가시화하기 위하여 GIS 기반의 시스템으로 구축되어지거나 평가 결과를 GIS를 이용하여 표출하고 있음
 - 또한 취약성 분석을 위해 각각의 재해에 대한 위험도와 취약도 및 저감능력들을 조합하여 평가하였으며 이를 토대로 종합위험지도로 표현하여 체계적으로 대비하고 있음
 - 정부가 기후변화를 대응하기 위한 정책들을 제시하면서 분야별, 기관별로 취약성 분석을 수행하고 있지만, 이를 통합하고 연계할 수 있는 정부정책에 부합하는 표준화된 기후변화와 관련된 도시공간관점에서의 관리체계 개발과 재해취약성분석 결과를 표출하는 인터페이스 기술이 요구됨
- 공간의 위계별로 대응할 수 있는 재해취약성분석 단위에 대한 정의와 이를 연계한 네트워크 구성 기술이 필요함
 - 재해취약성 분석의 사례들은 일부 유역에 국한되어 있거나 해안지역과 같이 특정 지역에만 적용하고 있고, 광역적 의미에서의 단위로 평가가 이루어지고 있는 것으로 보임
 - 이에 정보제공 상황별 대응할 수 있는 광역, 도시, 지구 단위의 다위계 재해취약성분석, 기후변화 정보 제공을 위해 지역적 특성을 반영하는 정보 제공 방안 마련이 요구됨
 - 또한 다위계 재해취약성분석 결과 단위에 대해 연계할 수 있도록 네트워크를 형성할 수 있는 기술도 요구됨
- 오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 시스템이 필요함
 - 주요 선진국에서는 정보관리에 오픈소스를 제공하는 추세이며, 국외의 시스템은 단순 프로그램뿐만 아니라 업무프로세스, on/off-line의 다양한 정보교류채널을 포함하여 구성 운영하고 있음
 - 국내에서는 고가의 외산인 ArcGIS 프로그램 등을 활용하고 있으며 기술의 한계로 국내의 공간분석을 지원하는 시스템의 경우 Stand-Alone 방식으로 운영되고 있음
 - 기후변화 재해취약성 분석과정상 다양한 공간분석에 대해 분석 수행 중심의 Stand-Alone 또는 C/S 방식과 분석 결과 및 정보 조회 중심의 웹 방식으로 분할하여 구축하는 방향으로 검토되어야 할 것임

- 재해취약성분석의 자동화 기술 및 지속적이고 장기적 재해취약성분석 시스템 개발이 필요
 - 현존하는 시스템들은 분석 및 정보 제공에 치중되어 있으며, 계속적으로 정보를 수집하고 저장하는 기술들에 집중하고 있음
 - 이에 아울러 수집하는 데이터들의 다양한 포맷을 통일할 수 있도록 하는 변환 처리기술과 시계열데이터의 축적 및 저장기술, 재해취약성분석 시스템을 통해 정보를 함께 공유하며 성장할 수 있는 상세한 케이스별 공유 기술들이 요구됨
 - 또한 현재 부재한 재해취약성분석 자동화 기술 개발과 재해취약성 분석결과와의 평가, 검증, 모니터링을 수행하여 의미 있는 결과를 지속적으로 생산하고 축적하여 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함
- 재해예방을 위한 시나리오 기반 시스템 구축 필요
 - 국내외 재해취약성 관련 분석에 있어 국내의 경우 기후변화를 중심으로한 기상, 해양 관련 분석시스템이 다수를 차지하고 있음
 - 또한 관련된 분석기술 및 영향분석의 주요관점이 폭우와 같은 물과 관련된 부분에 한정된 경향이 있으며, 이는 국내의 기상여건상 폭우에 의한 재난사례 및 취약피해사례가 다수 발생함에 그 원인이 있음
 - 특히, 국내와 국외의 시스템 운영 방식을 비교해 보면 국내는 하나의 사건(재해)에 관하여 집중적인 분석을 하는 반면, 국외는 특정 시설 또는 지역에 기반한 분석을 진행하는 경향을 보임. 이는 재해취약성이라는 요소와 분석과정이 복잡하고 표준화하기 어려운 한계에 따라 시설 또는 지역에 적합한 모델과 시스템을 개발하거나 지역현황 자료를 축적하여 반영하는 방향으로 진행되는 특성을 보이고 있음
 - 이와 함께 주민, 연구자, 공무원 등 다양한 분야의 전문지식과 경험 및 현황 데이터를 통합 연계하여 재해 위험에 대한 이해 및 예방대책 수립을 추진할 수 있도록 지원하는 시나리오 기반 시스템 구축이 본 기획과제 차별성 확보차원에서 강조 필요

3. 기술수요조사

가. 기술수요조사 대상 선정

- 기획연구를 보다 발전시킬 수 있는 신규 기술을 발굴하고, 최종 연구성과물에 대한 수요를 파악하기 위하여 기술수요조사를 실시함
- 기술수요조사는 예상되는 성과물이 활용될 수 있는 최종 수요처를 공공, 민간산업계(민간/학계/연구계)로 구분하여 195명의 조사대상자를 선정함

〈표 2-23〉 기술수요조사 대상 선정

구분		기술수요조사 대상
공공	지자체	전국 도시계획 관련 업무 담당 공무원
민간	도시계획 및 설계, 개발	건설회사, 엔지니어링 업체, 건축사사무소 등
	SI업체	도시계획 및 관리, 환경분석 등 관련 업체
	대학교	도시계획, 도시설계, 환경계획 관련 학생 및 교수
	연구원	관련 국책연구원

나. 기술수요조사 대상별 조사방법

- 기술수요조사는 공공과 민간을 대상으로 관련 업무과정에 필요한 기능 및 활용 방안, 도입·활용의사 등에 대한 조사와 실무에 필요한 기술을 발굴하기 위한 조사로 구분하여 진행함
- 기획연구 세부과제 도출을 위해 설문 대상은 재해취약성분석 제도를 실제 담당하는 공무원과 기술적 재해취약성분석을 수행하고 있는 실무자 및 연구자로 구분하여 실시

〈표 2-24〉 기술수요조사 대상별 조사방법

• 도시 기후변화 재해취약성분석 교육 프로그램 관련 향후 보완 사항 • 재해취약성 분석결과의 활용 경험 • 재해취약성 분석결과 미활용의 사유 및 문제점 • 재해예방형 도시계획 수립 경험 • 분석지표, 분석방법, 재해예방형 도시계획 수립 보완사항 • 재해취약성분석 관련 기술적 건의사항 • 제도적 건의사항	도시 기후변화 재해취약성분석 교육 및 제도 개선사항 조사 본 설문지는 「국가도시개발법」 제48조제2항에 따라 「도시 기후변화 재해취약성분석 제도」의 「활용 및 평가」 관련 내용과 관련된 사항을 조사합니다. 응답하신 내용은 연구 목적으로만 활용되며, 이외의 다른 목적으로 절대 사용되지 않는다는 점을 약속드립니다. 답변의 자유와 비밀을 보장합니다. 감사합니다. 설문지 성명 _____ 소속기관 _____ 직책 _____ 전화 _____ 재해취약성분석 수행현황 ☐ 수행중 ☐ 수행예정 재해취약성분석 상세내용 _____ 1. 도시 기후변화 재해취약성분석 교육프로그램 관련 사항에 향후 추가 또는 보완사항은 없는지 (예외는 무엇입니까)? ① 재해취약성분석 결과 및 분석결과 활용 방안 ② 재해취약성분석 결과의 토출 및 전달 ③ 재해취약성분석 결과의 활용 방안 ④ 재해취약성분석 결과의 활용 방안 2. 도시 기후변화 재해취약성분석 결과를 토대로 방재지구 수립 등 재해예방형 도시계획 수립 관련 사항은 없는지 (예외는 무엇입니까)? ① 방재지구 지정 및 지정요건 ② 방재지구 지정요건 ③ 방재지구 지정요건 ④ 방재지구 지정요건 2-1. 재해취약성분석 결과를 도시계획에 반영한 사항은 구체적으로 적어주시기 바랍니다. _____ 2-2. 재해취약성분석 결과를 활용하지 않는다면, 그 이유는 무엇입니까? _____ 3. 도시 기후변화 재해취약성분석과 관련하여 학술연구자료, 분석방법, 재해예방형 도시계획 수립 관련 사항에 대한 의견사항을 자유롭게 기재하여 주시기 바랍니다. _____ 4. 도시 기후변화 재해취약성분석과 관련하여 기술적(교육시스템, 동량지원서비스 등) 관련사항을 자유롭게 기재하여 주시기 바랍니다. _____ 5. 도시 기후변화 재해취약성분석과 관련하여 제도적(규제, 제도 운영, 예산, 지원 등) 관련사항을 자유롭게 기재하여 주시기 바랍니다. _____
---	--

- 기술수요 조사를 통해 수집된 제안사항을 1차 그룹핑(제도적/기술적) 정리 후 2차 분류(분석지표, 분석방법, 재해저감 대책 수립, 제도 운영, 지침 및 가이드라인, 통합지원 서비스, 검증 등)를 통해 최종 제안과제 도출

〈그림 2-21〉 수요조사 분석결과 그룹핑

- 기술수요조사는 2차례에 걸쳐 설문지를 작성하는 방식으로 실시
- 기술수요조사 응답자수 및 비율은 다음과 같음

(단위 : 명)

- 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화(재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 수립)를 위한 제안사항
 - 기술수요조사를 통해 제안된 사항을 유사 카테고리 그룹핑하여 정리한 결과, 총 17개의 제안사항이 도출됨

〈표 2-26〉 기술수요조사 제안사항

연번	제안사항
1	재해취약성분석의 단계별 분석관련 상세 설명 및 지원 기능
2	재해취약성 분석결과의 타당성 검증 지원 기술
3	재해예방형 도시계획 수립을 위한 지식DB 구축 및 활용 인터페이스
4	기본계획 및 관리계획 반영을 위한 경험DB 구축 및 정보공유 서비스
5	재해취약성분석 전국 공통지표 및 지역별 선택 가능 지표 DB
6	재해취약성분석 정확성 제고를 위한 가중치 및 가중치 추천 기술
7	미래시나리오 활용을 위한 통합 재해예방형 도시계획 시뮬레이션 기술
8	미래 인구변화 시나리오를 고려한 재해취약성 변화 추적 기술
9	지표간 상관관계 분석에 기초한 재해취약요인 네트워크 맵 작성기술
10	기후변화 재해유형별 영향범위에 따른 분석 공간단위 최적화 기술
11	재해취약성분석 지도 작성을 위한 공간보간법 상세화 기술
12	기후변화 재해예방을 위한 도시방재 통합정보 플랫폼 구축
13	재해취약성분석 결과에 대한 과학적 검증 기술
14	전문인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼
15	지자체 행정 효율화를 위한 상황인식형 행정지원 서비스 기술
16	오픈소스 기반의 재해취약성분석 지원 프로그램
17	분석공간 스케일에 따른 분석방법 및 지표 다변화 기술

4. 국내외 특허동향

가. 분석개요

(1) 분석 범위 및 분석의 기준

- 본 보고서의 특허동향 검색은 현재(2016년 10월 31일)까지 공개된 한국, 미국, 일본의 공개 및 등록특허를 대상으로 검색하였으며, 분석대상특허를 조사하기 위해 사용한 검색 데이터베이스는 특허청의 특허검색 서비스 중 국내특허 및 해외특허 검색을 사용하였음
- 특허동향 분석 대상은 기후변화와 관련된 재해취약성분석, 위험도 평가에 대한 기술로 다음과 같이 기술을 세분화하였음

〈표 2-27〉 분석기술 대상별 키워드

대분류	중분류	소분류	키워드
기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술	재해 취약성 분석기술	재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계	- 정밀화 분석 (precision, improvement analysis) - 데이터 표준화 (data standardization) - 재해취약성 데이터 (disaster vulnerability data)
		다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오	- 기후변화 시나리오 (climate change scenario) - 다위계 위험도 분석 (multi-scale risk analysis) - 기후변화 모델, 시뮬레이션 (climate change model, simulation)
		재해취약성분석 표준 프로그램	- 재해예측 시스템 (disaster prevention system) - 위험도 평가 (risk evaluation, estimation) - 영향 평가 시스템 (impact assessment system)
	대응체계 고도화 기술	도시공간 방재정보 관리체계	- 방재 관리 (disaster prevention management) - 방재 정보 (disaster information) - 도시 방재 (urban disaster prevention)
		분석결과의 평가, 검증, 모니터링 기술	- 평가, 검증, 모니터링 (assessment, verification, monitoring)

(2) 특허 검색식 및 검색 결과

- 본 연구와 관련된 기술에 대해 다음과 같은 특허 검색식을 통해 얻은 순수 검색 건수 결과에서 중복특허 제거와 관련 없는 특허의 노이즈 제거 작업을 통해 얻은 각국의 특허 건수를 나타냄
- 본 연구는 관련된 기술에 대해 폭우, 폭염, 폭설, 강풍, 가뭄, 해수면 상승의 6대 재해를 대상으로 검색하였으며, 지진의 경우 제외되었음
- 한국은 37건, 미국 15건, 일본 20건으로 총 72건의 최종 유효 data 건수를 대상으로 분석을 수행함

〈표 2-28〉 검색식 및 검색 결과

검색식	
특허청	(정밀화*분석* or 표준화* or 재해취약성*데이터) / (기후변화*시나리오* or 다위계*위험도*분석* or 기후변화*모델)*(기후변화+시뮬레이션) / (재해*예측*시스템* or 위험도*평가* or 영향*평가*시스템) / (방재*관리* or 방재*정보* or 도시*방재) / (평가* or 검증* or 모니터링) / (폭우 or 폭염 or 폭설 or 강풍 or 가뭄 or 해수면 상승) (improvement*analysis* or data*standardization* or disaster*vulnerability*data)*(precision+analysis) / (climate*change*scenario* or multi*risk*analysis* or climate*change*model)*(climate*simulation) / (disaster*prevention*system* or risk*evaluation* or impact*assessment*system)*(risk+estimation) / (disaster*prevention*management* or disaster*information* or urban*disaster*prevention) / (assessment*verification*monitoring) / (heavy rain or heat wave or heavy snow or strong wind or drought or sea level rise)
검색 결과	
한국(KR)	37 건
미국(US)	15 건
일본(JP)	20 건
총 유효 Data 건수	72 건

- 72건의 최종 유효 data 분석 대상에 대한 기술 분류별 건수는 다음과 같음
 - 재해취약성 분석기술에 해당하는 정밀화 기법, 데이터 표준화 설계, 다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용 시나리오, 재해취약성 분석 표준 프로그램과 관련된 건수는 49건임
 - 대응체계고도화 기술에 해당하는 도시공간 방재정보 관리체계 및 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술과 관련된 건수는 23건임

〈표 2-29〉 세부 분석기술 대상별 분석대상 건수

대분류	중분류	소분류	분석대상 건수			
기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술	재해 취약성 분석기술	재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계	한국: 9	14 건	49건	72 건
			미국: 5			
			일본: 0			
		다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오	한국: 3	4 건		
			미국: 1			
			일본: 0			
		재해취약성분석 표준 프로그램	한국: 16	31 건		
			미국: 9			
			일본: 6			
	대응체계 고도화 기술	도시공간 방재정보 관리체계	한국: 6	19 건	23건	
			미국: 1			
			일본: 12			
		분석결과에의 평가, 검증, 모니터링 기술	한국: 2	4 건		
			미국: 2			
			일본: 0			

나. 특허기술 동향

- 기후변화와 관련된 재해취약성분석, 위험도 평가에 대한 기술의 유효 특허 79건을 대상으로 하여 정량적 특허분석을 실시함. 참고로 특허출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 출원 공개제도의 특성 때문에 출원연도를 기준으로 2015년 이후 구간에서는 미공개특허가 반영되지 않았음을 감안해야 함

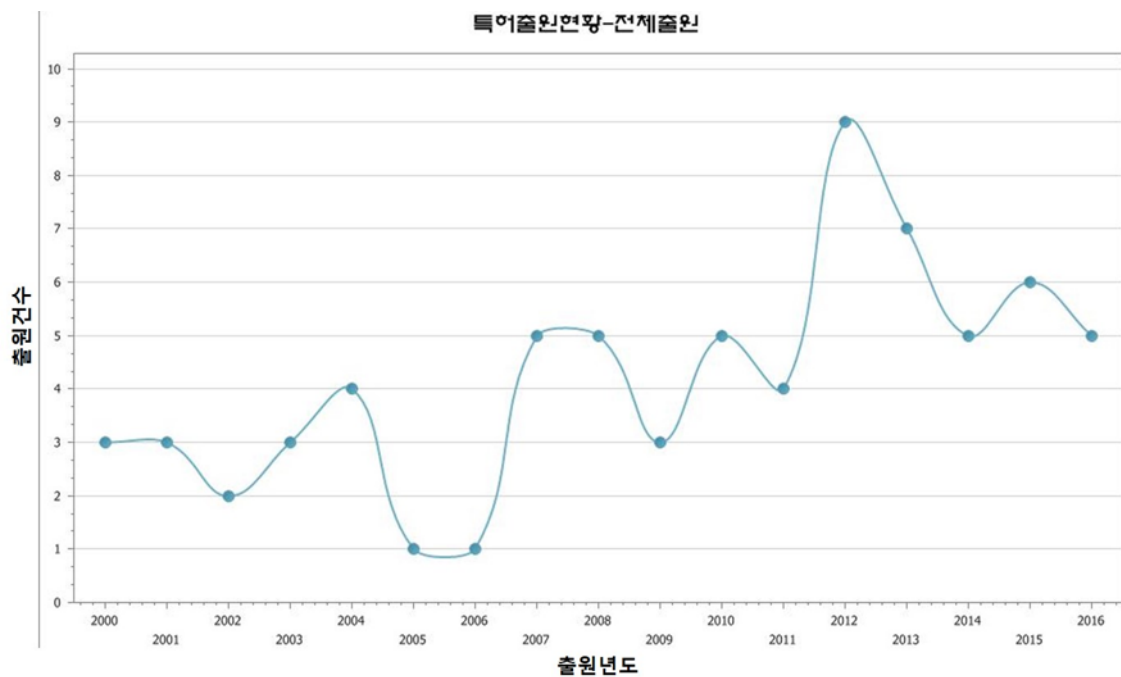
(1) 연도별 전체 출원 동향

- 기후변화 및 위험도 평가와 관련된 특허동향은 2000년대에 들어서면서 관심과 제도적 장려가 특허출원으로 이어진 것으로 판단되며, 2014년 이후 최근의 특허 건수가 감소한 경향은 특허제도 특성상 미공개 특허가 반영되지 않았기 때문임
- 전체 출원의 연도별 특허출원 동향을 살펴보면 2000년대 초반부터 점차 증감을 반복하며 출원되는 추세를 보이면서 꾸준히 증가하는 양적성장을 보이고 있으며, 2012년도에 가장 높은 출원세를 보이고 있음

<표 2-30> 연도별 전체 출원 동향

(단위: 건수)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
빈도	3	3	2	3	4	1	1	5	5	3	5	4	9	7	5	6	5



<그림 2-22> 연도별 전체 출원 동향

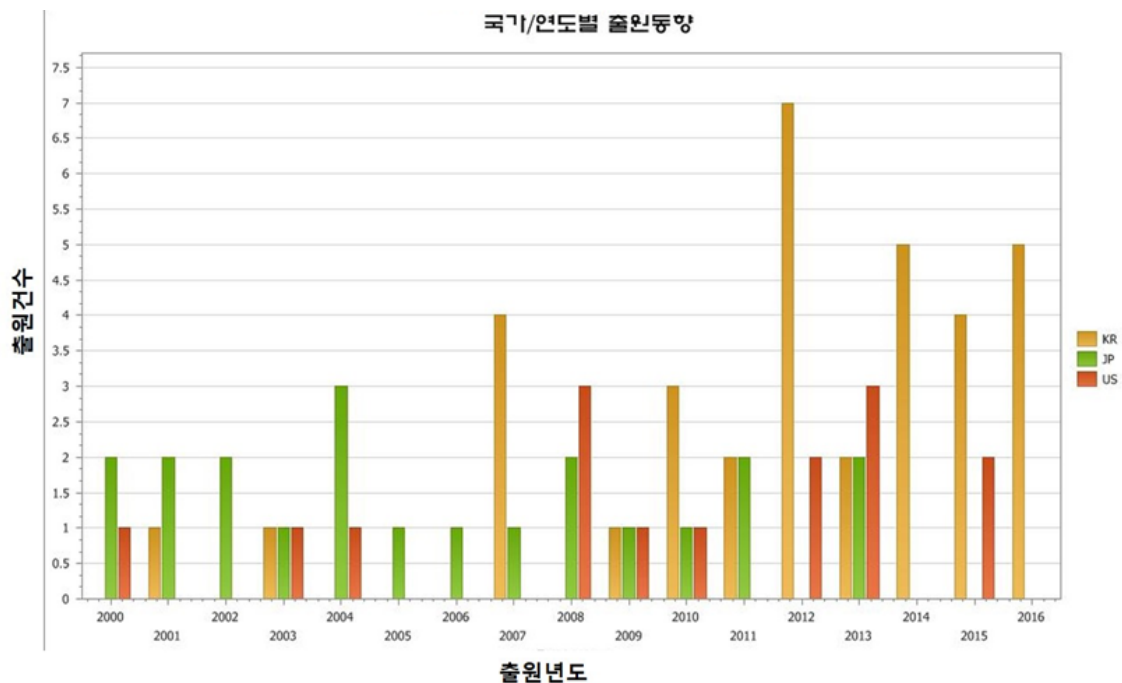
(2) 연도별 국가 출원 동향

- 한국, 미국, 일본의 연도별 국가 출원 동향을 살펴보면, 전반적으로 증감을 반복하면서 꾸준한 출원을 보이고 있음
- 일본은 재해에 대한 시급성으로 2000년도 초반에 특허의 강세를 보이고 있으며, 한국은 2007년도부터 특허를 출원하면서 기후변화에 관심도를 보여주고 있음
- 또한 2012년 이후로 급격하게 증가하여 미국과 일본의 특허 출원 건수보다 앞서는 것으로 나타나는 것으로 보아 기후변화 및 위험도평가와 관련된 분야에서 활발한 움직임을 보이고 있다고 판단됨

<표 2-31> 연도별 국가 출원 동향

(단위: 건수)

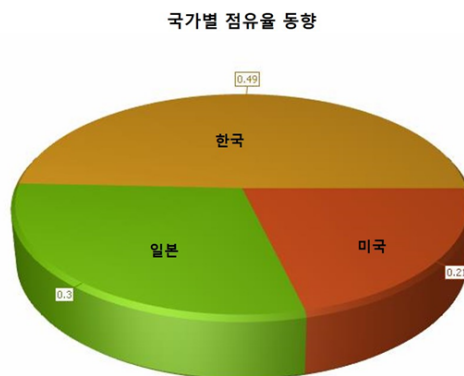
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
KR	0	1	0	1	0	0	0	4	0	1	3	2	7	2	5	4	5
JP	2	2	2	1	3	1	1	1	2	1	1	2	0	2	0	0	0
US	1	0	0	1	1	0	0	0	3	1	1	0	2	3	0	2	0
합계	3	3	2	3	4	1	1	5	5	3	5	4	9	7	5	6	5



<그림 2-23> 국가/연도별 출원 동향

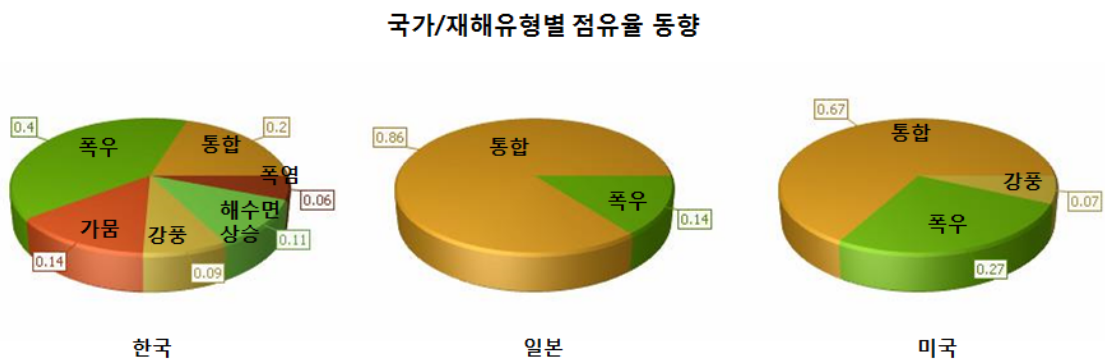
(3) 국가별/재해유형별 점유율 현황

- 본 연구와 관련된 국가별 특허 점유율을 살펴보면, 총 72건 중 한국이 49%의 높은 점유율을 보이고 있고, 일본은 30%의 점유율을 보이고, 미국은 21%의 점유율을 차지하고 있음
- 특허 출원 점유율로 보는 우선권 주장 국가 현황을 살펴보면 한국이 37건으로 가장 많고, 그 뒤를 20건으로 일본이 잇고 있으며 미국이 15건으로 우선권 주장 국가 현황이 나타났음



<그림 2-24> 국가별 점유율 동향

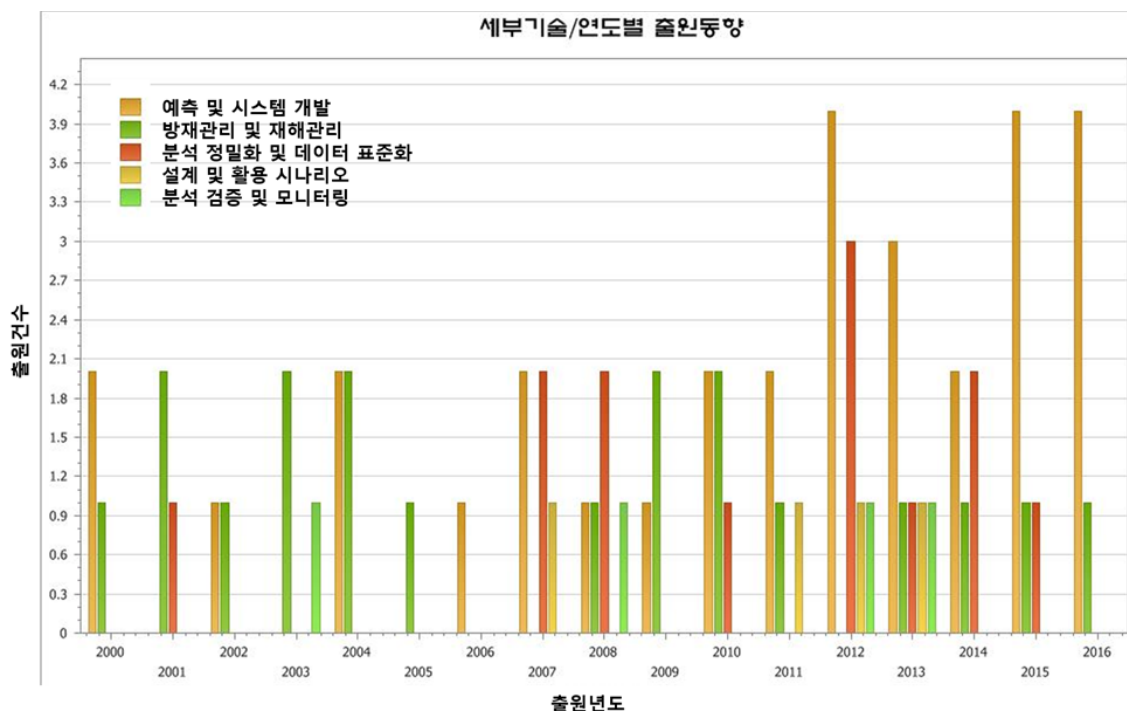
- 국가별로 재해유형별 특허 점유율을 살펴보면 일본이나 미국의 경우, 하나의 재해유형에 국한하지 않고 대상 및 지역을 중심으로 통합적으로 재해를 관리하는 모습을 보임
- 한국은 재해의 유형별로 집중하여 분석하는 시스템이 다수를 차지하며, 분리하지 않은 통합된 재해유형의 특허 내용은 주로 기후변화의 기후자료와 관련된 시스템이 대다수임



<그림 2-25> 국가/재해유형별 점유율 동향

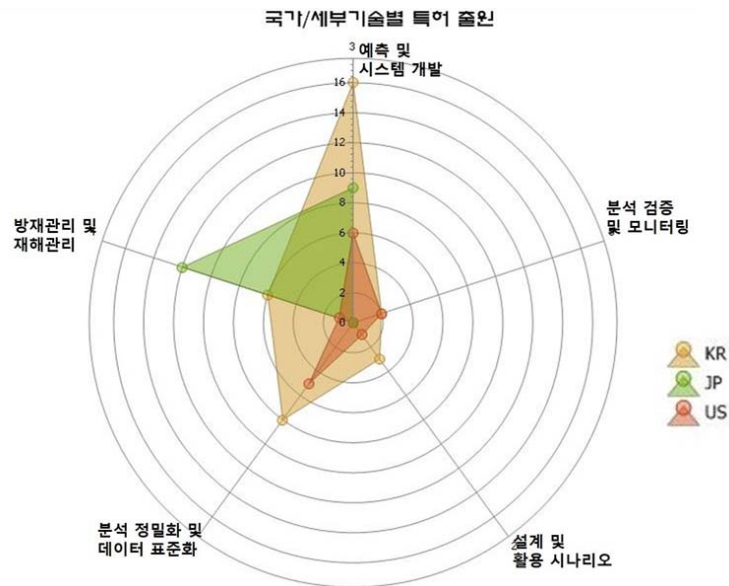
(4) 기술/연도별 출원 동향

- 앞서 언급한 기후변화 및 위험도 평가와 관련된 ‘분석 정밀화 및 데이터 표준화’, ‘설계 및 활용 시나리오’, ‘예측 및 시스템 개발’, ‘방재관리 및 재해관리’, ‘분석 검증 및 모니터링’ 세부기술별로 분석을 수행함
- 전체특허 출원 건수에서 ‘분석 정밀화 및 데이터 표준화’ 기술은 빅데이터의 개념이나 데이터의 연계 및 공유에 대한 관심도와 필요성이 요구되면서 2007년부터 출원하기 시작하였으며, 2012년도의 출원이 가장 높았음
- ‘설계 및 활용 시나리오’ 기술은 재해의 상황이나 지역별 맞춤형 평가가 요구되면서 세부적인 설계 및 시나리오를 설정한 분석 기술들이 2012년도와 2013년도에 출원되었음
- ‘예측 및 시스템 개발’ 기술은 사전에 재해를 예방하고 대응하기 위해 예측하는 기술로 2012년도 이후 출원이 많이 되었음
- ‘방재관리 및 재해관리’ 기술은 재해와 관련된 정보를 제공하고 관리 및 연계하는 기술로 2000년도 초반부터 꾸준히 출원되었음
- ‘분석 검증 및 모니터링’ 기술은 재해와 관련된 시스템들을 검증하고 모니터링하는 기술로 2012년, 2013년도에 출원을 보였음



〈그림 2-26〉 기술/연도별 출원 동향

- 한국, 일본, 미국에 대한 분야별 특허 출원 동향을 보면 ‘예측 및 시스템 개발’ 기술 분야가 활발하게 출원이 되었으며, 한국이 전반적으로 많은 특허 출원수를 보임
- 한국의 경우 ‘분석 정밀화 및 데이터 표준화’ 분야는 기후데이터와 관련한 기술이 대다수임
- 일본은 재해의 발생빈도와 시급성으로 인해 ‘방재관리 및 재해관리’ 기술 분야가 57%로 많이 출원되었음
- 미국은 일본보다 오픈데이터의 활성화에 힘입어 ‘분석 정밀화 및 데이터 표준화’ 기술 분야가 많이 출원되었음
- ‘분석 검증 및 모니터링’ 기술과 ‘설계 및 활용 시나리오’와 관련한 기술개발이 요구되어짐



<그림 2-27> 국가/기술별 특허 출원 동향



<그림 2-28> 국가별/분야별 특허 출원 동향

(5) 국가별 기술 발전 수준 동향

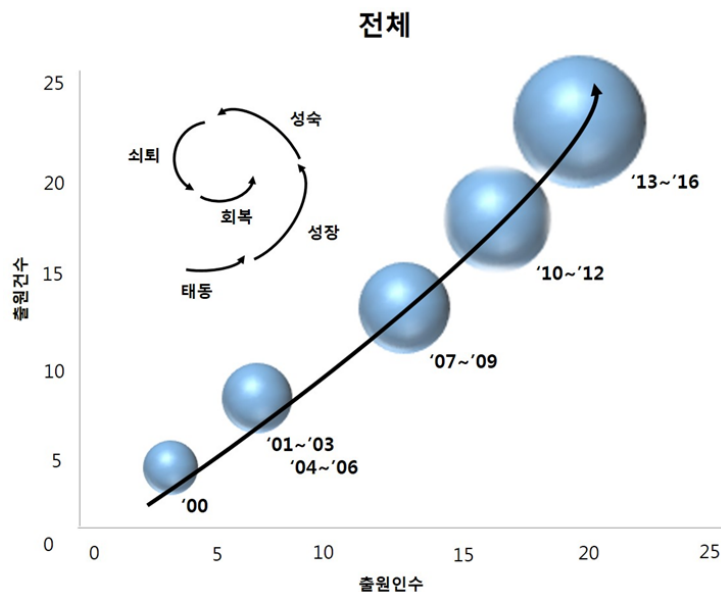
- 기술의 성장단계를 파악하는 포트폴리오 분석을 다음을 참고하여 살펴보았음.
단계별 기술 성숙도에 대한 의미는 다음과 같음

〈표 2-32〉 기술 발전 수준 포트폴리오

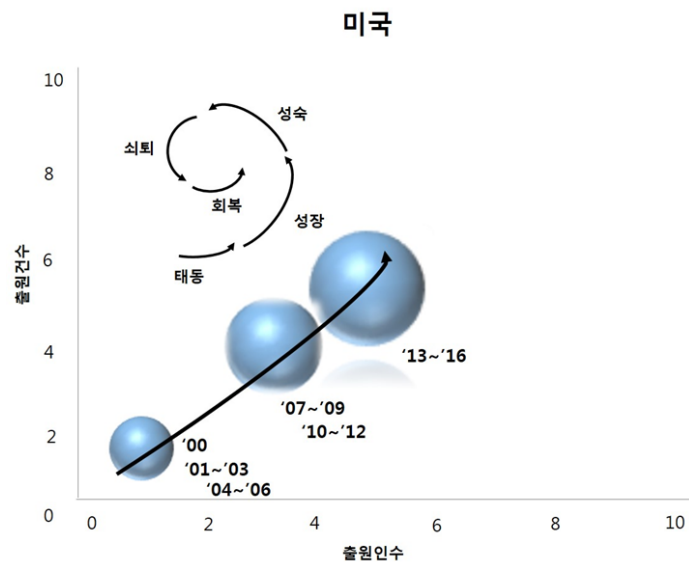
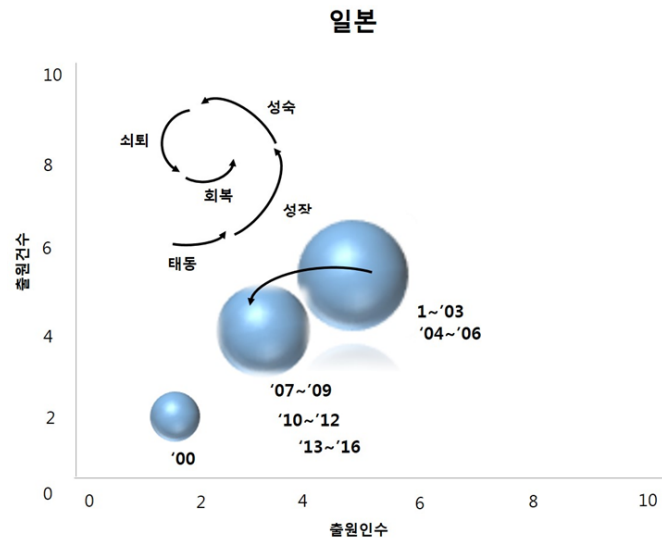
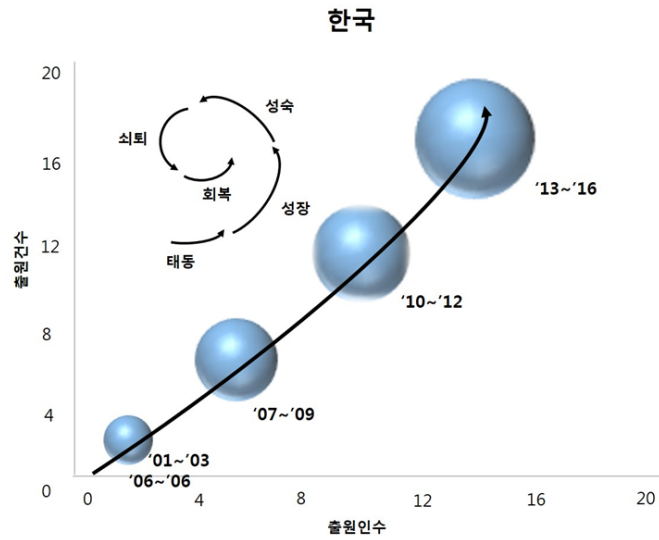
	태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
	성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
	성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
	쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 또는 감소
	회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체 기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

자료: 한국지식재산전략원

- 본 연구와 관련된 기술 발전 수준 동향을 5개의 분석 구간으로 살펴보았음. 전체적으로 1번째 분석구간(2001~2003), 2번째 분석구간(2004~2006), 3번째 분석구간(2007~2009), 4번째 분석구간(2010~2012), 5번째 분석구간(2013~2016)으로 갈수록 출원건수와 출원인수가 증가되고 있는 것으로 나타났음. 전반적으로 성장단계에 있다고 판단됨



〈그림 2-29〉 전체 기술발전 수준 동향



<그림 2-30> 국가별 기술발전 수준 동향

- 한국의 경우, 전체적인 기술발전 동향과 유사하게 1번째 분석구간(2001~2003)에서 5번째 분석구간(2013~2016)으로 갈수록 급격하게 증가되고 있는 것으로 나타났다. 출원인수가 같은 기관에서 출원 되는 건수가 존재하긴 하지만, 출원 건수가 증가하면서 출원인수도 증가하는 것으로 보이며 포트폴리오 분석에 있어서 성장단계로 판단됨
- 일본은 1번째 분석구간(2001~2003)과 2번째 분석구간(2004~2006)에서는 많은 출원 건수로 시작하였지만, 3번째 분석구간(2007~2009)부터 감소하였음. 지속적인 연구개발 활동과 출원건수 및 출원인수가 정체되고 있는 것으로 보아 성숙단계로 판단됨
- 미국은 1번째 분석구간(2001~2003)과 2번째 분석구간(2004~2006)은 적은 출원 건수를 보였지만, 3번째 분석구간(2007~2009)부터 다소 증가하는 추세를 보임. 출원 건수 및 출원인수의 증가폭이 약소하지만 전체적인 그림에서 보면 성장단계로 판단됨
- 연도별 출원 인수는 대체로 중복되지 않지만, 한국과 일본의 경우 동일한 기관에서 꾸준한 특허를 출원한 모습을 볼 수 있었음

다. 특허기술 동향 시사점

- 본 연구와 관련된 기후변화 및 위험도 평가 기술 특허 동향은 전반적으로 성장 단계에 있음을 보였고, 미국은 다소 성장 단계에 있고 일본은 성숙단계에 있다고 판단됨. 한국은 2007년 이후 특허 출원 건수가 증가하며 성장 단계에 있음
- 세부기술에 대해서 각국의 상황과 관심에 따라 출원 건수가 다른 양상을 보였음. 전반적으로 재해를 예측하는 시스템에 집중되어 있으며 일본의 경우 방재 및 재해를 관리하는 기술이 활발하게 개발되었고, 미국은 정밀화 및 데이터 표준화와 관련된 기술이 활발하게 개발된 것으로 보임
- 세부기술 중 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술이 점유율이 낮았으며, 설계 및 활용 시나리오 기술도 특허출원의 증가추세로 향후 발전 가능성이 상당히 높을 것으로 판단됨
- 한국은 하나의 재해유형에 집중하여 분석하는 시스템이 다수 차지하고 있었으며, 통합된 시스템 개발이 요구되어짐. 또한 분석 및 정밀화된 데이터와 관련된 특허는 대부분 기상데이터에 치중되어 있으며, 다른 지표와 관련된 데이터의 정밀화 기법이 요구됨

4절. 연구동향분석

1. 논문동향

가. 분석개요

- 본 보고서의 논문동향은 현재(2016년 10월 31일)까지 발표된 해외논문과 국내 논문을 분류하여 분석하였으며, 해외논문은 SCOPUS 논문을 국내논문은 KCI 등재논문을 대상으로 함
- 분석대상논문을 조사하기 위해 SCOPUS논문은 SCOPUS 사이트를 사용하였으며 국내논문은 한국학술지이용색인 사이트를 사용하였음
- 본 연구와 관련된 기술에 대해 다음과 같은 검색키워드를 통해 얻은 순수 검색 건수 결과에서 중복논문 제거와 관련 없는 논문의 노이즈 제거 작업을 통해 분석을 진행함

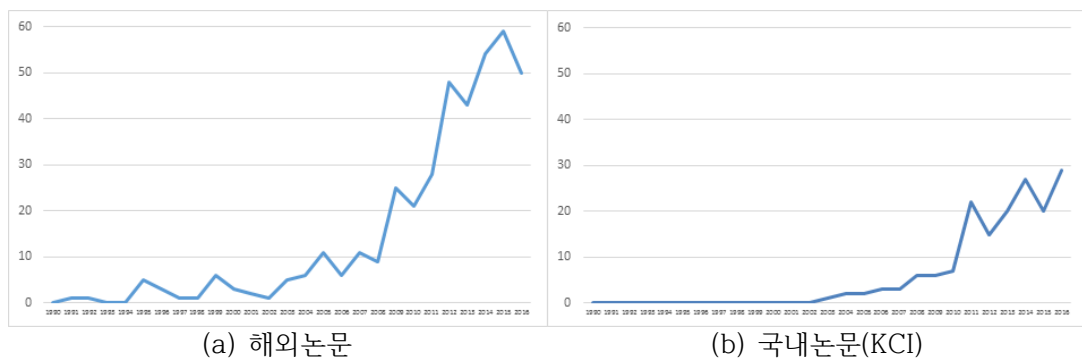
〈표 2-33〉 분석기술 대상별 키워드

대분류	중분류	소분류	키워드
기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술	재해 취약성 분석기술	재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계	재해, 재난, 기후변화, 취약성, 평가, 정보, 데이터, 방법론 disaster, climate change, vulnerability, risk, estimation, assessment, data, resource, methodology
		다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오	재해, 재난, 기후변화, 취약성, 기준, 지표, 설계, 시나리오 disaster, climate change, vulnerability, risk, index, indicator, model, scenario
		재해취약성분석 표준 프로그램	재해, 재난, 기후변화, 취약성, 소프트웨어, 시스템, 프로그램, 웹기반 disaster, climate change, vulnerability, software, system, program, web-based, web service
	대응체계 고도화 기술	도시공간 방재정보 관리체계	재해, 재난, 기후변화, 관리, 방재, 대책 disaster, climate change, vulnerability, risk, data, information, management
		분석의 결과 평가, 검증, 모니터링 기술	재해, 재난, 기후변화, 대응, 평가, 모니터링, 정책 disaster, climate change, prevention, monitoring, manual, policy

나. 전체 논문 동향

(1) 연도별 추이

- 해외논문은 1991년 1건이 발표되기 시작하여 2015년 59건까지 증가하여 2016년 기준 총 400건이 발표됨
 - 1990년대 초반에는 연구가 미미하였으나 1990년대 후반에 들어와 연구가 지속적으로 이루어지기 시작했으며 2009년 이후부터 매년 20건 이상 발표되는 등 활발히 진행되고 있음
- 국내논문은 2003년 1건이 발표되기 시작하여 2014년 27건까지 증가하여 2016년 기준 총 163건이 발표됨
 - 1990년대에는 연구가 없었으나 2000년대에 들어와 연구가 되기 시작하였으며 2011년 22건으로 급격히 증가한 이후 활발히 진행되고 있음



(a) 해외논문

(b) 국내논문(KCI)

<그림 2-31> 연도별 논문 추이

(나) 세부 분석기술 대상별 현황

- 1990년 이후 기후변화 대비 도시대응체계 고도화 기술개발 관련 해외논문은 재해취약성 분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계 분야에서 가장 많이 발표됨
 - 분야별로 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계 105건, 다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오 연구 104건, 재해취약성분석 소프트웨어개발 47건, 도시공간 방재정보 관리체계 개발 75건, 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술개발 95건이 발표됨
- 1990년 이후 기후변화 대비 도시대응체계 고도화 기술개발 관련 국내논문은 다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오 연구 분야에서 가장 많이 발표됨
 - 분야별로 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계 50건, 다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오 연구 64건, 재해취약성분석 소프트웨어

어개발 13건, 도시공간 방재정보 관리체계 개발 20건, 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술개발 16건이 발표됨



<그림 2-32> 세부 분석기술 대상별 논문 현황

<표 2-34> 세부 분석기술 대상별 발표논문 건수

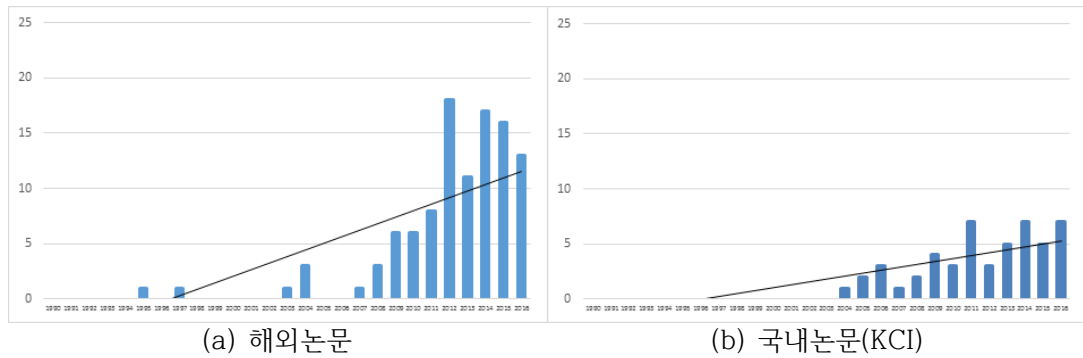
대분류	중분류	소분류	해외논문	국내논문	합계
기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술	재해 취약성 분석기술	재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계	105건	50건	155건
		다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오	104건	64건	168건
		재해취약성분석 표준 프로그램	47건	13건	60건
	대응체계 고도화 기술	도시공간 방재정보 관리체계	75건	20건	95건
		분석결과에의 평가, 검증, 모니터링 기술	95건	16건	111건

다. 부문별 논문 동향

(1) 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계 분야 논문 동향

(가) 연도별 추이

- 해외 논문은 1995년 1건이 발표되기 시작했고 2012년 18건까지 증가하여 2016년 기준 총 105건이 발표됨
- 2000년대 초반까지는 연구가 미미하였으나, 2000년대 후반부터 꾸준히 증가하며 활발하게 이루어지고 있음
- 국내 논문은 2004년 1건이 발표되기 시작했고 2011년 이후 7건까지 증가하여 2016년 기준 총 50건이 발표됨
- 2000년대 이후부터 연구되기 시작하였으며 2004년부터 꾸준히 논문이 발표되며 점차 증가하고 있는 추세임



〈그림 2-33〉 분석기법 및 표준화 설계 연도별 논문 추이

(나) 주요 피인용 현황

- 해외 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 72회 인용된 것으로 나타남
 - Zhang(2004)은 기후, 지형, 재해, 환경적 요소를 고려하여 가뭄에 대한 위험분석과 평가의 방법을 제시하고, 중국을 사례지역으로 취약성분석을 실시함

〈표 2-35〉 해외논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China	Agriculture, Ecosystems and Environment	2004	Zhang, J.	Northeast Normal University (China)	72
2	The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method	Environmental Impact Assessment Review	2004	Wei, Y.-M.	Chinese Academy of Sciences (China)	58
3	Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece	Natural Hazards and Earth System Science	2003	Papathoma, M.	Coventry University (UK)	56
4	Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics	Progress in Natural Science	2009	Jiang, W.	Beijing Normal University (China)	43
5	Risk assessment to China's agricultural drought disaster in county unit	Natural Hazards	2012	Hao, L.	Nanjing University of Information Science and Technology (China)	27

- 국내 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 13회 인용된 것으로 나타남
 - 김다은(2011)은 델파이 기법을 사용하여 전문가의 의견을 통해 취약성 평가 인자들을 선정하여 보다 정밀한 수자원분야의 재해 취약성평가의 틀을 마련함

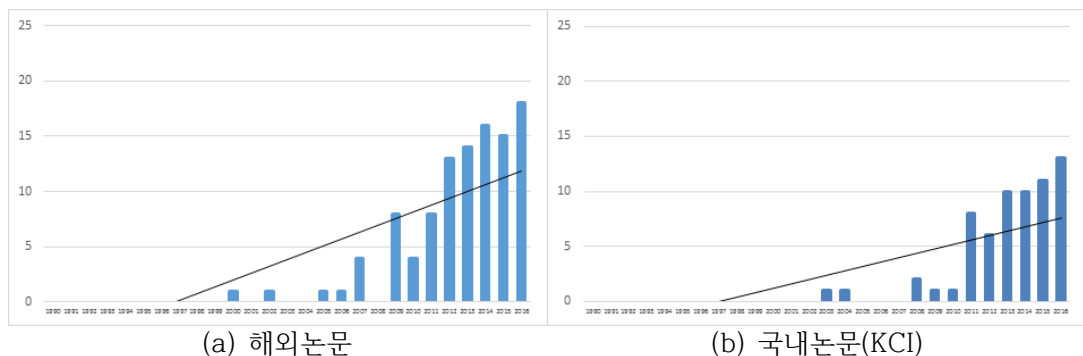
〈표 2-36〉 국내논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	기후변화를 고려한 수자원 분야의 취약성 분석	한국습지학회지	2011	김다은	한양대학교	13
2	AHP 분석기법을 이용한 급경사 지재해 취약성 평가표 개발	지질공학	2009	채병곤	한국지질자원연구원	10
3	시·공간정보기반 기후변화 취약성 평가	한국공간정보시스템학회 논문지	2009	최현아	고려대학교	10

(2) 다위계 재해취약성분석방법 설계 및 활용시나리오 연구

(가) 연도별 추이

- 해외 논문은 2000년 1건이 발표되기 시작했고 2016년 18건까지 증가하여 2016년 기준 총 104건이 발표됨
 - 1990년대에는 연구가 이루어지지 않았으나 2000년대 이후 발표논문의 수가 크게 증가하여 꾸준히 증가하고 있는 추세임
- 국내 논문은 2003년 1건이 발표되기 시작했고 2016년 13건까지 증가하여 2016년 기준 총 64건이 발표됨
 - 2000년대까지 연구가 미미하였으나 2011년 이후 발표논문의 수가 크게 증가하였으며 꾸준히 증가하고 있는 추세임



〈그림 2-34〉 다위계 재해취약성분석 및 활용시나리오 연도별 논문 추이

(나) 주요 피인용 현황

- 해외 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 167회 인용된 것으로 나타남
 - Hahn(2009)은 모잠비크를 대상으로 기후변화에 따른 취약성 기준(Livelihood Vulnerability Index)을 개발하고 두 사례지역의 취약성을 시나리오별로 분석하여 취약성 관리정책에의 활용 방안을 제시함

〈표 2-37〉 해외논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate	Global Environmental Change	2009	Hahn, M.B.	Emory University (USA)	167
2	Risk factors for long-term psychological effects of a disaster experienced in adolescence: Predictors of Post Traumatic Stress Disorder	Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines	2000	Udwin, O.	South London and Maudsley NHS Trust (UK)	130
3	Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air- and spaceborne imagery and GIS data	Natural Hazards	2009	Ebert, A.	Helmholtz Centre for Environmental Research (Germany)	49
4	A disaster risk management performance index	Natural Hazards	2007	Carreño, M.L.	Universidad Politécnica de Cataluña (Spain)	49
5	A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China	Water Resources Management	2011	Wang, Y.	Hunan University (China)	40

- 국내 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 20회 인용된 것으로 나타남
- 박무종(2011)은 EOF 해석을 통해 재해취약성의 관점에서 전국의 공간적 특성을 분석하고, 지역별 재난관리 대책수립 시 적용할 수 있는 재해위험성과 노출성 요인 등 관련 지표들을 연구함

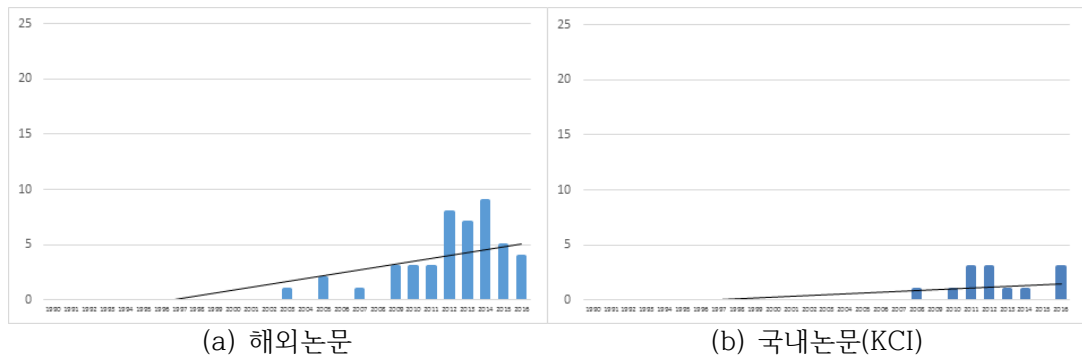
〈표 2-38〉 국내논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	지역별 재난관리를 위한 위험인자의 공간분포 해석	한국방재학회 논문집	2011	박무종	한서대학교	20
2	토사재해를 고려한 도시 기후변화 재해취약성방법론 설정을 위한 연구	한국방재학회 논문집	2011	최정렬	SDM엔지니어링	14
3	사회경제적관점에서의 서울시 자치구 및 집계구 자연재해취약성 평가	한국방재학회 논문집	2012	박윤경	부경대학교	13

(3) 재해취약성분석 소프트웨어 개발

(가) 연도별 추이

- 해외 논문은 2003년 1건이 발표되기 시작했고 2014년 9건까지 증가하여 2016년 기준 총 46건이 발표됨
 - 1990년대에는 발표된 논문이 없었으며 2000년대 후반부터 관련 논문이 증가함
- 국내 논문은 2008년 1건이 발표되기 시작했고 2011년 이후 3건까지 증가하여 2016년 기준 총 13건이 발표됨
 - 2000년대 후반부터 논문이 발표되기 시작했으나 연간 최대 3건 발표되며 아직까지는 연구가 미미하게 이루어지고 있는 추세임



<그림 2-35> 재해취약성분석 소프트웨어 개발 연도별 논문 추이

(나) 주요 피인용 현황

- 해외 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 46회 인용된 것으로 나타남
 - Iovine(2003)은 이탈리아 남부에서 발생한 토사재해에 대해 GIS를 기반으로 하는 SCIDDICA S3-hexa 모델을 활용하여 재해 취약성 및 민감성을 분석하여 모델프로그램의 적용가능성을 제시함

〈표 2-39〉 해외논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	Debris-flow susceptibility assessment through cellular automata modeling: An example from 15-16 December 1999 disaster at Cervinara and San Martino Valle Caudina	Natural Hazards and Earth System Science	2003	Iovine, G.	CNR-IRPI (Italy)	46
2	An integrated expert system for fast disaster assessment	Computers and Operations Research	2014	Kou, G.	University of Electronic Science and Technology of China (China)	15
3	Probability assessment of flood and sediment disasters in Japan using the total runoff-integrating pathways model	International Journal of Disaster Risk Reduction	2013	Mouri, G.	The University of Tokyo (Japan)	14
4	An assessment of activity-based modeling and simulation for applications in operational studies, disaster preparedness, and homeland security	Transportation Letters	2009	Henson, K.M.	Los Alamos National Laboratory (USA)	12
5	An integrated indicator framework for spatial assessment of industrial and social vulnerability to indirect disaster losses	Natural Hazards	2013	Khazai, B.	Karlsruhe Institute of Technology (Germany)	11

- 국내 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 13회 인용된 것으로 나타남
- 김태훈(2008)은 자연재해 피해현황을 광역적 무선통신을 통해 제공하는 웹GIS 시스템을 개발하여 재해취약성 분석에 활용할 수 있는 방안을 제시함

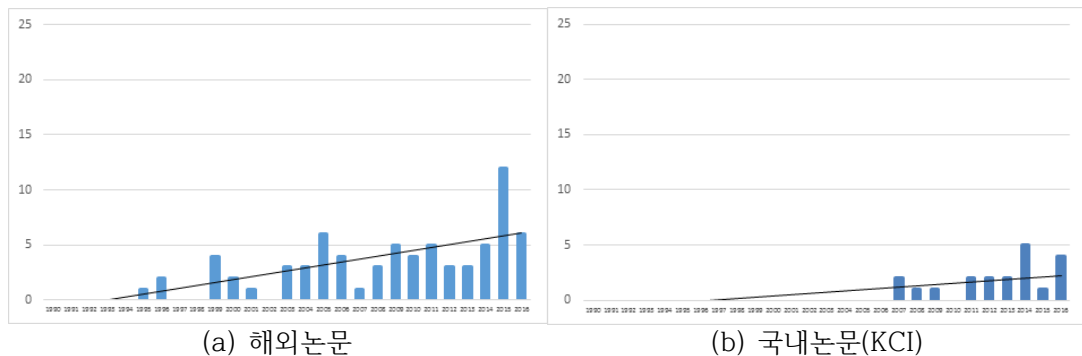
〈표 2-40〉 국내논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	웹GIS를 이용한 실시간 자연재해 피해정보 관리시스템 개발에 관한 연구	한국공간정보시스템학회논문지	2008	김태훈	인하대학교	13
2	빈도비 모델과 GIS을 이용한 침수 취약 지역 예측 기법 개발 및 검증	한국지리정보학회지	2012	이명진	한국환경정책평가연구원	9
3	고해상도 공간영상을 이용한 자연재해 피해조사시스템 설계 및 구현	한국공간정보시스템학회논문지	2010	김태훈	인하대학교	9

(4) 도시공간 방재정보 관리체계 개발

(가) 연도별 추이

- 해외 논문은 1995년 1건이 발표되기 시작했고 2015년 12건까지 증가하여 2016년 기준 총 73건이 발표됨
 - 1990년대부터 꾸준히 발표되고 있으며 점차 증가하고 있는 추세임
- 국내 논문은 2007년 2건이 발표되기 시작했고 2014년 5건까지 증가하여 2016년 기준 총 20건이 발표됨
 - 2000년대 후반부터 논문이 발표되기 시작하여 증가하고 있으나 아직까지는 연구가 미미하게 이루어지고 있는 추세임



〈그림 2-36〉 도시공간 방재정보 관리체계 연도별 논문 추이

(나) 주요 피인용 현황

- 해외 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 97회 인용된 것으로 나타남
 - Klien(2006)은 재해 관리에서 정확한 정보를 획득하는 것과 정보를 제공하는 웹 서비스의 중요함을 밝히며, 서비스의 구현에서 발생하는 문제점을 극복하기 위한 온톨로지 기반의 프로그램 개발 방안을 제시함

〈표 2-41〉 해외논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	Ontology-based discovery of geographic information services - An application in disaster management	Computers, Environment and Urban Systems	2006	Klien, E.	University of Muenster (Germany)	97
2	An earthquake disaster management mechanism based on risk assessment information for the tourism industry-a case study from the island of Taiwan	Tourism Management	2010	Tsai, C.-H.	Taiwan Hospitality & Tourism College (Taiwan)	56
3	Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation	Geomatica	2010	Poser, K.	Water Insight (Netherlands)	51
4	An information management system for the emergency management of hurricane disasters	International Journal of Risk Assessment and Management	2001	Iakovou, E.	Aristotle University of Thessaloniki (Greece)	30
5	Group value and intention to use - A study of multi-agency disaster management information systems for public safety	Decision Support Systems	2011	Lee, J.	Oklahoma State University (USA)	26

- 국내 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 4회 인용된 것으로 나타남
 - 이창열(2013)은 현재의 방재자원관리시스템 현황을 분석하고, 효과적인 방재자원의 운영을 위한 서비스 모델을 도출함

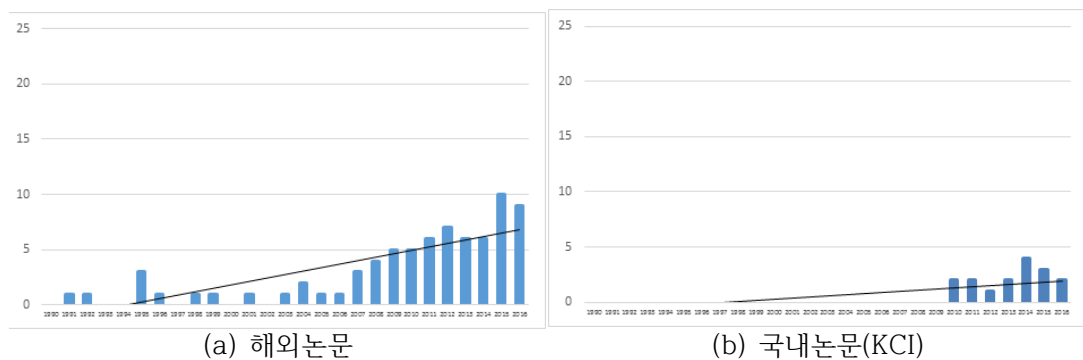
〈표 2-42〉 국내논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	방재자원 통합 서비스 체계 연구	한국방재학회 논문집	2013	이창열	동의대학교	4
2	급경사지방재를 위한 급경사지 정보 및 지하공간정보 DB 구축과 활용 방안 연구	한국지반환경 공학회 논문집	2014	이경철	부산대학교	3
3	재난현장 중심의 정보 수집 및 관리를 위한 프로토타입 시스템 설계	멀티미디어학회 논문지	2012	이중기	부경대학교	3

(5) 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술개발

(가) 연도별 추이

- 해외 논문은 1991년 1건이 발표되기 시작했고 2015년 10건까지 증가하여 2016년 기준 총 75건이 발표됨
- 1990년대 초반부터 연구가 꾸준히 이루어졌으며 점차 발표되는 논문이 증가하고 있는 추세임
- 국내 논문은 2010년 2건이 발표되기 시작했고 2014년 4건까지 증가하여 2010년 이후부터 연구되기 시작하여 매년 꾸준히 논문이 발표되고 있는 추세임



<그림 2-37> 분석의 평가, 검증, 모니터링 연도별 논문 추이

(나) 주요 피인용 현황

- 해외 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 28회 인용된 것으로 나타남
- Chen(2013)은 자연재해 대비를 위한 모니터링 시스템에서 네트워크의 효율성을 향상시키는 알고리즘을 개발하고, 재해 관리의 과정에서 효과적인 초기 대응을 위해 활용될 수 있음을 주장함

〈표 2-43〉 해외논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	Natural disaster monitoring with wireless sensor networks: A case study of data-intensive applications upon low-cost scalable systems	Mobile Networks and Applications	2013	Chen, D.	China University of Geosciences (China)	28
2	Dynamics monitoring and disaster assessment for watershed management using time-series satellite images	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	2007	Rau, J.-Y.	National Central University (Taiwan)	26
3	Information technology in real-time for monitoring and managing natural disasters	Progress in Physical Geography	1991	Alexander, D.	University of Massachusetts Amherst (USA)	20
4	Result and its analysis of ice disaster monitoring of Hunan power system	Dianli Xitong Baohu yu Kongzhi/Power System Protection and Control	2009	Lu, J.-Z.	Hunan Electric Power Test and Research Institute (China)	17
5	Atmospheric and climatic hazards: Improved monitoring and prediction for disaster mitigation	Natural Hazards	2001	Nicholls, N.	Bureau of Meteorology Research Centre (Australia)	15

- 국내 논문 중 가장 높은 피인용도를 나타낸 논문은 6회 인용된 것으로 나타남
- 유병태(2013)는 각 지방정부의 재난관리 역량 강화를 강조하며 정보관리, 계획 수립, 교육, 훈련 등을 포함하는 지표와 세부 방안을 제시함

〈표 2-44〉 국내논문 피인용 현황

구분	제목	학회지명	년도	연구자명	소속	인용수
1	재난관리 공시체계를 통한 지방자치단체 재난역량강화 방안	Crisisonomy	2013	유병태	국립재난안전연구원	6
2	지리정보시스템을 활용한 재난 피해자 관리시스템	한국지리정보학회지	2011	황현숙	부경대학교	4
3	다양한 기후요소와 지표에 대한 CMIP5 GCMs 모델 성능 평가	한국수자원학회 논문집	2014	황세운	경상대학교	4

라. 논문동향 시사점

- 재해취약성 분석 및 기후변화 대응체계에 대한 논문발표는 증가하고 있음
 - 본 연구와 관련된 재해취약성 분석 및 기후변화 대응체계에 대해 연구하여 발표된 논문은 전 세계적으로 2000년대 이후에 급격히 증가하여 활발히 연구되고 있는 추세임
 - 특히 국내의 경우, 기록적인 폭우로 우면산 산사태, 도심지 침수 등이 발생하여 극심한 피해가 있었던 2011년 이후 재해취약성과 기후변화 대응에 대한 연구가 본격적으로 시작되어 점차 증가하고 있음
- 국내 연구 수행이 특정 분야에 편중되어 있는 한계가 있음
 - 해외에서는 재해취약성 분석과 함께 기후변화에 대비한 정보관리체계, 모니터링 기술에 대한 연구가 다양하게 이루어진 반면, 국내에서는 주로 재해취약성 분석에 집중되어 연구가 이루어지고 있음
 - 분석 소프트웨어 개발, 방재정보 관리체계, 모니터링 기술에 대한 연구는 과거부터 지속적으로 연구를 수행해 온 해외에 비해 부족한 상황임
 - 기후변화에 따른 재해 발생 및 피해 증가에 효율적으로 대응하기 위해 다양한 분야에서의 연구가 요구되며, 통합적 관점에서의 연구가 요구됨
- 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계분야에서는 보다 정밀한 취약성 분석을 위해 지역별 특성이 고려된 연구가 요구됨
 - 주로 수자원, 산림 등 자원분야별로 취약성 분석지표를 위주로 연구되어 있음
 - 최근 들어 연안지역, 가뭄지역과 같은 지역특성 또는 지역별 방재역량을 고려한 연구들이 이루어졌으나 아직 연구의 수는 많지 않으며, 선행연구에서도 추후 연구로서 지역별 특성을 고려한 취약성 평가분석이 필요함을 언급함
 - 지역적 특성이 고려된 지역 상황 맞춤형의 재해취약성 분석지표 및 기술 개발이 필요함
- 다위계 취약성분석방법 설계 및 활용시나리오분야에서는 다양한 재해유형의 고려와 미래 시나리오기반의 연구가 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 많이 연구가 이루어졌으나, 국내의 주요 재해피해인 폭우 및 홍수에 국한되어 있으며 과거의 자료를 기반으로 한 연구가 주를 이룸
 - 기후변화의 진행에 따라 산사태, 가뭄, 폭설 등 점차 다양해지는 재해들을 고려한 재해별 취약성 분석이 요구됨
 - 또한 다수의 해외 연구와 같이 재해취약도시의 효과적인 미래 대응을 위해 과

거 피해자료 기반의 연구뿐만 아니라 도시계획 시 반영 가능한 시나리오별 분석 연구들이 요구됨

- 재해취약성분석 소프트웨어분야에서는 다양한 재해에 대하여 공간위계를 고려한 기술개발이 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 적은 연구가 이루어졌으며 해외의 연구들과 같이 공간적 자료 활용이 가능한 GIS 기반의 연구들이 이루어 짐
 - 웹 GIS 시스템, GIS 중첩분석 등을 활용하여 재해취약성을 분석하기 위한 다수의 연구가 이루어졌으나, 다양한 공간적 범위에서의 기후변화 대응체계 구축을 위해 공간자료의 단순 활용뿐만 아니라 공간위계가 고려된 소프트웨어 개발로의 발전이 필요함
- 도시공간 방재정보 관리체계분야에서는 다양한 재해에 대한 방재 DB를 구축·관리하는 시스템과 함께 사용자의 실시간 활용이 가능한 기술개발이 요구됨
 - 과거 홍수 피해가 재해피해의 주를 이루었으나, 최근 산사태, 가뭄, 폭설 등 재해피해의 종류가 다양해짐에 따라 관련 선행연구들에서도 각 재해별 방재 DB 구축의 필요성을 언급하고 있음
 - 또한 재난 현장에서 방재정보의 실시간 활용을 위해 스마트폰 기반의 애플리케이션 등을 개발하는 연구가 진행됨
 - 최근의 추세에 따라 다양한 종류의 재해관련 정보관리 및 정보제공을 위한 사용자 중심의 기술개발이 요구됨
- 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술분야에서는 효과적인 미래 대응을 위해 재해취약성 분석의 다각적 평가가 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 최근에 연구가 진행되기 시작한 분야로 다수의 선행연구들은 기후변화에 대응하여 다양한 제도와 교육 등을 통한 지역사회 참여가 중요하며 각종 평가지표를 통한 분석결과의 평가가 선행되어야 함을 시사함
 - 현재까지는 재해에 대한 평가, 검증과 관련하여 사전재해영향성검토, 재난안전교육 등 기후변화 대응을 위한 정책에 대한 평가를 주로 하였으나, 도시계획적 측면에서 대응능력을 향상시키기 위해 재해취약성 분석의 평가와 검증이 요구됨

2. 유사과제분석

가. 기후변화 취약성분석 유사 연구

(1) 분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계 지표

- Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach, Moss et al.(2001),
 - 국가별 기후변화 취약성을 비교 분석하기 위해 취약성을 생물·물리적인 민감도와 사회·경제적인 적응역량의 함수로 정의하고 취약성-탄력성 지표 원형모형을 평가 방법으로 사용함
- The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation, Brooks et al.(2005)
 - 국가별 취약성 분석을 위해 취약성 대리변수 도출, 주요 평가 지표를 선정, 지표에 가중치를 두어 취약성을 평가함
- 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안, 한국환경정책평가연구원(2008)
 - 우리나라 지역별 취약성 평가를 위해 IPCC(2001)의 기후변화 취약성의 개념이 적용될 수 있도록 조정
- 도시의 기후변화 재해취약성분석 발전방안 연구, 국토연구원(2013)
 - 기후노출 및 도시민감도 지표개선
 - 재해 취약성을 등급화하여 취약등급별 맞춤형 재해저감대책 마련

(2) 다위계 취약성분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발

- Social Vulnerability to Environmental Hazards, Cutter et al.(2003)
 - 미국 전역을 대상으로 GIS를 활용하여 환경적 위험에 대한 취약성을 지도로 도출
- Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia, Yusuf et al.(2009)
 - 서남아시아 지역 일부 국가를 대상으로 기후변화 취약성을 공간적으로 표현
- 북한의 자연재해취약지 추정 및 남북협력 방안 연구, 환경정책평가연구원(2008)
 - 북한 지역을 대상으로 홍수 취약지를 추정하기 위해 공간적으로 분석하여 취약지를 추정하는 모델을 개발하고 지도로 제시
- 서울시 지역안전도 평가 모형 개발연구, 서울시정개발연구원(2006)
 - 지역안전도 개념정립 및 평가모형 개발을 위한 평가인자와 평가방법 검토
 - 서울시 위험지역 및 취약지역 파악 및 예방을 위한 정책제시
- 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구, 환

경정책평가연구원,(2009-2010)

- 주요 사회기반시설의 기후변화 사상의 노출정도 파악
- 사회기반시설의 기후변화 취약성 평가 및 위험도 진단
- 기후변화 적응역량 강화를 위한 대응방안 도출
- 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구 (Ⅰ),(Ⅱ), 국토연구원 (2009~2010)
 - 기후변화 재해 통합대응 도시 관련 계획제도 현황 및 문제점 고찰
 - 기후변화 재해 통합대응 도시구축을 위한 제도개선 방안
- SMARTeST Project, 유럽연합(EU)
 - 유럽연합(EU)의 지원으로 영국 BRE에서 개발한 리질리언스 기술로서 홍수피해를 방어하기 위한 포괄적인 시스템을 설계
 - 홍수 탄력 대책 구현과 위험요소를 감소시키고 이를 지원 및 개선하는 전체적인 목표를 가지고 있음
 - 다양한 이해 관계자들의 파트너십을 통해 홍수 위험관리 정책과 홍수피해를 저감하는 과학적인 방법론과 기술을 개발
- 기후변화 대응형 도시 빗물관리시스템 연구, 세명대학교 (2011-2014)
 - 일반강우에 대해서는 도시의 기후를 개선하고자 기후 개선형 빗물 기후관리 시스템 개발
- 시설물 피해저감을 위한 실증실험 및 중장기 전략 수립, 국민안전처(2014)
 - 도시지역 내수침수 시설물 실측실험 및 분석기법개발을 통해 가이드라인 수립
 - 소하천 구조물 치수 안전성 평가를 위한 실물실험, 구조물 기준개선근거 마련 및 피해저감기술 및 매뉴얼(안)개발
 - 생활밀착형 재난안전대책 실험 및 홍보 콘텐츠 제작
 - 재난 유형별 실증실험 사례연구 및 수요조사
 - 실증실험 중심 중장기 연구과제 발굴 및 마스터 플랜 수립
 - 실험동 체험시설 운영 및 홍보, 교육효과 증대방안 마련
- 복합적 미래예측방법론 분석을 통한 미래재난예측기법 개발, 안전행정부(2013)
 - 미래재난 예측을 위한 환경스캐닝 기법 분석
 - 텍스트/데이터 마이닝 기법 분석
 - 메가트렌드/시나리오/텔파이 기법 분석
 - 정성적, 정략적 분석을 위한 미래 비저닝 워크숍
 - 소설, 공상과학, 예술작품 등에 나타난 미래 이미지 조사

- 세대분석
- 다양한 방법론의 상호연관성 분석을 예측방법론 도출
- 미래재난 메가트렌드 및 핵심 추동력 도출
- 풍수해 직접,간접 피해를 고려한 피해 산정 및 예측 기술개발/재해통계 기반 피해예측 기술개발, 국민안전처(2015)
 - 국가재해정보 기본통계 구축
 - 재해통계 기반 피해예측 기술개발
 - 한국형 재난손실·손상 추정함수 개발
 - 풍수해 피해예측지도 작성 기술개발 및 지도 작성
 - 피해예측 정보 평가기술 개발
- 기후변화에 따른 풍수해 대응 지역별 방재역량 강화연구개발, 국민안전처(2013)
 - 기후변화를 고려한 풍수해 영향평가 결과의 비교분석
 - 국외의 주요 기후변화 연구소의 기후자료 수집 및 극치분석
 - 사회경제적 취약성 요인 분석
 - 기후변화 문제에 대한 복원탄력성 개념의 접근 방법론 설정 및 분석
 - 시설물 방재기준 관련 국내외 문헌연구 및 사례분석을 통한 문제점 도출
 - 최신 기후변화 시나리오 수집 및 분석
 - 기후변화 시나리오 검토 및 분석을 위한 프로그램 개발
 - 지역별 과거 재해이력조사 및 데이터 정리
 - 풍수해 대응 지역별 방재역량 검토 및 분석
 - 시설별·지역별 방재기준 개선안 제시
 - 다변량 기반 복합재해 하중도 개발
 - 건축물 유형 분류 및 중요도 분석
 - 복합재해 영향 시나리오의 선행연구 검토
 - 데이터별 태풍동반 강우 평가모형 및 폭풍설 영향 평가기술 개발
 - 복원탄력성 주요 평가요소 도출 및 영향평가
 - 지역적 특성을 고려한 복원탄력성 지수개발 및 적용성 검토
 - 기후변화 시나리오를 고려한 지역 방재역량 검토 및 분야별 연구결과 검증에 위한 시범 사업지역 선정
 - 최신 시나리오와 앙상블 분석을 통한 극치분석 수행 및 미래 목표기간별 강우, 강풍, 강설의 기본 하중도 개발
 - 극치분석 및 통계학적 기법을 통한 복합재해하중도 개발
 - 기후변화를 고려한 강우-강풍, 강풍-강설 등 복합재해 하중도 개발을 통한 지

역별 하중도 선정

- 지역별 건축물 방재기준 분석
- 지역별 건축물 방재역량 검토
- 시범사업지역을 대상으로 복합재해 영향 시나리오 분석
- 연차별 모니터링을 통한 시나리오 검토 및 수정
- 시범사업지역을 대상으로 복원탄력성 지수 적용 및 검토
- 미래 목표기간별 및 지역별 복합재해 위험도를 바탕으로 한 방재대책 수립
- 재해특성 및 지역특성의 범주화를 통한 다양한 방재대책 수립방안 제시
- 시범사업지역을 대상으로 개발한 복합재해 하중도의 정확성 검토 및 복합재해 하중도 수정
- 미래목표기간별 기본 및 복합재해 하중도를 이용한 시설물, 건축물 방재기준 개선안 도출

(3) 취약성분석 표준 프로그램 개발

- 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발, 국립방재연구원 (2011)
 - 홍수피해저감지수 산정을 위한 자료 수집 및 DB구축
 - 시군구 및 행정동 분석단위의 축소로 광역적·지역적 관점에서의 취약성 평가
 - 주민대상의 설문조사 결과를 반영하여 현실성 고려
 - 웹기반의 홍수피해저감지수 분석 시스템 개발
- 자연재해예측및저감연구개발사업 관리, 국민안전처(2015)
 - 자연재해 위험평가 및 피해예측 기술개발
 - 자연재해 피해 저감을 위한 사전적 예방 기술개발
 - 자연재해 재난관리 및 방재역량 고도화 기술개발
 - 일상생활 복귀를 위한 재난극복 지원기술 개발
 - 글로벌 자연재해 대응 협력체계 구축
 - 사회문제해결형 다부처공동기획사업(재난안심서비스)
- 침수재해 경감 표준 모델 개발 및 관리기술 고도화/침수예상도 작성을 위한 다차원 표준모델 개발, 국민안전처(2015)
 - 재해지도표준모델 개발
 - 침수피해 경감 표준모델 개발
 - 재해지도 통합 활용체계 고도화 및 침수피해 관리체계 고도화
- 풍수해 피해예측지도 작성기술 개발 및 지도작성, 국민안전처(2015)

- 피해예측지도 공간정보 표준 데이터모델 기존기술 및 적용사례 분석
- GIS 기반 공간분석을 위한 DB 항목 도출
- 기존 호우피해 예측지도 관련 연구성과 구축 및 분석
- 바람(강풍)피해 예측지도 작성기술 조사 및 분석
- 표준화 연계전략 수립
- GIS 기반 토석류 위험지역 분석 기법 제시
- 호우피해예측지도 작성(경기/강원/충청)
- 피해 예측지도 공간정보 표준 데이터 모델 설계
- 위험지역 추정 시각화 도구 개발
- 호우피해 예측지도 작성(경상/전라/제주)
- 바람(강풍)피해 예측지도 작성기술 설계 및 도구 개발
- 피해 예측지도 공간정보 표준 데이터 모델 개발
- 풍수해 피해예측지도 작성 표준 제시
- 호우피해 위험인자 DB 구축 (경기/강원/충청)
- 바람(강풍)피해 예측지도 프로토타입 작성
- 피해 예측지도 공간정보 표준 데이터 모델 테스트 베드 선정 및 시범 적용
- 풍수해 피해 예측지도 작성 표준 지침 작성
- 호우피해 위험인자 DB 구축 (경상/전라/제주)
- 바람(강풍)피해 예측지도 현장실증 및 검증
- 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발, 국토교통부(2014)
 - 폭우재해 분석 및 계획 시스템 개발
 - 기후변화 폭우재해적응 도시설계기술개발
 - 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 구축 및 실증
- 도시 기후·환경 변화를 고려한 풍해 위험도 평가 기법 및 내풍 방재기술 개발, 소방방재청(2013)
 - 도시 기후·환경 변화를 고려한 풍해 분석 모형 개발 방안 설정
 - 도시 기후·환경 변화를 고려한 태풍·돌풍 위험도 평가 모형 개발
 - 도시 내풍 방재지표 설정 및 내풍 방재도시 구축 지침 개발
- 도시 풍해 위험도 평가 IT 기반 시스템 개발, 소방방재청(2013)
 - 도시 환경변화 분석 모형 연구
 - 도시 풍환경 분석 모형 개발 방안 연구
 - 도시 풍해 위험도 평가 전산 모형 개발 방안 연구

- 도시 풍환경 평가 모형 개발
- 기후 변화를 고려한 태풍 및 돌풍 풍해 위험도 평가 전산 모형 개발
- 시범 도시 방재를 위한 풍해 위험도 평가 IT 기반 시스템 개발
- GIS 및 WEB 기반 기후변화 취약성 파악 및 분석기법 개발, 환경부 (2010)
 - 시군구별, 분야별 기후변화 취약성 지표 특성 분석 연구
 - 전문가용 GIS 기반 기후변화 취약성 분석 도구 개발 및 보완 개선
 - 지자체 기후변화 담당자에 결과 배포 및 교육 실시
 - WEB 기반 기후변화 취약성 분석 기법 개발 및 서비스

(4) 도시공간 방재정보 관리체계 개발

- 분산형 시뮬레이션 기반 시설물 재난 대응 및 관리시스템 구축, 국토교통부 (2012-2015)
 - 기BIM모델 기반 재난 시뮬레이션 시각화 기술 활용체계 구축
 - 기오픈 아키텍처 기반 분산형 재난 시뮬레이션 플랫폼 구축
- Web기반 방재 플랫폼 및 활용서비스 모델 개발, 안전행정부(2013)
 - 재난안전 공간/속성자료의 GIS DB 구축
 - 재난안전 공간/속성자료의 방재GIS 웹플랫폼 탑재
 - 방재GIS 플랫폼 웹서비스를 위한 재난안전정보(주제도)의 자동 GIS DB화 및 플랫폼 탑재 모듈 개발
 - 방재GIS 웹플랫폼기반 재난안전정보 서비스 모델 개발
 - 방재GIS 웹플랫폼기반 재난안전정보 활용 콘텐츠(맵매거진) 구축
- Risk Map 기반 수변구조물 통합플랫폼 구축기술 개발, 국토교통부(2013)
 - 다중시나리오 기반 Risk Map 통합엔진 개발
 - 중요도 기반 인벤토리 구축기술 개발
 - Risk Map 통합플랫폼 시스템 구축기술 개발
 - 수변구조물 Risk 표출 및 확산 시스템 개발
- 미래재난예측분석시스템 프로토타입 개발, 안전행정부(2013)
 - 자연재해, 인적재난, 사회적 재난과 관련된 비정형 데이터, 기술자료, 논문 등의 자료 수집 가능한 도메인과 서버간의 연계방식 설계
 - 도출된 대상 자료와 논문 DB 리스트를 중심으로 각 분야에 해당되는 정보를 추출할 수 있는 데이터 소스를 가공 방법
 - 수학적 알고리즘이나 빈도수 등을 활용하여 자연 언어 처리 및 필요한 키워드

를 추출

- 최종 키워드들의 우선순위 도출 및 주요 키워드의 색인화, 상관관계 분석을 통한 카테고리 분류 및 영문 키워드 도출
 - 플랫폼 시스템화 방안 수립(자동화 중심)
 - 미래재난 예측 정보의 제공을 위한 웹 플랫폼의 아키텍처 구성 및 설문조사 응답(텔파이) 자동화 구축 방안
 - 사용자 설정 및 출력기능 등 사용자 GUI 구축
 - 사용자 매뉴얼 제작
- 부분별 기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형 개발, 환경부 (2014)
- 부문별 주요 영향요인의 선정 및 개선을 통한 평가모형 모듈화
 - 정책이슈 해결을 위한 부문간 영향 및 취약성 평가모형 개발
 - 정량화·정책연계 중심의 리스크 기반 평가방법 개발

(5) 분석결과의 평가, 검증, 모니터링 기술개발

- 재해통계 기반 피해예측 기술개발, 국민안전처(2015)
- 풍수해 예측결과 신뢰도 평가기법 개발
 - 인공위성기반 풍수해피해예측 평가기법 개발
 - 재해예방사업 경제성 평가모델 개발
 - 방재예산 투자우선순위 결정방법 개발
 - 호우피해 예측 영향요인 적용기법 개발

(6) 기후변화 재해취약성 분석방법

(가) 모델링 기반 기후변화 시나리오 활용

- 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축(Ⅲ): 한화진 외(2007)
- 기후변화 시나리오를 활용한 모델링 분석을 통해 산림부문과 농업부문의 기후변화 취약성 평가
 - 기후변화 시나리오는 GCM(전지구기후모델)에 온실가스 배출 시나리오인 A1B와 A2 시나리오를 접목하고, 이를 한반도 단위로 다운스케일링(Down-Scaling)하여 생성
 - 기후변화 취약성 평가는 부문별로 취약성 지표 선정
 - 기후변화 시나리오에 따른 지표의 변화를 모델링 및 기법을 활용하여 예측한 후에 기후변화에 따른 부문별 취약성 평가

- 국가 표준 기후변화 시나리오 활용방안 연구: 심우배 외(2010)
 - 기상청에서 구축한 국가 기후변화 시나리오를 수문모델에 적용하여 연안지역 (부산시 수영구 일대)의 2100년 해수면 상승과 강수량 변화에 따른 홍수위를 모델링하고, 침수예상지역을 분석
 - 침수예상지역 분석을 위해 GIS를 활용하여 사례지역의 지형 및 경사, 수계망 등을 분석하고 사례지역의 과거 장기간 조위자료, 2100년까지 예측된 해양 기압 및 표면온도 등을 입력변수로 하여 해양 수치모델링 분석을 통해 해수면 상승을 예측하고 침수예상지역을 분석
 - 먼저, 해양수치모델 중에서 가장 적합하다고 판단된 ROMS(Regional Ocean Modeling System) 모델을 활용하여 해수면 상승을 예측하고, 다음과 같은 4가지 방법을 이용하여 해수면 상승만의 영향을 고려한 미래 연안 침수지역을 예측
- 독일 환경청: 기후변화에 따른 취약성 평가 및 적용방법
 - 2005년 독일 환경청에서 발표한 취약성 평가는 현재와 미래의 상황에 따른 분류를 하고 있음
 - 미래뿐 아니라 현재에도 대처방안(단기방안)이 필요한 경우(홍수방재 등)와 미래 기후변화에 따라 취약하다고 판단되어 향후 기후변화대응 능력을 장기적으로 향상이 필요한 경우로 나누고 있음
 - 각 상황에 따라 간단하게 적음-보통-높음으로 표시하여 선정하였으며 일반적인 취약성평가와는 다르게 상기 상황에 대한 전문가 설문과 워크숍을 진행하여 결과의 타당성을 높임
 - 독일 환경청에서 제시한 취약성 평가를 위한 분석 틀의 경우 다양한 방법을 제시

〈표 2-45〉 취약성 평가를 위한 분석 틀

범위	분석 틀
농촌지역	ROTHC, IMAGE
산림지역	GOTILWA+, EFISCEN
탄소저장 (CCS) ¹⁸⁾	LPj
수자원	Mac-pdm
자연보호	BIOMOD
산림생태계	RHEssys

자료: 독일 환경청.

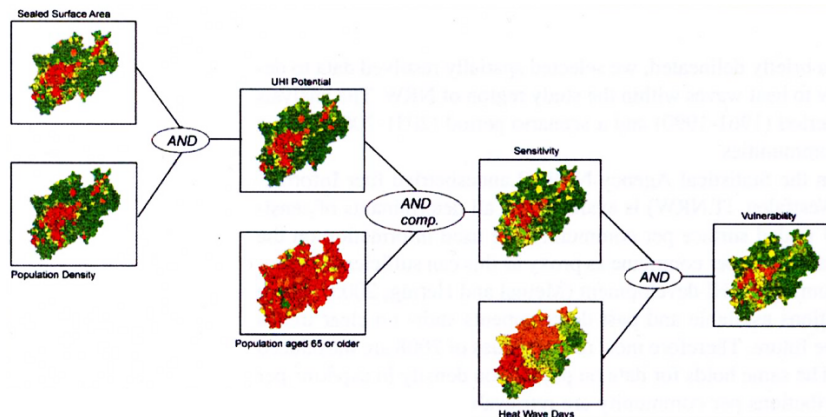
18) Carbon Dioxide Capture and Storage

(나) 지표 활용 사례

- 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안 연구: 유가영 외(2008)
 - 우리나라 실정에 맞는 기후변화 취약성 평가지표를 개발하고, 이를 활용하여 우리나라 16개 광역자치체의 기후변화 취약성을 비교·분석
 - 취약성의 개념적 틀은 IPCC(2001)에서 제시한 기후에 대한 노출, 시스템의 민감도 정도, 시스템이 대응할 수 있는 적응능력으로 구성하고, 구성요소별로 세부요소를 도출
 - 기후노출 부문은 호우, 가뭄, 열파의 세 가지 세부요소, 민감도 부문은 인간정주/기반시설, 생태계, 농업, 보건/복지의 네 가지 세부요소, 적응능력 부문은 크게 경제적 능력, 거버넌스, 인력자원/교육, 환경용량, 산업구조의 다섯 가지 세부요소로 구성
 - 이를 기반으로 우리나라에 맞는 세부요소별 33개 대리변수들을 선정하였으며, 이때 분야별 전문가들과의 면담을 통해 적합한 자료에 대한 의견을 수렴하고 통계자료의 가용성에 대한 정보를 획득

- GIS 기반 기후변화 적응 도구: 국립환경과학원(2010)
 - 기후변화 적응정책 수립 시 필요한 기후변화 영향평가 및 취약성 분석을 수행할 수 있는 기후변화 적응 도구를 개발
 - 이를 통해 기후·대기환경 정보 및 사회·경제·지리정보 등을 통합하여, 관련 중앙부처 및 지방자치단체에서 기후변화영향 및 취약성을 손쉽게 분석할 수 있음
 - 분석이 가능한 분야는 영국 UKCIP(UK Climate Impacts Program) 분류체계에 따른 16개 부문이며, 시·군·구 단위로 분석할 수 있을 뿐만 아니라 GIS와 연계하여 각종 정보와 취약성 평가결과를 도출할 수 있음
 - 16개 부문은 농업·축산, 원예·임업, 수문·수자원·수질, 산업, 보건·건강, 생태계, 대기질, 수산업, 관광/레저, 해양생태, 재해, 교통·통신, 에너지, 건설·토목·건축, 교육, 거버넌스·공공부문임
 - 개발된 적응 도구에 탑재된 기후·대기환경 정보는 국립환경과학원에서 수행한 IPCC 시나리오별 2020년, 2050년, 2100년의 미래 전망자료가 포함되어 있으며, 현재 사회·경제·지리 각종 통계 자료가 시·군·구 단위로 탑재되어 있음

- 퍼지(Fuzzy)이론을 활용한 취약성 평가: T. Lissner, et al.(2011)
 - 독일의 포츠담기후변화연구소(Potsdam Institute for Climate Impact Research, PIK)에서는 노르트라인-베스트팔렌(NRW) 주의 396개 지자체에 대해 폭염 취약성 평가
 - 열파에 대한 기후변화 취약성을 평가하기 위해 IPCC의 취약성 개념 틀을 따르면서 적응능력은 배제하고 민감도와 노출을 주요인자로 하는 종관모형(synoptic model)을 개발
 - 이는 퍼지논리를 이용한 의사결정트리(decision tree)로 구성되어 있으며, 이를 통해 파라미터 간 상호관계를 분석



〈그림 2-38〉 퍼지논리를 이용한 의사결정트리

자료: T. Lissner, et al. 2011.

- 열파에 의해 부정적으로 영향을 받은 지역의 민감도는 65세 이상 인구의 비율과 도시열섬의 잠재적 강도로 설명될 수 있으며, 도시열섬의 잠재적 강도는 불투수 면적과 인구밀도 등과 같은 요소로 대처가능

(다) 브레인스토밍 활용 사례(기후변화 시나리오 활용)

- 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구: 명수정 외(2009)
 - 우리나라의 19개 사회기반시설에 대해 기후변화 시나리오를 바탕으로 관련 전문가 설문조사를 실시하여 기후변화 취약성을 평가
 - 기후변화 전망은 국립기상연구소에서 제공하는 A1B 기후 시나리오를 바탕으로 평균기온 상승, 태풍, 홍수, 가뭄, 폭한, 폭서 등 개별 기후사상에 대해 분석
 - 주요 사회기반시설별 기후변화 노출 정도는 기후 시나리오에서 제공하는 변수

로부터 추출할 수 있는 각 기후사상에 대해 GIS 레이어를 구축하여 기반시설과의 중첩분석을 통해 분석

- 호주 빅토리아주 기반시설 기후변화 취약성 평가: CSIRO et al.(2007)
 - 호주 연방과학원(CSIRO, 2007)은 빅토리아주를 대상으로 기반시설의 위험도를 평가하고, 보다 집중적으로 검토할 필요성이 있는 기반시설의 우선순위를 결정
 - 기반시설별로 기반시설 서비스(기반시설 자체 및 그 기능), 사회 쾌적성(건강 및 공공의 반응), 거버넌스, 재정(유지 및 수리비용)에 대한 기후변화 영향을 분석
 - 2030년과 2070년의 2가지 기후변화 전망(low, high)을 통해 확인된 기후변화 변수에 대한 최악의 시나리오를 예측
 - 이를 토대로 기반시설 서비스, 사회 쾌적성, 거버넌스, 재정에 대한 기후변화 피해와 발생 가능성의 평가점수를 조합하여 위험의 정도(매우 높음, 높음, 중간, 낮음)를 파악하며, 위험 평가 매트릭스를 통해 위험 정도를 평가

나. 연구동향 분석 결과 시사점

- 재해취약성 분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계를 위한 통합적 연구 필요
 - 취약성 분석을 위한 지표설정과 표준화에 있어 최근 동향은 재해에 국한되지 않고 사회, 경제적 지표를 추가하는 등 다양한 연구가 수행되었음
 - 지표 중심의 평가를 넘어서 취약성을 공간적으로 분석하는 것으로 격자단위부터 유역별, 집계구, 행정동, 지자체 단위의 분석들이 진행되었음
 - 격자단위 분석의 경우 집계구 단위 인구분포 및 시설의 밀집도를 평균하여 일반화하는 것보다 시설의 위치에 기반한 밀집면적 분석과 하천 등 위험지역의 인접도에 따라 정밀한 분석 결과를 도출하는 연구가 진행됨¹⁹⁾
 - 아울러 재해취약성 분석에 제시되는 지표들을 통한 분석에 활용되는 데이터들은 일시적인 것이 아니라 시계열적, 공간적으로 확장되어 지속적으로 활용되도록 표준화가 요구됨
 - 재해유형별 지표들이 적용될 필요가 있으며, 지역적 특성, 변수에 대한 데이터 구축 유무 등을 고려하여 대리변수들이 고려되어야 함
 - 도시계획을 고려한 취약성 평가가 아닌 단순 평가지표를 추가함으로써 결과해석의 어려움이 발생하고 결과적으로 도시계획에 적용하지 못함
 - 기존 연구들은 구조적 대책 및 대안에 대한 종합적인 효과의 정량적인 평가기

19) 홍재주 외 3명, 2015, 「격자단위 분석기법을 적용한 도시 기후변화 재해취약성 분석」, 한국공간정보학회지

준이 없으며 잠재적인 미래 기후변화에 대한 재해취약성을 분석하여 반영하는
기준 연구가 필요함

- 다위계 재해취약성 분석방법 설계 및 활용 시나리오 개발을 위한 연구가 요구됨
 - 취약성분석을 통해 공간적으로 취약지역을 분석하는 모델에 관한 다수의 연구가 진행되었으며 대부분의 연구는 하나의 공간 단위를 설정하여 취약성을 분석하는 방법으로 연구가 수행됨
 - 분석기법의 활용을 위한 가이드라인 제작, 지도작성, 모델 및 함수 개발 등 다양한 연구가 수행되었으며 결과 활용을 위한 제도의 현황과 문제점, 제도개선 방안에 대한 연구가 수행됨
 - 기후변화 시나리오 및 가상 태풍 시나리오 등에 따른 연구는 각 시나리오에 따른 데이터베이스에 바탕을 두고 있는데, 실질적인 예측에 활용하기는 한계가 있으나 침수범람지역을 산출하고 정밀한 재해정보지도를 제작하는데 의미가 있음
 - 주요 선진국의 경우 재해시나리오별 대책을 수립하고 있으나 국내의 경우 이러한 예측체계가 체계적이지 못하므로 보다 적극적인 제도적, 기술적 보완이 필요함
 - 기존의 연구들은 한 가지 공간범의에 의한 시나리오를 분석하는데 국한되어 있음. 시나리오별 정확한 예측을 위해서는 공간 범위 및 스케일 설정이 중요하므로 공간 범위 설정과 공간 스케일에 따라 취약성을 분석하는 연구가 필요함
 - 기후변화 시나리오 분석 및 재해 평가 모형개발이 수행되고 시설물과 건축물의 방재기준을 제시하는 연구가 수행되었으나, 도시계획에 활용을 기반으로 연구를 수행하지 않아 도시계획에 적용의 어려움이 있음. 따라서 재해 예방형 도시계획에 기반한 재해취약성 분석이 필요하며, 계획의 변경을 반영하여 단기적으로 취약성분석을 수행할 수 있는 연구가 필요함
 - 기존의 연구들은 기후변화에 의한 재해 취약성을 분석하고, 이를 저감하기 위한 대응방안을 선정한 것에 의의가 있음. 그러나 1차적인 피해에 국한되어 있으며, 연속적·복합적인 재해로 인해 2,3차 재해피해가 미치는 영향을 고려하지 않고 있으며, 특히 기후변화에 의한 재해취약성을 분석하고 도시계획적으로 개선하기 위한 구체적인 대안이 제시되지 않고 있음
- 재해취약성분석 표준 프로그램 개발 필요
 - GIS를 이용한 취약성 분석 및 분석 자동화 방법을 다양하게 시도하였으며, 현재와 미래 기후 시나리오 등 시계열적인 접근과 도시 재해 범위에 따른 분석대상 선정에 대한 다양한 연구가 필요함

- 기존의 연구에서는 사용자별 부분적인 DB 추가/삭제/수정 시스템을 마련하여 대응정책방안 수립 등에 활용할 수 있으나 시스템의 주 역할이 데이터 표출에 국한되어있어 활용성이 낮음
- 웹기반의 피해저감 분석 시스템 개발 및 피해예측 기술개발, 위험지역 분석 기법, 피해분석 및 계획 시스템 개발 등 다양한 시스템 개발이 수행되었으나, 각자의 연구 목적에 부합하는 시스템 개발만이 수행되고, 범용적으로 사용되는 시스템 개발은 수행되지 않음
- 도시공간방재정보 관리체계 개발
 - 플랫폼 구축을 위한 인벤토리 구축기술, 시스템 구축기술 등 플랫폼 구축을 위한 시스템 관련 연구가 수행됨
 - 플랫폼 개발 연구과제들은 주로 홍수피해 등과 같이 폭우와 관련된 취약성 평가를 위한 연구들로 취약성 지표 선정 및 취약성 분석, 제도 개선, 정보를 공유하는 웹 플랫폼 등의 성과물을 보였음
 - 분석과 관련된 정보, 결과뿐만이 아니라 재해와 관련된 타 분야에 관한 자료의 수집을 위한 플랫폼 지원연구는 수행되지 않음
 - 세부적인 재해관리 뿐만 아니라 포괄적인 취약성 분석에 대해 통합 관리할 수 있는 시스템 개발과 재해취약성 분석 및 활용 시나리오의 필요성이 요구됨
 - 정보를 제공하는 것에 머무르는 것이 아니라 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위한 지속적 성장형 플랫폼 개발이 요구됨
 - R&D로 수행된 연구과제의 경우 지속적인 현행화 작업에 어려움이 있으며 시스템이 활용되지 못하는 경우가 빈번히 발생하고 있으며 이러한 한계를 극복하기 위한 노력이 필요함
 - 기후변화, 물, 건강, 농업, 산림, 생태계 등을 종합적으로 고려한 취약성 평가모형의 개발이 수행되고 있으나 분석결과의 제공에 국한되어 있어 활용 시나리오 및 시뮬레이션 부분이 미흡. 따라서 정보의 제공뿐만 아니라 활용측면에서의 연구가 필요함
- 분석결과의 평가, 검증, 모니터링 기술개발
 - 인공위성기반의 피해예측 평가기법과 피해예측 결과에 대한 신뢰도 평가기법 등 분석결과에 대한 평가와 검증에 대한 연구가 일부 수행됨
 - 그러나 연구결과 및 분석결과에 대한 지속적인 모니터링 기술에 관한 연구는 뚜렷하게 수행된바 없음

5절. 연구개발 인프라 분석

- 기후변화 관련 취약성분석과 대응체계의 연구개발 인프라는 아직 선진국에 비해 비숙한 편임
- 민간 영역에서는 기후변화에 따른 취약성분석 및 대응체계와 관련한 연구와 제도의 필요성을 인식하고 있으나 공공의 영역으로 판단하여 관련 연구 및 개발은 공공에서 진행되고 있음
- 기후변화 관련 취약성분석 국내 연구 인프라는 다음과 같음

〈표 2-46〉 재해관련 국내 연구 인프라

전문기관	연구영역
한국과학기술 정보연구원 (KISTI)	- 글로벌 재난이슈 발굴 (Horizontal Scanning) - 재난·재해관련 데이터 분석 및 예측 - 재난·재해 대응 의사결정 지원체계 기반 구축
한국환경 정책평가 연구원 (KEI)	- 미래재난 예측 시나리오 개발 - 미래사회 변화에 기반한 기후환경 변화 전망 - 미래사회의 환경재난 이슈 및 대비 방안
한국 수자원공사 (K-Water)	- 미래재난 대비기술(탐지·분석·평가)의 현업 적용 - 미래재난 시나리오 기반 물안보 확보(Water Security) * 재난(초대형 태풍·홍수·가뭄·테러) → 물 공급 중단 → 위생(질병)·폭동·대기근(식량)·환경난민
한국과학 기술원 (KAIST)	- 사이버스페이스 상의 미래재난 대비방안 - 미래재난 관리 거버넌스 구축 방안 - 미래재난 감시를 위한 빅데이터 활용 방안 - 미래재난에 대비·대응하기 위한 과학기술(사회문화과학 포함) 적용 방안 및 발생 가능 복합 재난 도출
국토연구원 (KRIHS)	- 미래재난 대비 국토 공간 재편성방안 연구 - 메가트렌드를 고려한 국토의 미래 국토안전 전망 - 도시차원의 방재제도 및 정책
국립재난 안전연구원 (NDMI)	- 미래재난 관련 연구기능 강화 방안 - 신종 미래 복합재난 대비를 위한 정책개발 - ‘2030 미래재난 대비 종합계획 추진’ 방안

- 기후기술센터네트워크(CTCN, Climate Technology Center & Network)
 - 유엔기후변화협약 하 기술지원 분야(기술 메커니즘)의 기후기술협력사업 추진 기구로서 사무국은 덴마크 코펜하겐에 위치함
 - 개도국의 기후기술협력 수요 기반 기술지원 사업, 지식공유 사업, 국제·지역 포럼 개최 등 글로벌 협력 네트워크 증진 사업 수행
- 국내 회원기관 확대는 CTCN의 개도국 기술지원 사업(최대 25만불) 공개입찰 참여 자격이 회원기관에게만 주어진다는 측면에서 한국의 對 개도국 기후기술협력 사업 기회 선점 기반(마중물)이 확대됨
- 국내 기업, 연구기관 및 대학 등은 CTCN의 기술지원 사업 기획·추진을 통해 글로벌 경험 및 공인이력(track record) 확보와 더불어 우리 기후기술의 해외 진출 교두보를 마련

〈표 2-47〉 국내 CTCN 가입 기관

연번	기관명
1	한국에너지공단(KEA)
2	한국생산기술연구원(KITECH)
3	녹색기술센터(GTC)
4	한국환경공단(KECO)
5	한국에너지기술연구원(KIER)
6	한국화학연구원(KRICT)
7	한국전기연구원(KERI)
8	한국기계연구원(KIMM)
9	재료연구소(KIMS)
10	국가핵융합연구소(NFRI)
11	생명공학연구원(KRIBB)
12	한국표준연구원(KRISS)
13	한국지질자원연구원(KIGAM)
14	대구경북과학기술원(DGIST)
15	한국건설기술연구원(KICT)
16	한국과학기술연구원(KIST)
17	한국환경산업기술원(KEITI)
18	철도기술연구원(KRRI)
19	한국산업기술진흥원(KIAT)
20	선진 E&A
21	한국천문연구원(KASI)
22	광주과학기술원(GIST)
23	기술보증기금(KIBO)
24	한국환경정책평가연구원(KEI)
25	포항공대(POSTECH)
26	삼일회계법인
27	한국해양과학기술원

○ 국내 기후변화 관련 주요 연구인력

- 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계

연구자명	대표연구	소속	주제분야
김다은	기후변화를 고려한 수자원 분야의 취약성 분석	한양대학교	기타자연과학
채병곤	AHP 분석기법을 이용한 급경사지재해 취약성 평가표 개발	한국지질자원연구원	자원공학
최현아	시·공간정보기반 기후변화 취약성 평가	고려대학교	컴퓨터학
이동근	기후변화 적응형 도시 열환경 설계시스템 기술개발	서울대학교	기후변화적응계획
권현한	강수지표를 이용한 남·북한 강수특성 비교	전북대학교	수리수문계획

- 다위계 취약성분석방법 설계 및 활용시나리오

연구자명	대표연구	소속	주제분야
박무중	지역별 재난관리를 위한 위험인자의 공간분포 해석	한서대학교	기타공학
최정렬	토사재해를 고려한 도시 기후변화 재해 취약성방법론 설정을 위한 연구	SDM엔지니어링	기타공학
박윤경	사회경제적관점에서의 서울시 자치구 및 집계구 자연재해취약성 평가	부경대학교	기타공학
김형수	풍수해 직접-간접피해를 고려한 피해 산정 및 예측기술 개발	인하대학교	수자원 공학
김경배	기후변화로 인한 홍수위험의 사회적 취약성 평가 연구	인하대학교	도시설계, 계획
정지호	자연재해에 대한 연안 안전성 평가방안 연구	한국해양수산개발원	연안재해관리

- 재해취약성분석 표준 프로그램

연구자명	대표연구	소속	주제분야
김태훈	웹GIS를 이용한 실시간 자연재해 피해정보 관리시스템 개발에 관한 연구	인하대학교	컴퓨터학
이명진	빈도비 모델과 GIS을 이용한 침수 취약 지역 예측 기법 개발 및 검증	한국환경정책 평가연구원	기타공학
김태훈	고해상도 공간영상을 이용한 자연재해 피해조사시스템 설계 및 구현	인하대학교	컴퓨터학

- 도시공간 방재정보 관리체계

연구자명	대표연구	소속	주제분야
이창열	방재자원 통합 서비스 체계 연구	동의대학교	기타공학
이정철	급경사지방재를 위한 급경사지정보 및 지하공간정보 DB 구축과 활용 방안 연구	부산대학교	토목공학
이중기	재난현장 중심의 정보 수집 및 관리를 위한 프로토타입 시스템 설계	부경대학교	전자/정보통신 공학
박민규	RCP 시나리오에 의한 모의강수 방재분야 적용성	중원대학교	방재공학
이동우	기후변화 대응정책 수립을 위한 수해취약성 지표 개발	한양대학교 (박사)	도시환경계획
윤동근	기후변화에 따른 풍수해 대응 지역별 방재역량 강화연구개발	연세대학교	재난계획
정승현	도시개발의 환경적 누적영향 평가체계	한국건설기술 연구원	도시환경계획

- 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술

연구자명	대표연구	소속	주제분야
유병태	재난관리 공시체계를 통한 지방자치단체 재난 역량강화 방안	국립재난안전연구원	정책학일반
황현숙	지리정보시스템을 활용한 재난피해자 관리시스템	부경대학교	기타공학
황세운	다양한 기후요소와 지표에 대한 CMIP5 GCMs 모델 성능 평가	경상대학교	토목공학
김태현	기후변화 적응 공간계획을 위한 도시, 환경, 방재 간 공간정보 연계·활용방안	환경정책평가원	도시방재
장은미	지역 특성을 고려한 안전환경 조사 프레임워크 개발	(주)지인컨설팅 서울시립대학교	환경, 방재

6절. 종합분석

1. 국내외 정책동향 시사점

- 도시·군기본계획에서 방재에 관한 사항이 법률에 명시됨으로써 방재의 위상과 중요성은 높아졌으나 체계적이지 못함
 - 2011년 4월 기후변화 대응 및 에너지절약에 관한 사항 신설과 방재 및 안전에 관한 사항이 법 제19조 도시·군기본계획의 내용에 경관에 관한 사항의 일부로 포함되어 명시됨
 - 시행령 제9조에서 광역계획권의 문화·여가공간 및 방재에 관한 사항을 포함하도록 규정하고 있음
 - 광역도시계획의 방재에 관한 사항은 시행령에 제시되어 있으며, 도시·군관리계획에서는 방재에 관한 사항이 제시되어 있지 않음
- 국토교통부는 재해취약성분석 제도를 도입하여 재해예방형 도시계획 및 토지이용체계 기반을 마련하였으나 실질적 효과 미흡
 - 도시계획 수립 시 재해 취약성 분석을 수행하여 반영토록 하는 등 도시계획수립지침을 개정(' 11.12)하였으나 부문별 계획 내 방재관련 계획기준이 미흡하고, 지자체 추진 실적이 저조
 - 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로 재해 취약성 분석을 실시하도록 국토의 계획 및 이용에 관한 법률을 개정(' 15.1)하였으나, 지자체 예산확보 근거가 미흡하고 재해 취약성 분석 결과에 대한 체계적인 평가 및 검증 체계 미흡
 - 재해 취약성 분석을 체계적으로 지원하고 분석결과를 지식 자산화하여 공유할 수 있는 방안 마련이 필요하며, 재해 취약성 분석 결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위해 제도 개선 및 지원 시스템 마련이 시급
- 기존 대책성과 보완 및 분야별 연계·통합 정책 수립
 - 정부 차원에서 기후변화 관련 정책 및 제도를 구체적으로 논의 필요
 - 지속적으로 기후변화 관련 연구진행을 통한 정책기반 및 기술력 확보
- 재해 관련 법률 및 제도의 연계성 강화 및 행정적 기반강화 필요
 - 주요 선진국과 같이 과학적 근거에 기초한 기후변화 대응정책 수립 필요
 - 업무 담당의 명확성이 떨어져 관계부처 및 부서별 업무 중복성 심각
- 재해취약성 분석을 위한 정밀화 기법 및 재해예방형 도시계획 수립 부재
 - 도시계획 분야에서 재해취약성분석 제도를 운영중에 있으나 분석지표, 분석 구

조, 분석 단위 등의 조정을 통해 전체적인 정확도 향상이 필요함

- 재해관련 분석제도에 의한 분석결과를 도시계획에 활용하기 위한 연구진행이 미비하여 도시계획 변경안을 반영한 재해취약성분석 재수행 기능 개발 필요
- 재해취약지역을 고려한 시설의 배치기준 미흡 및 재해가 주변지역에 미치는 측면에 대한 기준이 없음
- 지자체별 맞춤형 재해예방형 도시계획 수립방법에 대한 가이드 부재로 인해 획일적인 대책수립 문제가 발생하므로 재해취약성분석 및 활용업무 지원서비스 개발 시급
- 교육 및 안내 체계 미흡, 체계적인 분석 검토체계 부재, 통합 데이터 관리체계 부재, 협력 네트워크 취약 등으로 인해 실효성 있는 분석결과 도출의 어려움

○ 재해관련 공간계획 제도상 문제점

- 도시·군기본계획의 부문별계획에 방재관련 사항이 포함되어 있으나 방재계획에서의 관련 내용이 대부분 공통사항에 해당되어 구체적인 재해별 기준 마련이 부족함
- 도시·군기본계획에서 방재에 관한 사항이 법률에 명시됨으로써 방재의 위상과 중요성은 높아졌으나 체계적이지 못함
- 도시·군관리계획에 제시된 방재관련 계획기준은 상위계획에 비해 비교적 자세하게 제시되어 있으나, 대부분의 내용이 유사함
- 지구단위계획 수립지침 상 방재관련 사항은 구체적이지 못하고 원론적인 사항만 기술되어 있음

○ 국가 및 도시기반시설 설치시 재해 취약성 분석 도입 필요

- 공항, 항만, 국가산업단지, 발전시설 등 국가기반시설 관련 입지계획 수립시 재해 취약성 분석을 통해 재해측면의 입지 적정성을 검토하고, 취약지역에는 설치계획을 수립하지 않거나 충분한 재해대책을 마련 후 입지토록 유도
- 도심지 도로, 철도, 지하철 등 도시기반시설 설치시에도 입지 선정에 재해위험을 고려할 수 있도록 관련 기반시설 입지계획 수립시 재해 취약성 분석 도입

○ 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하기 위하여 도시공간상의 기후변화 리스크로 인한 파급영향 네트워크에 대한 정보화와 시나리오 기반의 도시공간 적응전략 수립체계 마련 필요

- 초대형화 되고 있는 기후변화 재해위험 관련 각종 연구결과 및 정보를 효율적으로 분석 및 제공하는 의사결정 지원시스템 구축 시급
- 미래 잠재위험지역 도출을 위해 국토 공간구조 변화분석, 인구 추이 분석, 시

가화지역 시계열분석 등 초대형재해 시나리오 분석결과의 축적 및 제공을 위한 시스템 개발 필요

- 사회기반시설 기능저하, 손상으로 인한 산업계 및 경제에 미치는 2차 영향분석 및 정보화 중요
- 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하여 광역적 영향범위를 설정하고 중장기적 적응전략 수립 및 의사결정지원 시스템 구축 필요
- 재해취약지역을 고려한 시설 배치 및 설계기준 차별화
 - 영국의 경우, 홍수취약도에 따라 홍수구역을 구분하고, 시설의 특성을 고려하여 홍수구역별로 설치 가능한 시설 유형을 제시·활용하고 있음
 - 최근의 수해현황을 고려하여 인구와 기반시설이 집중된 도심지역을 주변의 하수도 설계기준을 다른 지역에 비해 차별화하여 상향 조정함
- 정부 주도의 과학적 평가를 활용한 재해 예방계획
 - 재난방재정책수립을 위한 정부의 다각적인 노력과 결과 활용을 위한 정책 수립
 - 취약성 평가 자료의 공개 활용
 - 정책적 개선방향을 제시하는 연구 위주의 국내 연구와 달리 국외연구의 경우 분석과 실증적인 시험 및 검증과정을 거쳐 연구결과를 실질적으로 도시계획에 반영함
- 도시재정비, 도시개발 등 공간계획을 활용하여 종합적인 재해대응 및 위험분담
 - 미국, 일본, 영국 등에서는 재해와 밀접성이 높은 분야에 재해 관련사항을 목표에 포함시켜 도시재생, 시가지 정비사업 진행하여 재해위험 경감 기회로 활용하고 있음
 - 홍수위험도 평가 등 재해취약성분석을 통해 토지이용계획과 연계하여 재해위험 지역의 부적합한 개발을 피하고, 공원 등 도시기반시설을 활용하여 저류지 등을 설치함으로써 재해위험을 분담하고 있음
- 도시의 불투수면적을 줄이는 물순환 조성기법 적극 활용
 - 미국의 LID(저영향개발), 영국의 SUDS(지속가능도시배수체계) 등은 우수침투 및 저류, 녹화 기법(녹지조성, 옥상 및 벽면 녹화 등)을 활용하여 도시의 건전한 물순환시스템 구축
 - 투수성 포장, 도로와 보도사이 생태수로 등 완충공간 확보, 도로변 가로수, 화단 등의 저류를 통하여 호우시 우수 이동통로인 도심지 도로에 대한 적극적인 대책 마련

- 장기적 관점에서 현 추세보다 훨씬 더 심할 수 있는 초대형 재해에 대비할 수 있도록 도시공간상에 기후변화 리스크 영향 네트워크 정보화와 시나리오 기반 적응전략 수립체계 마련이 중요
 - 초대형화 기후변화 재해위험 연구결과 및 정보를 효율적으로 분석 및 제공하는 의사결정 지원시스템 구축이 필요
 - 미래 잠재위험지역의 도출을 위해 국토 공간구조 변화분석 등 초대형재해 시나리오별 분석결과의 축적 및 제공을 위한 시스템 개발이 중요함
 - 사회기반시설의 기능저하, 손상으로 인한 산업계 및 경제계에 미치는 2차적인 영향 분석 및 정보화가 필요함
 - 기후변화로 인한 초대형 재해에 대비하여 광역적 영향에 대한 중장기적 적응전략 수립을 통해 재해에 대한 자기적응적 도시 구현을 추진하여야 할 것임
- 기후변화 적응에 더하여 완화 측면에서 삶의 질 제고를 위한 지속가능한 도시 조성 또한 전략적으로 추진하여야함
 - 도시문제(편의성 제고, 도시환경문제 해소, 지구환경문제 해결에 기여)와 관련된 데이터 수집 및 도시차원의 통합적 대응방안을 제시하여야함
 - 도시의 움직임을 한눈에 파악할 수 있도록 틀을 갖추고, 기업·연구기관·시민들 간의 협력을 통해 도시의 관리와 관련하여 발생할 수 있는 문제에 대한 해결책을 모색할 수 있도록 하여야함
 - 국가차원의 도시 관리를 위해 도시별 현황을 파악하고, 진단할 수 있는 통합관리 시스템의 조성이 반드시 필요

2. 국내외 시장현황 시사점

- 신산업 육성을 위한 기반조성 필요
 - 기상데이터는 기업의 의사결정에 기초자료로 활용되며, 기후와 관련되어 기상 산업 또는 기후변화적응산업 등 새로운 형태의 산업이 부각되기 시작함
 - 아직 미국이나 일본 등 선진국에 비해 기반이 취약하여 시장형성이 미미한 수준이나 고부가가치 창출이 가능하며, 타산업과의 연계 및 파급효과가 커 향후 시장규모가 확대될 것으로 예상됨
 - 지역별 기상자료와 지역현황 자료의 시계열적 축적을 통해 보다 정확한 기상 예측과 기상이변에 따른 피해유형을 예측할 수 있는 기술 개발이 필요
- 소프트웨어 산업의 육성을 위한 다양한 시도 필요
 - 국내 소프트웨어 산업은 그 기반이 취약하고, 정부의 지원 또한 해외 선진국에 비해 미미한 실정이나, 소프트웨어 산업이 갖고 있는 부가가치와 발전가능성을 고려할 때, 미래의 산업을 이끌어 갈 핵심 산업임
 - 현재 게임산업 분야에 치중되어 있는 소프트웨어 개발 분야에서 벗어나 국내에서 사용하고 있는 해외 소프트웨어의 국산화 등에 대한 적극적 지원 등 다양한 시도가 필요함
 - 그 일환으로 현재 재해취약성 분석을 위해 주로 사용하고 있는 외산 GIS 프로그램을 대체할 수 있는 오픈소스 기반의 국산화 프로그램 개발이 필요
- 자연재해로부터 안전한 도시 만들기를 위한 기반 조성
 - 기후변화에 기인한 자연재해로 해마다 경제적 손실과 인명피해 증가로 방재관련 산업의 시장규모가 커지고 있음
 - 그러나, 예방보다는 복구와 지원 분야의 산업비중이 크고, 여전히 자연재해에 무방비상태로 노출되어 있는 경우가 많아 이에 대한 대책마련이 필요
 - 자연재해에 대한 사후적 조치가 아닌 사전조치를 통해 안전한 도시를 만들기 위해 재해예측과 취약성 평가, 대응방안의 마련이 시급함
 - 무엇보다, 재해유형별 피해영향을 예측할 수 있는 정량적 지표 개발과 건축행위 및 단지개발시 사업대상지를 비롯하여 주변지역에 대한 재해취약성 분석을 위해 현재의 집계구 단위 분석이 아닌 보다 세분화된 공간단위를 갖는 분석방법이 필요
- 빅데이터 시장을 고려한 양질의 자료 구축과 관리 필요
 - 기존 시스템들은 관리자 또는 사용자 위주의 시스템으로서 시스템 내에 저장

된 자료의 접근과 활용이 제한적이었으며, 시계열적 자료보다는 단년도 자료를 위주로 하고 있기 때문에 자료의 활용가치가 떨어짐

- 4차 혁명을 이끌어갈 산업 중 하나인 빅데이터 산업의 육성을 위해서는 지엽적, 단편적, 일회성 자료보다는 광역적 범위에 대한 다양한 종류의, 다년도 시계열적 자료축적이 필요하여, 자료의 민간개방을 위해서는 데이터 포맷 및 변환기술 개발 필요
- 또한, 대용량자료를 효율적이고 신속하게 처리함과 동시에 자료의 안정성을 담보할 수 있는 새로운 분산저장기술 등 하드웨어에 대한 기술 개발이 필요

3. 기술 동향분석 시사점

- 재해취약성분석 결과 및 관련정보에 대해 사용자 및 수요처 중심의 능동적인 정보 제공이 필요함
 - 각국의 사례를 살펴보면 국가적 및 지역적 재해 특성에 따라 웹상으로 기후변화와 관련된 정보에 대한 관리 및 공유가 이루어지고 있으며, 주로 관련 연구 사례, 교육자료, 기후변화와 관련된 데이터 및 시각화된 지도 등을 제공함
 - 기후변화와 관련된 일방적인 정보 습득을 위한 자료들을 제공하고 있으나, 사용자가 다룰 수 있는 기후변화 영향 및 리스크 확산 등에 대한 분석을 지원하는 능동적인 정보제공 사례는 미흡한 것으로 보임
 - 기후변화에 대비할 수 있는 의사결정지원 및 정보를 제공하기 위해 시각화된 지도, 통계자료, 교육자료 등 다양한 제공방안뿐만 아니라, 사용자 및 지역적 특성을 반영하는 능동적인 정보제공 방안 마련이 요구됨
- 타 기관의 재해관련 정보 연계, 결과 표출 인터페이스 등 도시공간의 기후변화 대응 관리체계 개발이 필요함
 - 국외의 도시공간에 대한 재해취약성 평가 시스템들은 많은 자료를 정량화하고 분석 결과를 가시화하기 위하여 GIS 기반의 시스템으로 구축되어지거나 평가 결과를 GIS를 이용하여 표출하고 있음
 - 또한 취약성 분석을 위해 각각의 재해에 대한 위험도와 취약도 및 저감능력들을 조합하여 평가하였으며 이를 토대로 종합위험지도로 표현하여 체계적으로 대비하고 있음
 - 정부가 기후변화를 대응하기 위한 정책들을 제시하면서 분야별, 기관별로 취약성 분석을 수행하고 있지만, 이를 통합하고 연계할 수 있는 정부정책에 부합하는 표준화된 기후변화와 관련된 도시공간관점에서의 관리체계 개발과 재해취약성분석 결과를 표출하는 인터페이스 기술이 요구됨
- 공간의 위계별로 대응할 수 있는 재해취약성분석 단위에 대한 정의와 이를 연계한 네트워크 구성 기술이 필요함
 - 재해취약성 분석의 사례들은 일부 유역에 국한되어 있거나 해안지역과 같이 특정 지역에만 적용하고 있고, 광역적 의미에서의 단위로 평가가 이루어지고 있는 것으로 보임
 - 이에 정보제공 상황별 대응할 수 있는 광역, 도시, 지구 단위의 다위계 재해취약성분석, 기후변화 정보 제공을 위해 지역적 특성을 반영하는 정보 제공 방안 마련이 요구됨

- 또한 다위계 재해취약성분석 결과 단위에 대해 연계할 수 있도록 네트워크를 형성할 수 있는 기술도 요구됨
- 오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 시스템이 필요함
 - 주요 선진국에서는 정보관리에 오픈소스를 제공하는 추세이며, 국외의 시스템은 단순 프로그램뿐만 아니라 업무프로세스, on/off-line의 다양한 정보교류채널을 포함하여 구성 운영하고 있음
 - 국내에서는 고가의 외산인 ArcGIS 프로그램 등을 활용하고 있으며 기술의 한계로 국내의 공간분석을 지원하는 시스템의 경우 Stand-Alone 방식으로 운영되고 있음
 - 기후변화 재해취약성 분석과정상 다양한 공간분석에 대해 분석 수행 중심의 Stand-Alone 또는 C/S 방식과 분석 결과 및 정보 조회 중심의 웹 방식으로 분할하여 구축하는 방향으로 검토되어야 할 것임
- 재해취약성분석의 자동화 기술 및 지속적이고 장기적 재해취약성분석 시스템 개발이 필요
 - 현존하는 시스템들은 분석 및 정보 제공에 치중되어 있으며, 계속적으로 정보를 수집하고 저장하는 기술들에 집중하고 있음
 - 이에 아울러 수집하는 데이터들의 다양한 포맷을 통일할 수 있도록 하는 변환 처리기술과 시계열데이터의 추적 및 저장기술, 재해취약성분석 시스템을 통해 정보를 함께 공유하며 성장할 수 있는 상세한 케이스별 공유 기술들이 요구됨
 - 또한 현재 부재한 재해취약성분석 자동화 기술 개발과 재해취약성 분석결과의 평가, 검증, 모니터링을 수행하여 의미 있는 결과를 지속적으로 생산하고 추적하여 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함
- 재해예방을 위한 시나리오 기반 시스템 구축 필요
 - 국내외 재해취약성 관련 분석에 있어 국내의 경우 기후변화를 중심으로한 기상, 해양 관련 분석시스템이 다수를 차지하고 있음
 - 또한 관련된 분석기술 및 영향분석의 주요관점이 폭우와 같은 물과 관련된 부분에 한정된 경향이 있으며, 이는 국내의 기상여건상 폭우에 의한 재난사례 및 취약피해사례가 다수 발생함에 그 원인이 있음
 - 특히, 국내와 국외의 시스템 운영 방식을 비교해 보면 국내는 하나의 사건(재해)에 관하여 집중적인 분석을 하는 반면, 국외는 특정 시설 또는 지역에 기반한 분석을 진행하는 경향을 보임. 이는 재해취약성이라는 요소와 분석과정이 복잡하고 표준화하기 어려운 한계에 따라 시설 또는 지역에 적합한 모델과 시

시스템을 개발하거나 지역현황 자료를 축적하여 반영하는 방향으로 진행되는 특성을 보이고 있음

- 이와 함께 주민, 연구자, 공무원 등 다양한 분야의 전문지식과 경험 및 현황 데이터를 통합 연계하여 재해 위험에 대한 이해 및 예방대책 수립을 추진할 수 있도록 지원하는 시나리오 기반 시스템 구축이 본 기획과제 차별성 확보차원에서 강조 필요

4. 연구동향분석 시사점

가. 논문동향 분석 시사점

- 재해취약성 분석 및 기후변화 대응체계에 대한 논문발표는 증가하고 있음
 - 본 연구와 관련된 재해취약성 분석 및 기후변화 대응체계에 대해 연구하여 발표된 논문은 전 세계적으로 2000년대 이후에 급격히 증가하여 활발히 연구되고 있는 추세임
 - 특히 국내의 경우, 기록적인 폭우로 우면산 산사태, 도심지 침수 등이 발생하여 극심한 피해가 있었던 2011년 이후 재해취약성과 기후변화 대응에 대한 연구가 본격적으로 시작되어 점차 증가하고 있음
- 국내 연구 수행이 특정 분야에 편중되어 있는 한계가 있음
 - 해외에서는 재해취약성 분석과 함께 기후변화에 대비한 정보관리체계, 모니터링 기술에 대한 연구가 다양하게 이루어진 반면, 국내에서는 주로 재해취약성 분석에 집중되어 연구가 이루어지고 있음
 - 분석 소프트웨어 개발, 방재정보 관리체계, 모니터링 기술에 대한 연구는 과거부터 지속적으로 연구를 수행해 온 해외에 비해 부족한 상황임
 - 기후변화에 따른 재해 발생 및 피해 증가에 효율적으로 대응하기 위해 다양한 분야에서의 연구가 요구되며, 통합적 관점에서의 연구가 요구됨
- 재해취약성분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계분야에서는 보다 정밀한 취약성 분석을 위해 지역별 특성이 고려된 연구가 요구됨
 - 주로 수자원, 산림 등 자원분야별로 취약성 분석지표를 위주로 연구되어 있음
 - 최근 들어 연안지역, 가뭄지역과 같은 지역특성 또는 지역별 방재역량을 고려한 연구들이 이루어졌으나 아직 연구의 수는 많지 않으며, 선행연구에서도 추후 연구로서 지역별 특성을 고려한 취약성 평가분석이 필요함을 언급함
 - 지역적 특성이 고려된 지역 상황 맞춤형의 재해취약성 분석지표 및 기술 개발이 필요함
- 다위계 취약성분석방법 설계 및 활용시나리오분야에서는 다양한 재해유형의 고려와 미래 시나리오기반의 연구가 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 많이 연구가 이루어졌으나, 국내의 주요 재해피해인 폭우 및 홍수에 국한되어 있으며 과거의 자료를 기반으로 한 연구가 주를 이룸
 - 기후변화의 진행에 따라 산사태, 가뭄, 폭설 등 점차 다양해지는 재해들을 고

려한 재해별 취약성 분석이 요구됨

- 또한 다수의 해외 연구와 같이 재해취약도시의 효과적인 미래 대응을 위해 과거 피해자료 기반의 연구뿐만 아니라 도시계획 시 반영 가능한 시나리오별 분석 연구들이 요구됨
- 재해취약성분석 소프트웨어분야에서는 다양한 재해에 대하여 공간위계를 고려한 기술개발이 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 적은 연구가 이루어졌으며 해외의 연구들과 같이 공간적 자료 활용이 가능한 GIS 기반의 연구들이 이루어 짐
 - 웹 GIS 시스템, GIS 중첩분석 등을 활용하여 재해취약성을 분석하기 위한 다수의 연구가 이루어졌으나, 다양한 공간적 범위에서의 기후변화 대응체계 구축을 위해 공간자료의 단순 활용뿐만 아니라 공간위계가 고려된 소프트웨어 개발로의 발전이 필요함
- 도시공간 방재정보 관리체계분야에서는 다양한 재해에 대한 방재 DB를 구축·관리하는 시스템과 함께 사용자의 실시간 활용이 가능한 기술개발이 요구됨
 - 과거 홍수 피해가 재해피해의 주를 이루었으나, 최근 산사태, 가뭄, 폭설 등 재해피해의 종류가 다양해짐에 따라 관련 선행연구들에서도 각 재해별 방재 DB 구축의 필요성을 언급하고 있음
 - 또한 재난 현장에서 방재정보의 실시간 활용을 위해 스마트폰 기반의 애플리케이션 등을 개발하는 연구가 진행됨
 - 최근의 추세에 따라 다양한 종류의 재해관련 정보관리 및 정보제공을 위한 사용자 중심의 기술개발이 요구됨
- 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술분야에서는 효과적인 미래 대응을 위해 재해취약성 분석의 다각적 평가가 요구됨
 - 국내 논문의 다섯 개 기술분야 중 가장 최근에 연구가 진행되기 시작한 분야로 다수의 선행연구들은 기후변화에 대응하여 다양한 제도와 교육 등을 통한 지역사회의 참여가 중요하며 각종 평가지표를 통한 분석결과와 평가가 선행되어야 함을 시사함
 - 현재까지는 재해에 대한 평가, 검증과 관련하여 사전재해영향성검토, 재난안전교육 등 기후변화 대응을 위한 정책에 대한 평가를 주로 하였으나, 도시계획적 측면에서 대응능력을 향상시키기 위해 재해취약성 분석의 평가와 검증이 요구됨

나. 연구과제 동향 분석 시사점

- 재해취약성 분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계를 위한 통합적 연구 필요
 - 취약성 분석을 위한 지표설정과 표준화에 있어 최근 동향은 재해에 국한되지 않고 사회, 경제적 지표를 추가하는 등 다양한 연구가 수행되었음
 - 지표 중심의 평가를 넘어서 취약성을 공간적으로 분석하는 것으로 격자단위부터 유역별, 집계구, 행정동, 지자체 단위의 분석들이 진행되었음
 - 격자단위 분석의 경우 집계구 단위 인구분포 및 시설의 밀집도를 평균하여 일반화하는 것보다 시설의 위치에 기반한 밀집면적 분석과 하천 등 위험지역의 인접도에 따라 정밀한 분석 결과를 도출하는 연구가 진행됨²⁰⁾
 - 아울러 재해취약성 분석에 제시되는 지표들을 통한 분석에 활용되는 데이터들은 일시적인 것이 아니라 시계열적, 공간적으로 확장되어 지속적으로 활용되도록 표준화가 요구됨
 - 재해유형별 지표들이 적용될 필요가 있으며, 지역적 특성, 변수에 대한 데이터 구축 유무 등을 고려하여 대리변수들이 고려되어야 함
 - 도시계획을 고려한 취약성 평가가 아닌 단순 평가지표를 추가함으로써 결과해석의 어려움이 발생하고 결과적으로 도시계획에 적용하지 못함
 - 기존 연구들은 구조적 대책 및 대안에 대한 종합적인 효과의 정량적인 평가기준이 없으며 잠재적인 미래 기후변화에 대한 재해취약성을 분석하여 반영하는 기준 연구가 필요함
- 다위계 재해취약성 분석방법 설계 및 활용 시나리오 개발을 위한 연구가 요구됨
 - 취약성분석을 통해 공간적으로 취약지역을 분석하는 모델에 관한 다수의 연구가 진행되었으며 대부분의 연구는 하나의 공간 단위를 설정하여 취약성을 분석하는 방법으로 연구가 수행됨
 - 분석기법의 활용을 위한 가이드라인 제작, 지도작성, 모델 및 함수 개발 등 다양한 연구가 수행되었으며 결과 활용을 위한 제도의 현황과 문제점, 제도개선방안에 대한 연구가 수행됨
 - 기후변화 시나리오 및 가상 태풍 시나리오 등에 따른 연구는 각 시나리오에 따른 데이터베이스에 바탕을 두고 있는데, 실질적인 예측에 활용하기는 한계가 있으나 침수범람지역을 산출하고 정밀한 재해정보지도를 제작하는데 의미가 있음
 - 주요 선진국의 경우 재해시나리오별 대책을 수립하고 있으나 국내의 경우 이러

20) 홍재주 외 3명, 2015, 「격자단위 분석기법을 적용한 도시 기후변화 재해취약성 분석」, 한국공간정보학회지

한 예측체계가 체계적이지 못하므로 보다 적극적인 제도적, 기술적 보완이 필요함

- 기존의 연구들은 한 가지 공간범의에 의한 시나리오를 분석하는데 국한되어 있음. 시나리오별 정확한 예측을 위해서는 공간 범위 및 스케일 설정이 중요하므로 공간 범위 설정과 공간 스케일에 따라 취약성을 분석하는 연구가 필요함
- 기후변화 시나리오 분석 및 재해 평가 모형개발이 수행되고 시설물과 건축물의 방재기준을 제시하는 연구가 수행되었으나, 도시계획에 활용을 기반으로 연구를 수행하지 않아 도시계획에 적용의 어려움이 있음. 따라서 재해 예방형 도시계획에 기반한 재해취약성 분석이 필요하며, 계획의 변경을 반영하여 단기적으로 취약성분석을 수행할 수 있는 연구가 필요함
- 기존의 연구들은 기후변화에 의한 재해 취약성을 분석하고, 이를 저감하기 위한 대응방안을 선정한 것에 의의가 있음. 그러나 1차적인 피해에 국한되어 있으며, 연속적·복합적인 재해로 인해 2,3차 재해피해가 미치는 영향을 고려하지 않고 있으며, 특히 기후변화에 의한 재해취약성을 분석하고 도시계획적으로 개선하기 위한 구체적인 대안이 제시되지 않고 있음

○ 재해취약성분석 표준 프로그램 개발 필요

- GIS를 이용한 취약성 분석 및 분석 자동화 방법을 다양하게 시도하였으며, 현재와 미래 기후 시나리오 등 시계열적인 접근과 도시 재해 범위에 따른 분석대상 선정에 대한 다양한 연구가 필요함
- 기존의 연구에서는 사용자별 부분적인 DB 추가/삭제/수정 시스템을 마련하여 대응정책방안 수립 등에 활용할 수 있으나 시스템의 주 역할이 데이터 표출에 국한되어있어 활용성이 낮음
- 웹기반의 피해저감 분석 시스템 개발 및 피해예측 기술개발, 위험지역 분석 기법, 피해분석 및 계획 시스템 개발 등 다양한 시스템 개발이 수행되었으나, 각자의 연구 목적에 부합하는 시스템 개발만이 수행되고, 범용적으로 사용되는 시스템 개발은 수행되지 않음

○ 도시공간방재정보 관리체계 개발

- 플랫폼 구축을 위한 인벤토리 구축기술, 시스템 구축기술 등 플랫폼 구축을 위한 시스템 관련 연구가 수행됨
- 플랫폼 개발 연구과제들은 주로 홍수피해 등과 같이 폭우와 관련된 취약성 평가를 위한 연구들로 취약성 지표 선정 및 취약성 분석, 제도 개선, 정보를 공유하는 웹 플랫폼 등의 성과물을 보였음
- 분석과 관련된 정보, 결과뿐만이 아니라 재해와 관련된 타 분야에 관한 자료의

수집을 위한 플랫폼 지원연구는 수행되지 않음

- 세부적인 재해관리 뿐만 아니라 포괄적인 취약성 분석에 대해 통합 관리할 수 있는 시스템 개발과 재해취약성 분석 및 활용 시나리오의 필요성이 요구됨
- 정보를 제공하는 것에 머무르는 것이 아니라 분석결과에 대한 체계적인 평가, 검증, 모니터링을 위한 지속적 성장형 플랫폼 개발이 요구됨
- R&D로 수행된 연구과제의 경우 지속적인 현행화 작업에 어려움이 있으며 시스템이 활용되지 못하는 경우가 빈번히 발생하고 있으며 이러한 한계를 극복하기 위한 노력이 필요함
- 기후변화, 물, 건강, 농업, 산림, 생태계 등을 종합적으로 고려한 취약성 평가모형의 개발이 수행되고 있으나 분석결과의 제공에 국한되어 있어 활용 시나리오 및 시뮬레이션 부분이 미흡. 따라서 정보의 제공뿐만 아니라 활용측면에서의 연구가 필요함
- 분석결과의 평가, 검증, 모니터링 기술개발
 - 인공위성기반의 피해예측 평가기법과 피해예측 결과에 대한 신뢰도 평가기법 등 분석결과에 대한 평가와 검증에 대한 연구가 일부 수행됨
 - 그러나 연구결과 및 분석결과에 대한 지속적인 모니터링 기술에 관한 연구는 뚜렷하게 수행된바 없음



<그림 2-39> 기존 연구와의 차별성

5. SWOT 분석 및 기술개발 방향 설정

- 국내외 정책 동향, 국내외 시장현황과 전망, 국내외 기술동향, 연구동향의 결과를 바탕으로 SWOT분석을 실시함
- 외부환경 분석에서 파악된 기회·위협요인과 내부역량 분석에서 파악된 강점·약점 요인을 연관시켜 본 과제의 기술개발 방향을 설정함

강점(Strength)	약점(Weakness)
○ 정책 - 재해취약성분석 관련 정책이 제도화됨에 따라 분석이 다수 진행 ○ 시장 - 기반시설 계획, 도시개발 입지 선정 등 재해취약성 정밀분석 기술 적용에 대한 다양한 목표시장이 존재함 ○ 기술 - 세계적으로 기후변화 재해취약성분석 분야의 관련 특허를 주도하고 있음 ○ 연구 - 재해취약성분석과 함께 그 활용 처를 다각화하고 활용 시나리오를 세분화하기 위한 연구 진행 중	○ 정책 - 장단기 재해취약성 변화에 대한 과학적 근거에 기초한 정책 수립 미흡 - 재해예방형 도시계획 수립을 위한 분석의 정밀화 및 구체적 지원체계 미흡 ○ 시장 - 직접적으로 관련된 시장 형성이 미흡함 - 재해취약등급 산정 및 대책 수립에만 집중되어 재해취약성에 대한 상황인식 저조 - Resilient City Planning 등 재해예방형 도시계획 관련 해외 시장 진출 경험 부재 등으로 초기시장 진출의 어려움 ○ 기술 - 학술적 연구실적에 비해 현장적용 결과를 바탕으로 기술노하우에 대하여 주요 선진국과 기술 격차 존재 ○ 연구 - 재해분석 관련 단발성 기술 소프트웨어 개발위주 연구에 예산이 집중되어 장기 정보 축적에 기반한 정밀화된 분석연구 부족 - 실제 재해취약성분석 결과에 대한 적응사례의 성공 및 실패 경험DB 축적이 미흡하여 정책에 반영되지 못하고 단순 연구에 그침
기회(Opportunity)	위협(Threat)
○ 정책 - 국가차원에서 기후변화에 대비해 과학적인 취약성분석에 근거한 계획수립 공감대 형성 ○ 시장 - 데이터 산업, 재해보험 등 관련 시장의 빠른 성장 가능성을 보임 - H/W, S/W, 데이터산업과 관련된 시장의 빠	○ 정책 - 기후변화 재해 공동대처 사항에 대한 부처별 상호 협력에 의한 통합적 정책 미흡 - 재해 취약성분석을 통한 재해예방형 도시계획의 수립보다 재해발생 가능성 억제에 위한 단순 정책의 일환으로 인식 - 재해취약성분석 결과를 통해 도출되는 등급 지도를 규제로 인식될 경우 민원 발생 소지

른 성장 가능성 - 재해취약성분석 DB를 활용하여 빅데이터 산업 주도 - 전 지구적 기후변화 문제 해결을 위한 국제적 노력이 확산되면서 개발도상국 시장 진출의 가능성 확대 ○ 기술 - 복잡도가 점차 높아지고 있는 도시 상황변화에 대응하여 재해취약성을 정밀 추적하여 활용하는 신규 기술 개발 잠재성 풍부 - 지역 상황변화에 따른 재해취약성 변화 예측 관련 과학적 분석에 근거한 의사결정지원시스템의 개발 필요성 증대 ○ 연구 - 기후변화 관련 연구 관심 증가 (신기후체제 이후 새로운 정책 도입에 따른 재해관련 부작용 최소화 연구 등 필요) - 재해취약성 분석 및 도시대응체계 관련 논문 및 연구 증가	매우 큼 ○ 시장 - 재해예방형 도시계획은 공공재적 성격이 강하기 때문에 1차 시장이 제한적 ○ 기술 - 기후변화로 인한 환경변화 관련 장기 데이터 축적, 상황인식형 대응계획 지원 서비스 등 선진국의 신기술 선점 및 초기 진입 장벽 존재 ○ 연구 - 실제계획 혹은 현장적용 결과에 대한 모니터링 연구가 부족하며, 추진되어온 분석 및 평가 관련 연구결과의 활용도 저하 우려
--	---

○ SWOT분석 결과에 기초하여 다음과 같이 대응전략 및 기술개발 방향을 설정함

구분	대응전략/ 기술개발 방향
SO	- 중앙정부 및 지자체에서 수행하는 재해취약성분석을 단계적으로 지원할 수 있는 시스템 개발 - 재해취약성분석 1차결과에 연계된 관련시장의 Need를 반영하여 융합된 재해위험 통합 컨트롤형 연구과제 도출 - 재해취약성분석 단위기술의 현장 적용 지원체계 구축과 연구결과 산출물 지식 DB화를 통해 해당 특허 점유율이 유지되도록 신기술 개발
ST	- 재해취약성분석과 도시대응체계의 상호연관성 및 변화영향 관계도 구축 등을 종합적으로 고려한 연구수행 및 관련 제도의 개선안 제시 - 단기적으로 재해저감 대책의 의사결정지원을 위한 시뮬레이션 기술과 장기적으로 재해취약 특성변화 추세모니터링 기술 개발을 통해 도시방재 관련 제도의 조기 정착과 활성화 추진 - 1차 재해피해 대상인 공공재에 연계된 민간 산업시장의 재해예방형 도시계획 및 재해보험의 수요에 기반하여 활발할 수 있도록 목표 시장 발굴 및 진출
WO	- 장단기 도시계획 변경(안)에 대한 재해취약성 변화추정 기술 개발을 통해 도시계획에 실질적으로 적용 가능한 분석 및 활용 시스템 개발 - 첨단 ICT에 기반한 미래형 도시 관련하여 재해위험 관리를 위한 새로운 시장 형성 사업화 모델 개발 - 건축물, 단지 등 재해취약 지역에 대한 재해저감 실증 사례결과 활용 등 선진국 기술 벤처마킹 및 신기술 개발 - 기후변화 도시재해 관련분야 협업이 절대적으로 필요한 상황 관리를 위한 시장 형성 가능
WT	- 시나리오 기반 기후변화 대응 관련 단계적 정책 수립이 가능하도록 과학적 근거 제공시스템 필요 - 공공과 민간에서 상호시너지 창출이 가능하도록 교육 콘텐츠 개발 및 제공을 위한 오픈형 정보공유 시스템 개발 - 재해취약성분석 및 활용 관련 세부기술 중 축적된 DB를 활용하여 지능형 시스템으로 향후 발전 가능성 높은 기술 개발

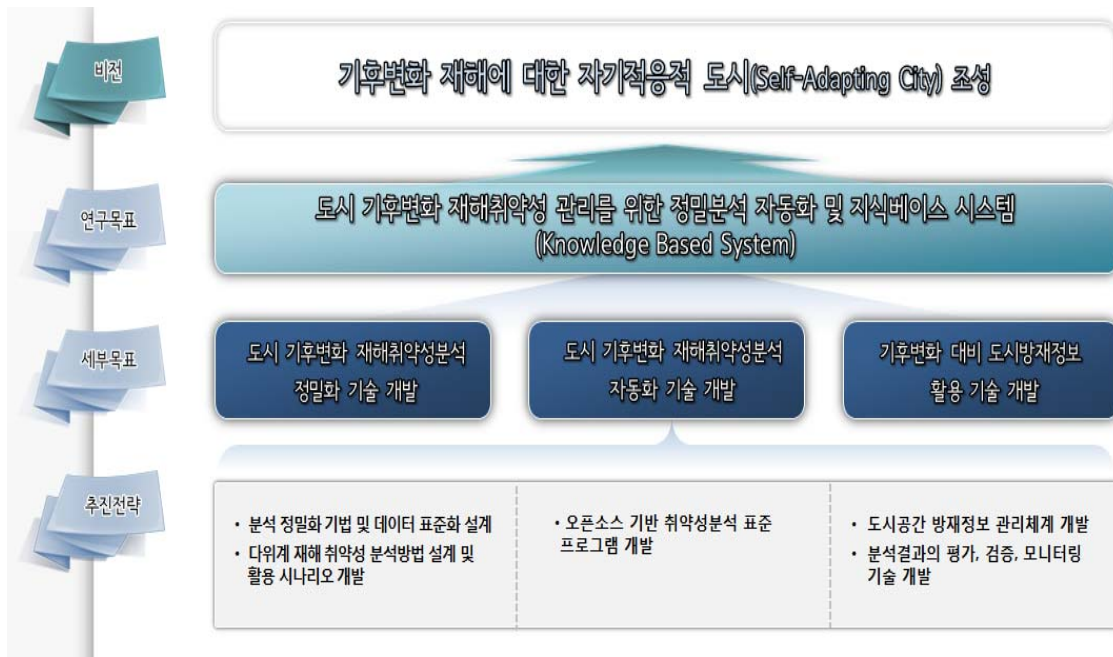
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 연구 비전

- 유엔 기후변화 협약(2015. 11) 이후, 국가 및 지자체별 기후변화 대응에 대한 관심이 늘어나고 있음
 - 우리나라의 추세를 살펴보면, 기후변화에 따른 영향은 전 세계 평균보다 높게 진행되며 향후 그 효과가 더욱 커질 것으로 전망함
 - 새로운 ‘대표농도경로’ (RCP: Representative Concentration Pathways) 시나리오에 따르면, 기존 배출량 기준의 온실가스 배출량 시나리오(SRES: Special Report on Emission Scenario)에 비해 기후변화 영향이 증가될 것으로 전망됨
 - 이에 따라 기온과 강수량의 평균값이 증가하면서 평균적인 현상의 발생은 줄고 극한기후 발생횟수와 강도가 증가하는 추세임
 - 또한, 기후변화 관련 수문기상재해 발생빈도가 급증하고 있으며, 매년 계절별로 반복적인 폭우, 폭염, 폭설 등 기후변화 재해가 발생하고 있음
- 우리나라 도시는 급격한 도시화에 따른 고밀개발, 저지대, 구릉지 개발 등으로 재해취약성이 높고, 시가지 연접부 자연 및 인공 비탈면에서 폭우로 인한 사면 재해와 같은 재해위험성 증가
 - 자연재해로 인해 ‘11년 4만 명, ‘12년 2만 명이 발생하는 등 최근 10년간 평균 2만 명의 이재민이 발생
 - 인명피해의 81% 이상이 산사태 등 토석류 붕괴에 의해 발생
 - 기반시설과 인구가 집중된 도시에서의 재해취약성 심화로 인해 침수면적 추세는 감소하고 있으나 수해피해액 추세는 증가
- 기후변화에 따른 피해양상 및 패턴이 변화하고 있으며 재해발생 양상도 복잡화되어가는 추세임
 - 국지적이고 강한 폭우로 인해 많은 피해가 발생하고 있으며, 폭설 또한 강도와 발생 시기적 패턴이 변화하여 재해양상이 변화됨
 - 복잡하고 대형화되는 재해의 새로운 패러다임 적용 및 대응 필요하며, 자연재해의 불가항력의 영향과 취약한 도시구조 문제의 상승적 결합으로 인해 발생하는 복합적 재해대응체계가 필요

- 이와 같은 상황을 감안할 때 재해발생 가능성 억제보다는 도시 차원의 포괄적 방재에 대한 수요가 커지고 있음
- 기후변화 영향에 따른 자연재해의 증가로 인해 시민의 삶의 질에 밀접하게 관련된 국토이용 및 국가기반시설에 부정적인 영향이 우려되며, 이에 대한 예방적 대책이 시급히 요구됨
- 기후변화에 따라 대형화된 자연재해는 도로, 철도, 산업단지, 항만 등 국가기반시설에 피해를 유발하여 국가 주요기능을 마비시킬 수 있으며, 국가경제에도 많은 부정적인 영향을 미치고 있음
- 특히, 해수면 상승은 해안지역의 침수위험을 가중시키고, 국토 이용에 커다란 영향을 미칠 것으로 우려됨
- 따라서, 기후변화에 대한 취약성을 체계적으로 분석하고, 그에 따른 도시차원 적응방안 마련과 지역사회 주도의 실천이 필요
- 결국, 기후변화 재해와 관련하여 미래 도시는 ‘자기 적응적 도시’ (Self Adapting City)가 되어야 할 것임
- 기후변화에 따른 재해대응의 기본 전제는 아직까지 재해규모가 얼마나 클지 경험하지 못했기 때문에 가능성을 예측하고 미리 대비하는 것이 필수적임
- 공간 빅데이터를 이용해 현재 연계되지 않는 각종 정보시스템들을 연동하고 통합적인 데이터 수집장치를 마련하여 기후변화 재해의 위험가능성에 대한 자료를 수집하여야 함
- 도시 자체의 방재능력을 극대화시킴과 동시에 도시 안에 거주하는 주민이 능동적 주체가 되어 도시의 재해적응능력을 지속적으로 개선하여 증가시키는 선순환적 체계 필요
- 정보 이용자의 시점에서 요구되는 정보를 효율적으로 구성하고 정보의 질을 개선할 수 있는 참여 기반의 위험정보 공유 시스템을 마련할 필요가 있음
- 도시전체가 재난위험을 분담하고, 재난충격 흡수 능력을 지속적이고 주체적으로 키워나갈 수 있는 도시가 미래 재난에 안전한 도시의 모습이 될 것임
- 본 기획과제를 통해 제안될 연구개발과제의 비전은 기후변화 재해에 대한 자기 적응적 도시(Self-Adapting City) 조성으로 이를 위해 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발의 결과물로 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(knowledge Based System) 개발을 목표로 설정하였음



<그림 3-1> 연구의 비전

2. 연구 목표

- 비전을 달성하기 위한 연구의 목표는 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화를 위하여 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(knowledge Based System)을 개발하는 것임
- 시스템 구축을 위하여 우선 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술을 개발하고, 재해취약성분석의 효율적 수행과 정보관리 지원을 위한 자동화 기술을 개발하며, 최종 기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시 조성을 지원하기 위한 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발로 세부목표 설정
 - 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발
 - 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발: 표준프로그램 활용을 통해 분석 수행자와 분석 연구자의 동반성장형 커뮤니티 구축
 - 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발: 분야횡단형 지식 관리 시스템의 운용체제를 구축하여 도시방재정보 지식의 구조화를 도모하여야함. 각 분야의 정보를 통합하여 지식 베이스화하고 특정분야에 국한되지 않은 범용적 장치와 체제의 구축



〈그림 3-2〉 연구의 목표 개념도



〈그림 3-3〉 도시방재 통합 정보관리 시스템

- 본연구의 최종 성과물이 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(knowledge Based System) 개발이므로 정량적 목표는 1차적으로 정밀 분석모델 및 표준화, 분석 및 정보관리 프로그램 개발, 도시방재 통합 정보관리 시스템 구축에 있음
- 이러한 연구의 최종 결과물에 따라 측정 가능한 정량적 목표로 재해취약대상 10% 저감, 기술수준은 선진국대비 61.9%에서 80%로 상향, 재해취약성분석 표준화 100% 달성, 지자체 재해예방형 도시계획 적용률 80% 확보, 기후변화 재해 대비 지능형 대응체계 구축을 위한 인프라 확보로 설정

〈표 3-1〉 연구결과의 정량적 목표

정량적 목표치	설정 내용 및 근거
기후변화 재해취약지역 내 재해취약대상 10% 저감	- 2018년까지 전국 지자체 재해취약성분석 결과 도출 및 검증 완료 예정 - 2023년까지 2차 재해취약성분석 수행, 2028년까지 3차 재해취약성분석 수행 예정 - 2018년 기준 재해취약성분석 결과 취약1등급지역에 위치한 기반시설과 거주하는 시민 비율을 2023년까지 10%저감 - 지자체 기후변화 재해 관리 능력 향상(재해피해면적 대비 재해피해액 비율 감소)
기술수준 선진국 대비 80% (61.9%)	- 본 기획연구의 제2장 기술동향분석 결과, 국내 도시재난·재해대응 기술 수준은 선진국 대비 61.9% 수준 - 국외 벤치마크 국가의 기술수준별 발전정도는 83~100% 정도로 분석 - 2023년 기술수준 61.9% --> 80% 수준으로 기술력 강화
재해취약성분석 표준화 100% 달성	- 공간객체등록번호(UFID), 행정표준코드와의 100% 연계성 확보 (관련 시스템과의 연계 기반 마련) - 행정구역, cell 크기 등 분석 공간위계 표준화 100% (공간통계분석, 시계열 자료축적 기반 마련)
지자체 재해예방형 도시계획 적용률 80% 확보	- 지자체 재해취약성분석결과 90% 확보 - 재해취약성분석 결과의 지자체 도시·군 관리계획 활용 비율 80%이상 확보 - 재해취약성분석 및 활용 모니터링 결과 50%이상 확보
도시방재 인프라 확보	- 기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시 조성 지원을 위한 도시방재 인프라 확보 필요 - 재해예방형 도시계획 주체의 의사결정 지원을 위한 기후변화 대비 도시방재 통합정보 시스템 구축 - 도시방재 통합정보 관련부처 활용 비율 50% 이상

〈표 3-2〉 연구개발 목표

〈목표〉 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템개발	
정성적 목표 (연구개발)	세부 목표
도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발	재해취약성분석 유형세분화 프로세스 개발
	재해취약 특성변화 알고리즘 개발
	격자단위 재해취약성 분석기술 및 공간자료 축적기술 개발
	네트워크 기반 재해취약요인 해석기술 개발
	시나리오 기반 재해예방형 도시계획 적용기술 개발
도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발	재해취약성분석 자동화 기술 개발
	오픈소스기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 프로그램 개발
기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발	재해취약성분석 결과 수요처 능동적 추적 및 제공 기술 개발
	재해예방형 도시계획 지식DB 구축
	기후변화 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 정착 및 확산을 위한 도시방재정보 활용기술 개발

3. 기술개발에 따른 미래상

- 1세부 : 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발

현황(As-Is)	미래상(To-Be)
· 현재 전국 공통의 분석지표를 바탕으로 재해취약지역 유형 단순 · 재해취약 공간패턴에 기초한 특성 파악이 어려워 공간계획에 활용 불가 · 시간적 스케일 변화에 따른 재해취약 특성변화 파악 불가 · 도시개발 등 도시상황 변화에 따른 재해취약성 변화 파악이 어려워 유연한 적응대책 마련 불가 · 시나리오기반 재해취약성 관리대책 시뮬레이션이 불가하여 경험적 지식에 의존한 계획 수립 · 공간적 범위를 조정한 재해취약성 분석이 불가하여 유역기반의 통합적 대책 수립 미흡 · 특정지역에 대한 재해취약성의 다중적 의미해석 미흡 · 재해취약성 변화 가능성에 대하여 기존 분석결과에서 유추에 의존 · 건축물, 단지규모에 대한 재해취약성 분석 및 대응대책 연계 미흡	· 지역 특성을 반영한 재해취약지역 유형 세분화 가능 · 재해취약 공간패턴 추적을 통해 지역 맞춤형 재해저감 대책 수립 가능 · 재해취약 특성변화 추세분석 가능 · 도시상황 변화에 맞춰 유연하게 적응대책 마련 및 시뮬레이션 가능 · 시나리오기반 재해취약성 관리 가능 · 수직적 공간위계를 넘나드는 재해취약성 분석 가능 · 네트워크 기반 재해취약요인 해석기술을 활용하여 특정지역에 대한 재해취약 다중의미 스토리텔링 가능 · 단기 재해취약성 변화분석, 장기 재해취약성 추세변화 예측 가능 · 건축물, 단지규모 재해취약성에 대한 체계적 관리 가능

- 2세부 : 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발

현황(As-Is)	미래상(To-Be)
· 현재 재해취약성분석 프로그램이 부재함 · 재해취약성분석을 수행하기 위해 ArcGIS 등과 같은 고가의 외산 프로그램 사용 · 기후노출 및 도시민감도 등 해당되는 데이터를 지자체나 각 기관에서 산발적으로 수집 · 지표 값의 입력과정과 분석과정 중 오류 발생 가능성이 있으며, 원인에 대한 파악이 어려움	· 오픈소스 기반의 국내 실정에 맞는 재해취약성분석 프로그램 사용으로 비용저감 · 재해취약성분석의 단계적 자동화를 통해 사용자의 편의성 및 입력과 분석 과정에서의 정확성 향상 · 편리하고 신뢰성 있는 의사결정지원 · 기존에 저장된 데이터를 통해 변경된 정보만을 수정하여 지속적 평가운영 가능 · 관련 데이터 및 재해취약성분석 결과 정보 관리 용이

○ 3세부 : 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발

현황(As-Is)	미래상(To-Be)
· 지자체 도시계획 부서 외 재해취약성분석 결과 활용 미흡 · 재해예방형 도시계획에 대한 사례 정보가 부족하여 제도 활성화 미흡 · 도시방재에 대한 통합정보 축적이 미흡하여 지속적인 분석 및 활용방법 개선 미흡 · 재해취약성에 대한 모니터링 부족으로 인해 장기적 계획 수립 실적 미흡 · 정부 주도의 재해취약성분석 및 대책 수립에 따라 민원소지 여부에 민감하게 대응	· 재해취약성분석 결과 수요처에 능동적 추적 및 제공 가능 · 재해예방형 도시계획 지식 DB를 활용 자기적응적 도시 조성 · 도시방재 통합정보 시스템을 활용하여 순환적 분석-적응 개선체계 구축 · 재해취약성에 대한 장기 추세 모니터링 가능 · 주민주도형 도시방재 체계 구축을 통해 능동적 재해예방 대책 집행

2절. 핵심기술 선정

1. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

가. 핵심기술요소 선정

- 본 연구과제는 동향조사, 기술수요조사를 수행하고 전문가(기획연구진 및 자문 위원진) 회의를 통해 도출된 후보기술을 중점 추진분야 5가지 분류체계에 따라 분류하고 각각의 핵심 키워드를 도출함



〈그림 3-4〉 5대 중점분야 및 핵심 키워드 도출

- 아래와 같은 13개의 기술들을 핵심기술요소(CTE: Critical Technology Elements)의 후보군으로 도출함
 - 도출한 핵심 키워드 중 세부목표의 성공여부를 결정짓는 시스템으로 그 자체로 시연이 가능한 핵심 세부기술로의 가능성을 고려함
 - 또한 기술성숙도(TRL)의 시스템, 장비/장치, 공법/기법, 재료/자재, 소프트웨어 유형의 최종성과물이 가능한 기술요소들로 도출

〈표 3-3〉 핵심기술 후보

연번	CTE 명
후보 1	재해취약성 유형 세분화 기술
후보 2	재해취약성 지표 가중치 기술
후보 3	네트워크 기반 다위계 재해취약성분석 기술
후보 4	재해취약성분석 공간단위 설정 기술
후보 5	재해취약성분석 공간단위 분할 기술
후보 6	재해취약성분석 자동화 기술
후보 7	오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 기술
후보 8	재해취약성 변화 재분석 기술
후보 9	다부처 재해취약성분석 정보 지원 기술
후보 10	시계열데이터 축적 및 저장 기술
후보 11	재해취약성 분석결과 사후평가 기술
후보 12	재해취약성 변화 예측 기술
후보 13	재해취약성 정보 통합 활용 기술

- 제시된 13개의 CTE 후보들에 대해 아래와 같은 CTE 조건과 기술아이템 조사를 통해 최종 7가지의 CTE를 도출함
- 다음 체크리스트에서 1번 항목은 반드시 충족되며, 2번~6번 항목 중 하나 이상 충족되는 후보기술에 대해 핵심기술요소로 선정함

〈표 3-4〉 핵심기술요소 체크리스트

체크리스트	후보 1	후보 2	후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	후보 9	후보 10	후보 11	후보 12	후보 13	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○		○		○		○			○	○	○		반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?		○						○					○	하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가?		○	○		○	○	○	○		○	○	○	○	
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?	○			○					○	○				
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?			○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?			○			○	○	○		○				
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	×	○	×	○	×	○	×	×	○	○	○	×	

나. 기술성숙도(TRL) 목표

- 제시된 핵심기술요소 후보들 중에 ‘재해취약성 지표 가중치 기술’, ‘재해취약성분석 공간단위 설정 기술’, ‘재해취약성분석 자동화 기술’, ‘재해취약성 변화 재분석 기술’, ‘다부처 재해취약성분석 정보 지원 기술’, ‘재해취약성 정보 통합 활용 기술’은 검토결과 핵심기술요소에서 제외되었음
- 도출된 CTE들에 대해 R&D 종료 후 달성해야할 TRL(Technology Readiness Level) 단계를 확정하였으며, 이는 국토교통 R&D TRL 작성기준의 성과 유형에 대해 TRL 단계정의에 의거하여 결정함
 - 본 연구과제의 TRL유형은 공법/기법, 소프트웨어, 시스템에 해당됨
 - 공법/기법의 유형은 재해취약성분석을 위한 분석지표 등 개념 및 방법을 제시하며, 소프트웨어 유형은 재해취약성분석을 위해 필요한 기술들의 모듈 개발을 수행하며, 시스템 유형은 재해취약성분석을 위한 체계 등을 개발
 - 핵심기술요소에 대한 TRL 목표 및 유형은 다음 표와 같음

〈표 3-5〉 핵심기술에 대한 TRL

연번	CTE 명	유형	TRL 목표
1	▪ 재해취약성 유형 세분화 기술	공법/기법	TRL7
2	▪ 네트워크 기반 다위계 재해취약성분석 기술	공법/기법	TRL7
3	▪ 재해취약성분석 공간단위 분할 기술	소프트웨어	TRL7
4	▪ 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 기술	소프트웨어	TRL7
5	▪ 시계열데이터 축적 및 저장 기술	시스템	TRL7
6	▪ 재해취약성 분석결과 사후평가 기술	시스템	TRL7
7	▪ 재해취약성 변화 예측 기술	소프트웨어	TRL7

- 핵심기술요소(CTE)에 대해 연구개발 연차별로 달성해야할 기술성숙도(TRL)는 다음 표와 같음
- 연차별로 프로젝트의 진행상황에 대한 점검 기준이 될 수 있으며, 과제 종료 시 전체 CTE 중에서 목표 TRL을 달성한 것의 비율을 계산하여 과제의 목표 달성도 여부를 평가하는 기준이 될 수 있음

〈표 3-6〉 기술성숙도(TRL) 단계별 목록

마일스톤		현재 TRL	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도
CTE No.	기 술 명					
CTE 1	재해취약성 유형 세분화 기술	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7
CTE 2	네트워크 기반 다위계 재해취약성분석 기술	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7
CTE 3	재해취약성분석 공간단위 분할 기술	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7
CTE 4	오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 기술	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL7
CTE 5	시계열데이터 추적 및 저장 기술	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7
CTE 6	재해취약성 분석결과 사후평가 기술	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7
CTE 7	재해취약성 변화 예측 기술	TRL2	TRL3	TRL4	TRL6	TRL7

2. 전문가자문회의 및 세부과제 선정

가. 후보과제 대상 선정

- 동향조사 및 기술수요조사를 통해 도출된 기술들을 유사한 항목으로 그룹화하여 통폐합하고 세부연구목표에 따라 기획연구진 및 자문위원진의 회의를 통해 추가적인 후보과제를 도출한 후, 중점 추진분야별로 재분류 함
- 재분류된 후보기술들은 중점 추진분야의 세분류에 따라 분류한 후, 최종적으로 유사한 기술들을 통폐합하여 우선순위 도출을 위한 최종 목록을 작성함
- 전문가회의를 통해 기술후보과제를 도출하고 핵심 기술 제안을 위해 의견을 종합하여 검토 후 세부과제를 선정함

연구목표	후보과제	출처
분석 정밀화 기법 및 데이터 표준화 설계	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 분석지표 pool 개발	기술수요조사, 연구동향
	재해취약성분석 공간위계별 분석 단위 개발	기술수요조사 기술동향, 시장동향
	지역 상황을 반영한 기후변화 재해 적응대책 도출을 위한 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	기술수요조사, 연구동향
	재해취약성 공간패턴 추적을 위한 분석 공간단위 및 지표 추천기술 개발	기술수요조사
	도시의 재해취약 특성변화 추세분석을 위한 DB 디자인 및 활용기법 개발	연구동향
	미래 재해취약성분석 고도화를 위한 지표 pool 개발	시장동향, 연구동향
다위계 재해 취약성 분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발	공간위계 스케일을 고려한 취약성분석 평가지표 개발	기술수요조사
	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	연구동향
	네트워크 기반 다위계 재해취약성 분석방법 개발	기술수요조사, 연구동향, 기술동향
	공간위계를 넘나드는 재해취약특성 추적 프로세스 개발	연구동향
	공간위계별 재해취약특성에 대응하는 적응대책 시뮬레이션 기술 개발	기술수요조사, 기술동향
재해 취약성 분석 표준 프로그램 개발	베이시안 네트워크를 활용한 장기 재해취약성 예측 및 검증 기술 개발	연구동향, 정책동향
	건축물 및 단지규모 재해취약성분석 및 활용 기술개발	시장동향
	시나리오 플래닝 기반 다위계 재해취약성분석 결과 활용 기술 개발	기술수요조사, 연구동향, 기술동향
	도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 재분석 기능 개발	기술수요조사, 연구동향, 정책동향
	재해취약성분석 수행을 위한 정보 수집 및 저장 기술 개발	기술동향, 시장동향
	재해취약성 수집 데이터 포맷 자동 변환 처리기술 개발	기술동향, 시장동향
	기후변화 재해유형별 재해취약성분석 자동화 기술 개발	연구동향, 기술동향
	능동적 재해취약성분석 결과 수요처 추적 및 공유 기술 개발	기술수요조사, 기술동향
	재해취약성분석 공간위계별 분석지원 서비스 개발	연구동향, 기술동향
	재해취약성분석 단계별 입력자료 정합성 검토 및 분석지원 기술 개발	기술수요조사
	재해취약성분석 업무 생애주기에 따른 지원서비스 기술 개발	기술수요조사, 연구동향, 정책동향

연구목표	후보과제	출처
	오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 프로그램 개발	기술수요조사 기술동향, 시장동향
	재해취약성분석 업무 프로세스에 따른 공간정보 및 통계 데이터 관리 체계 개발	연구동향, 기술동향
	재해취약성 분석 결과 표출을 위한 인터페이스 기술 개발	기술동향
도시공간 방재정보 관리체계 개발	재해취약성분석 수행자 행위 기반 시계열데이터 축적 및 저장기술 개발	연구동향, 기술동향, 시장동향
	도시계획 변경 및 개발사업 검토를 위한 재해취약성 분석결과 검색 기술 개발	정책동향
	도시 내 관련 행위에 따른 재해취약성 변화 추적을 위한 타기관 재해관련 정보 연계 기술 개발	연구동향, 기술동향
	재해취약성분석 커뮤니티 지식성장 지원을 위한 재해취약성 분석 상세 케이스 공유 기술 개발	기술동향
	도시 재해취약성 다면분석을 위한 정보플랫폼 개발	기술수요조사, 정책동향
	재해예방형 도시계획 사례DB 및 적용결과 추적 및 활용 기술 개발	기술수요조사, 연구동향
	지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원체계 개발	정책동향
	재해취약성 분석 데이터 및 분석결과 민간개방을 위한 데이터변환 기술개발	연구동향, 정책동향, 시장동향
분석결과 의 평가, 검증, 모니터링 개발	재해취약성분석 프로세스 구축 및 장기적 추세 모니터링을 위한 시스템 개발	연구동향, 기술동향, 특허동향
	기후변화 모니터링을 통한 재해취약지구 예측 및 예방 시스템 개발	연구동향, 기술동향, 특허동향
	재해취약성분석 주도인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼 개발	기술수요조사, 연구동향
	관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화를 위한 제도 및 정책 개발	연구동향, 정책동향
	국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방향 연구	정책동향
	대형재난 발생지역에 대한 재해취약성 분석결과 사후평가 및 개선방안 연구	연구동향, 정책동향

나. 중점분야의 세부 핵심기술 선정

- 최종 후보과제를 선정하기 위하여 설정된 후보과제들을 대상으로 기술중요도 및 기술수준을 기획연구진 및 자문위원회를 대상으로 조사함



〈그림 3-5〉 기술중요도 및 기술수준 조사를 통한 후보과제 도출 방법

- 우선순위 평가를 위한 항목(Criterion)과 각 항목별 세부항목을 설정하고, 각 항목별 평가기준을 설정함
- 전문가를 대상으로 앞서 도출된 후보과제들을 각 항목별로 평가한 후, 평가결과를 종합하여 후보과제들 간의 우선순위를 도출함
- 최종적으로 도출된 후보과제들은 과제추진체계 및 세부 연구내용을 구성하는 기초자료로 활용됨

(1) 평가기준 설정

- 기술중요도는 각 기술이 갖는 중요도를 판단하기 위하여 시장성, 기술성, 실현가능성, 전략적 타당성의 4가지 항목을 설정하여 5점 척도로 조사함

평가항목		평가기준
중요도	시장성	기술이 적용된 제품 및 서비스의 잠재적 시장규모, 성장전망
	기술성	기술자체의 중요성, 기술개발의 시급성, 기술선도/기술우위 가능성, 기술의 독창성, 타 관련분야 활용과급성 등의 가치 보유여부
	실현 가능성	기술개발 목표 연구기간내 달성가능성, 필요 연구시설 및 전문인력 확보 정도, 규제/인허가, 독점/특허 등의 사업환경 제약이 없는 정도
	전략적 타당성	정부가 추진하고자 하는 정책과의 부합성, 국민 생활의 질 증진을 위한 공익성, 관련 산업 발전에 대한 기여정도
기술수준	선진국 대비 기술수준	국외 선도 기술 대비 국내 기술의 수준

(2) 기술중요도 및 기술수준 조사 결과

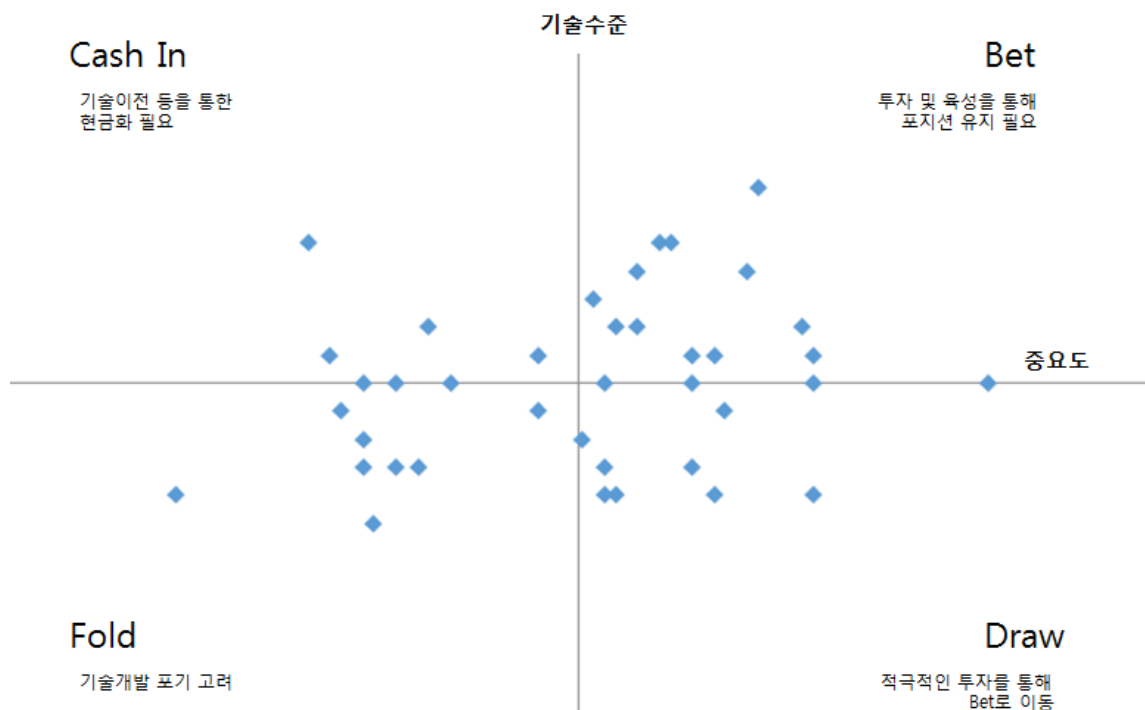
- 기술수준은 국외 선도 기술 대비 국내 기술의 수준을 파악하기 위한 것으로 선진 기술을 100%로 가정할 시 국내 기술수준을 백분율로 비교·평가함

후보과제	중요도					기술 수준
	시장성	기술성	실현 가능성	전략적 타당성	평균	
기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 분석지표 pool 개발	2.8	3.5	4.0	4.1	3.6	58.3%
재해취약성분석 공간위계별 분석 단위 개발	2.3	3.0	3.4	3.5	3.0	55.0%
공간위계 스케일을 고려한 취약성분석 평가지표 개발	2.7	3.5	3.8	4.0	3.5	53.3%
지역 상황을 반영한 기후변화 재해 적응대책 도출을 위한 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	2.6	3.7	3.6	3.5	3.4	55.0%
재해취약성 공간패턴 추적을 위한 분석 공간단위 및 지표 추천기술 개발	2.5	2.9	3.1	3.1	2.9	50.0%
도시의 재해취약 특성변화 추세분석을 위한 DB 디자인 및 활용기법 개발	3.1	3.5	3.4	3.3	3.3	56.7%
베이션 네트워크를 활용한 장기 재해취약성 예측 및 검증 기술 개발	2.8	3.4	2.8	3.1	3.0	46.7%
미래 재해취약성분석 고도화를 위한 지표 pool 개발	2.8	3.1	3.3	3.7	3.2	50.0%
기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	2.9	3.4	3.5	3.7	3.4	45.0%
도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 재분석 기능 개발	3.8	3.8	3.5	3.8	3.7	53.3%
네트워크 기반 다위계 재해취약성 분석방법 개발	2.6	3.2	3.0	3.1	3.0	46.7%
시나리오 플래닝 기반 다위계 재해취약성분석 결과 활용 기술 개발	2.9	3.4	3.3	3.8	3.3	51.7%
공간위계를 넘나드는 재해취약특성 추적 프로세스 개발	2.6	3.3	2.6	3.2	2.9	43.3%
공간위계별 재해취약특성에 대응하는 적응대책 시뮬레이션 기술 개발	3.0	3.3	2.8	3.2	3.1	51.7%
건축물 및 단지규모 재해취약성분석 및 활용 기술개발	3.3	3.7	3.2	3.8	3.5	51.7%
재해취약성분석 수행을 위한 정보 수집 및 저장 기술 개발	3.2	3.2	3.8	3.6	3.4	60.0%
재해취약성 수집 데이터 포맷 자동 변환 처리기술 개발	3.3	3.5	3.5	3.6	3.5	60.0%
기후변화 재해유형별 재해취약성분석 자동화 기술 개발	3.5	3.5	2.8	3.4	3.3	48.3%
능동적 재해취약성분석 결과 수요처 추적 및 공유 기술 개발	2.3	2.5	2.6	2.9	2.6	45.0%
재해취약성분석 공간위계별 분석지원 서비스 개발	3.2	3.5	3.2	3.8	3.4	55.0%

후보과제	중요도					기술 수준
	시장성	기술성	실현 가능성	전략적 타당성	평균	
재해취약성분석 단계별 입력자료 정합성 검토 및 분석지원 기술 개발	2.8	3.2	3.5	3.5	3.2	53.3%
재해취약성분석 업무 생애주기에 따른 지원서비스 기술 개발	2.7	3.0	2.5	3.1	2.8	60.0%
오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 프로그램 개발	4.0	4.2	3.6	4.3	4.0	51.7%
재해취약성분석 업무 프로세스에 따른 공간정보 및 통계 데이터 관리 체계 개발	3.1	3.3	3.6	3.6	3.4	58.3%
재해취약성 분석 결과 표출을 위한 인터페이스 기술 개발	3.5	3.5	3.5	3.9	3.6	63.3%
재해취약성분석 수행자 행위 기반 시계열데이터 축적 및 저장기술 개발	2.5	3.2	3.1	2.9	2.9	48.3%
도시계획 변경 및 개발사업 검토를 위한 재해취약성 분석결과 검색 기술 개발	3.5	3.5	3.7	4.1	3.7	55.0%
도시 내 관련 행위에 따른 재해취약성 변화 추적을 위한 타기관 재해관련 정보 연계 기술 개발	2.7	2.8	2.6	3.6	2.9	51.7%
재해취약성분석 커뮤니티 지식성장 지원을 위한 재해취약성분석 상세 케이스 공유 기술 개발	2.8	2.6	3.0	3.3	2.9	46.7%
도시 재해취약성 다면분석을 위한 정보플랫폼 개발	3.5	3.5	3.2	4.1	3.5	45.0%
재해예방형 도시계획 사례DB 및 적용결과 추적 및 활용 기술 개발	3.3	3.4	3.7	3.8	3.6	50.0%
지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원체계 개발	2.8	2.8	2.6	3.6	3.0	51.7%
재해취약성 분석 데이터 및 분석결과 민간개방을 위한 데이터변환 기술개발	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	53.3%
재해취약성분석 프로세스 구축 및 장기적 추세 모니터링을 위한 시스템 개발	3.1	3.6	3.2	3.5	3.3	45.0%
기후변화 모니터링을 통한 재해취약지구 예측 및 예방 시스템 개발	3.3	3.4	3.2	3.5	3.3	46.7%
재해취약성분석 주도인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼 개발	3.7	3.2	3.8	4.1	3.7	51.7%
관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화를 위한 제도 및 정책 개발	3.2	3.2	3.9	3.8	3.5	53.3%
국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방향 연구	3.3	3.0	3.8	3.9	3.5	46.7%
대형재난 발생지역에 대한 재해취약성 분석결과 사후평가 및 개선방안 연구	3.2	3.5	3.8	4.2	3.7	45.0%

(3) 포트폴리오 분석

- 기술의 중요도 - 기술수준 포트폴리오 분석은 R&D프로젝트의 전략적 방향설정 및 성과제고를 위한 도구로서, 전체프로젝트의 가치가 극대화 될 수 있도록 유망프로젝트에 자원을 배분하기 위한 도구임
- 기술의 중요도 - 기술수준 포트폴리오 분석은 Booz-Allen & Hamilton의 R&D 포트폴리오를 활용하여 분석을 실시함
- 4분면별 전략은 다음과 같음
 - Bet : 중요도와 기술수준이 모두 높은 기술 → 투자 및 육성을 통해 포지션을 유지하는 것이 요구되는 기술
 - Cash In : 중요도는 낮으나 기술수준이 높은 기술 → 기술이전 및 판매 등을 통해 현금화가 요구되는 기술
 - Draw : 중요도는 높으나 기술수준이 낮은 기술 → 적극적인 투자를 통해 Bet영역으로 이동을 검토해야 하는 기술
 - Fold : 중요도와 기술수준이 모두 낮은 기술 → 기술개발 포기를 고려해야 하는 기술



〈그림 3-6〉 포트폴리오 분석결과

기술중요도 기술수준 평가결과	연구목표	후보과제	필수 고려여부
Bet	분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 분석지표 pool 개발	√
		지역 상황을 반영한 기후변화 재해 적응대책 도출을 위한 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	√
		도시의 재해취약 특성변화 추세분석을 위한 DB 디자인 및 활용기법 개발	
	다위계 재해취약성분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발	공간위계 스케일을 고려한 취약성분석 평가지표 개발	√
	재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	건축물 및 단지규모 재해취약성분석 및 활용 기술개발	√
		시나리오 플래닝 기반 다위계 재해취약성분석 결과 활용 기술 개발	√
		도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 재분석 기능 개발	√
		재해취약성분석 수행을 위한 정보 수집 및 저장 기술 개발	√
		재해취약성 수집 데이터 포맷 자동 변환 처리기술 개발	
		재해취약성분석 공간위계별 분석지원 서비스 개발	√
		오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 프로그램 개발	√
		재해취약성분석 업무 프로세스에 따른 공간정보 및 통계 데이터 관리 체계 개발	√
		재해취약성 분석 결과 표출을 위한 인터페이스 기술 개발	
	도시공간 방재정보 관리체계 개발	도시계획 변경 및 개발사업 검토를 위한 재해취약성 분석결과 검색 기술 개발	
	분석결과 의 평가, 검증, 모니터링 개발	재해취약성분석 주도인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼 개발	√
		관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화를 위한 제도 및 정책 개발	√
Cash In	분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계	재해취약성분석 공간위계별 분석 단위 개발	
	다위계 재해취약성분석 방법 설계 및 활용시나리오 개발	공간위계별 재해취약특성에 대응하는 적응대책 시뮬레이션 기술 개발	
	재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	재해취약성분석 단계별 입력자료 정합성 검토 및 분석지원 기술 개발	
		재해취약성분석 업무 생애주기에 따른 지원서비스 기술 개발	
	도시공간 방재정보	도시 내 관련 행위에 따른 재해취약성 변화 추적을 위한 타기관 재해관련 정보 연계 기술 개발	

	관리체계 개발	지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원 체계 개발	
		재해취약성 분석 데이터 및 분석결과 민간개방을 위한 데이터변환 기술개발	
Draw	다위계 재해 취약성분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	√
	재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	기후변화 재해유형별 재해취약성분석 자동화 기술 개발	√
	도시공간 방재정보 관리체계 개발	도시 재해취약성 다면분석을 위한 정보플랫폼 개발	√
		재해예방형 도시계획 사례DB 및 적용결과 추적 및 활용 기술 개발	√
	분석결과의 평가, 검증, 모니터링 개발	재해취약성분석 프로세스 구축 및 장기적 추세 모니터링을 위한 시스템 개발	
		기후변화 모니터링을 통한 재해취약지구 예측 및 예방 시스템 개발	
		국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방향 연구	
		대형재난발생지역에대한재해취약성분석결과사후평가및개선방안연구	√
Fold	분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계	재해취약성 공간패턴 추적을 위한 분석 공간단위 및 지표 추천기술 개발	
		미래 재해취약성분석 고도화를 위한 지표 pool 개발	
	다위계 재해취약성 분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발	네트워크 기반 다위계 재해취약성 분석방법 개발	
		공간위계를 넘나드는 재해취약특성 추적 프로세스 개발	
	재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	능동적 재해취약성분석 결과 수요처 추적 및 공유 기술 개발	
		베이지안 네트워크를 활용한 장기 재해취약성 예측 및 검증 기술 개발	
	도시공간 방재정보 관리체계 개발	재해취약성분석 수행자 행위 기반 시계열데이터 추적 및 저장기술 개발	√
		재해취약성분석 커뮤니티 지식성장 지원을 위한 재해취약성분석 상세 케이스 공유 기술 개발	

□ 우선적인 연구개발이 필요한 분야.

필수여부 : 전문가 자문회의를 통해 기술중요도와 상관없이 본 연구에 필요한 후보과제

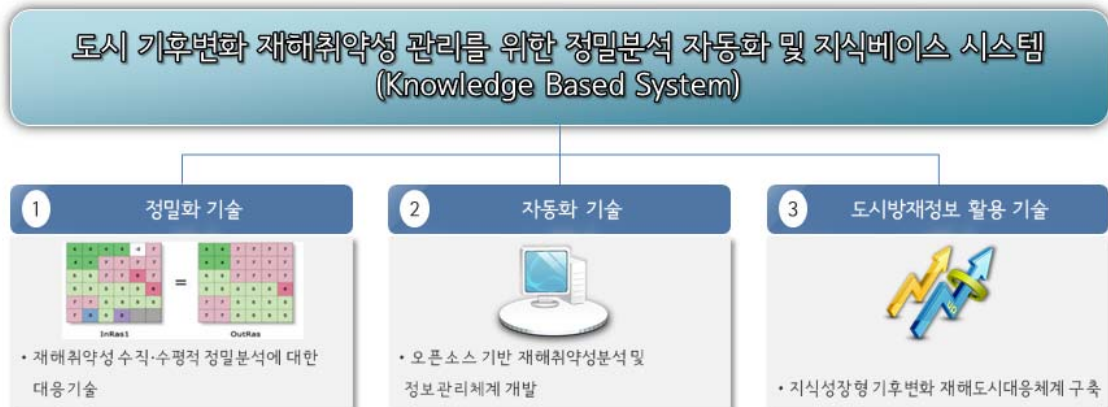
- 포트폴리오 분석을 통한 중요도 및 필수고려여부를 고려하여 중점 추진분야별 과제를 선정

중점 추진분야	과제선정	중요도 평가	필수고려 여부
분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 분석지표 pool 개발	Bet	√
	지역 상황을 반영한 기후변화 재해 적응대책 도출을 위한 재해 취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	Bet	√
다위계 재해취약성 분석 방법 설계 및 활용 시나리오 개발	공간위계 스케일을 고려한 취약성분석 평가지표 개발	Bet	√
	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	Draw	√
재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	건축물 및 단지규모 재해취약성분석 및 활용 기술개발	Bet	√
	시나리오 플래닝 기반 다위계 재해취약성분석 결과 활용 기술 개발	Bet	√
	도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 재분석 기능 개발	Bet	√
	재해취약성분석 수행을 위한 정보 수집 및 저장 기술 개발	Bet	√
	재해취약성분석 공간위계별 분석지원 서비스 개발	Bet	√
	오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 프로그램 개발	Bet	√
	재해취약성분석 업무 프로세스에 따른 공간정보 및 통계 데이터 관리 체계 개발	Bet	√
도시공간 방재정보 관리체계 개발	도시 재해취약성 다면분석을 위한 정보플랫폼 개발	Draw	√
	재해예방형 도시계획 사례DB 및 적용결과 추적 및 활용 기술 개발	Draw	√
분석결과 의 평가, 검증, 모니터링 개발	재해취약성분석 주도인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼 개발	Bet	√
	관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화를 위한 제도 및 정책 개발	Bet	√
	재해취약성분석 프로세스 구축 및 장기적 추세 모니터링을 위한 시스템 개발	Draw	
	기후변화 모니터링을 통한 재해취약지구 예측 및 예방 시스템 개발	Draw	
	국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원 시스템 개발 방향 연구	Draw	
	대형재난 발생지역에 대한 재해취약성 분석결과 사후평가 및 개선방안 연구	Draw	√

3절. 연구개발과제 구성

1. 연구과제의 전체 구성

- 기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술개발 연구과제는 다음과 같이 전체 연구를 구성함



<그림 3-7> 연구개발과제의 구성 및 체계

- 본 연구개발의 세부연구내용 및 전체 구성에 대한 개념도는 다음과 같음



<그림 3-8> 연구개발과제의 전체 구성 개념도

○ 세부과제별 목표 및 구성

- 1세부 과제는 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발을 목표로 분석 지표 및 가중치 연구, 재해취약성분석 공간단위 설정과 프로세스 개발 등의 분석 정밀화 기법으로 구성되어 있으며, 2세부와 연계하여 기초자료 확보 및 분석방법 기술에 초점을 맞추어 연구함
- 2세부 과제는 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발을 목적으로 공간단위 분할기법, 재해유형별·공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 및 오픈소스 기반의 재해취약성분석, 재해취약성 변화 재분석 기능 개발을 수행하도록 함. 이를 위해 1세부와 연계하여 재해취약성 분석기법 및 개발 프로세스를 공유하여 소프트웨어 개발을 목표로 함
- 3세부 과제는 재해취약성 다면분석, 재해예방형 도시계획 지식DB 설계, 재해취약성분석 평가 및 검증, 변화 예측기술, 정보통합 활용기술로 구성되어 있으며, 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발을 목적으로 함. 재해취약성분석 시스템의 지속적인 성장을 위해 시계열적 DB를 축적할 수 있도록 설계하고, 분석 결과의 평가, 검증을 수행하고, 정보를 통합 활용할 수 있는 시스템을 개발하여 1, 2세부를 지원함

2. 세부과제 구성

가. 세부과제 도출

- 세부과제를 도출하기 위하여 이전에 수집한 기술 수요조사과제들을 대상으로 전문가 자문회의 및 연구진 회의를 기술중요도, 기술수준 등을 고려하여 세부과제를 도출

나. 기술 중요도 분석

- 기술의 중요도 분석은 본 기획과제의 방향설정 및 성과제고를 위한 중요한 절차로서, 전체 연구의 가치가 극대화 될 수 있도록 사회적 요구와 필요성이 높은 유망 기술에 자원을 배분하기 위한 도구임
- 기술 중요도 분석은 기존 연구동향 및 관련 기술위원(전문가)들과 자문회의를 통해 도출된 결과를 활용

다. 세부과제 도출 및 연구내용

- 국내외 동향분석 결과와 전문가 자문회의, 연구진 회의 결과에 기초하여 본 연구(실제연구) 추진을 위한 과제를 도출함
- 분석을 통해 도출된 과제별 중복성 여부를 검토하여 최종 후보과제를 선정, 총 13개의 과제가 도출됨

중점 추진분야	과제도출 결과	최종 후보과제
분석 정밀화기법 및 데이터 표준화 설계	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 분석지표 pool 개발	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
	지역 상황을 반영한 기후변화 재해 적응 대책 도출을 위한 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
다위계 재해취약성 분석 방법 설계 및 활용시나리오 개발	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성 분석 프로세스 개발	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성 분석 프로세스 개발
	공간위계 스케일을 고려한 취약성분석 평가지표 개발	기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발

중점 추진분야	과제도출 결과	최종 후보과제
재해취약성 분석 표준 프로그램 개발	재해취약성분석 공간위계별 분석지원 서 비스 개발	기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단 위 분할기법 개발
	기후변화 재해유형별 재해취약성분석 자 동화 기술 개발	기후변화 재해유형별 · 공간위계별 재해 취약성분석 자동화 기술 개발
	오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 프 로그램 개발	오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
	재해취약성분석 업무 프로세스에 따른 공 간정보 및 통계 데이터 관리 체계 개발	
	재해취약성분석 수행을 위한 정보 수집 및 저장 기술 개발	
	도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취 약성 변화 재분석 기능 개발	시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발
	건축물 및 단지규모 재해취약성분석 및 활용 기술개발	
	시나리오 플래닝 기반 다위계 재해취약 성분석 결과 활용 기술 개발	
도시공간 방재정보 관리체계 개발	도시 재해취약성 다면분석을 위한 정보 플랫폼 개발	도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
	재해예방형 도시계획 사례DB 및 적용결 과 추적 및 활용 기술 개발	재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기 술 개발
분석결과 의 평가, 검증, 모니터링 개발	대형재난 발생지역에 대한 재해취약성분 석결과 사후평가 및 개선방안 연구	재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
	재해취약성분석 프로세스 구축 및 장기 적 추세 모니터링을 위한 시스템 개발	재해취약성 변화 예측 기술 개발
	기후변화 모니터링을 통한 재해취약지구 예측 및 예방 시스템 개발	
	관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성 분석 주류화를 위한 제도 및 정책 개발	재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발
	국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성 분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방 향 연구	
	재해취약성분석 주도인력 양성을 위한 오픈형 교육 플랫폼 개발	

4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

- 1세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발

과제명	· 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
연구목표	· 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 Pool 구성 및 분석 공간단위 개발
연구 필요성	· 기존의 전국 공통의 분석지표 및 분석 공간단위 사용으로 인해 발생하는 획일적 대책 수립 한계 극복 필요
기술유형/성과유형	· 기초/ 기법
주요 구성기술	· 기후변화 재해 유형별 분석지표 pool · 공간위계 스케일을 고려한 기후변화 재해취약성 분석지표 · 지역특성을 고려한 기후변화 재해취약성 분석지표 · 기후변화 재해취약성 유형 세분화 프로세스
기술확보전략	· 재해취약성분석 컨설팅 및 검증을 통해 확보된 지자체 재해취약성분석 결과 유형화 · 재해취약성분석 관련 도시방재 및 도시계획 전문가 확보 · 주요 선진국 기후변화 재해취약성 유형 세분화 선행연구 및 협력 네트워크 구축
기존기술 활용방안	· 국토연구원 및 관련 연구기관을 통해 제공된 기후변화 재해취약성 연구 및 교육 자료를 활용하여 재해유형별, 지역별 재해취약성 유형 세분화
최종성과물 활용방안	· 현재 지자체 도시계획 분야에서 활용되는 재해취약성분석 결과를 1차 검토하여 실질적 대책 수립시 장기 계획 수립 및 예산 배분 근거로 활용 · 지속적 유형 세분화 및 지표 개선, 맞춤형 분석 공간단위 표준화를 통해 장기 추세 판단을 위한 자료 축적 및 경비 절감 효율성 제고

과제명	· 지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
연구목표	· 지역 상황을 정확하게 반영하기 위한 분석지표 가중치 및 가중치 추천기술 개발
연구 필요성	· 지역의 기후변화 재해취약성에 대한 정확한 판단에 근거한 대책 수립을 위해 지역 상황에 따라 분석지표 가중치를 조정할 수 있는 기능 개발 필요
기술유형/성과유형	· 기초/ 기법
주요 구성기술	· 기후변화 재해취약성분석 결과 정확성 제고를 위한 분석지표 가중치 설정 기술 · 기후변화 재해취약성 분석을 위한 공간위계별 가중치 · 기후변화 재해취약성 분석을 위한 지역별 가중치
기술확보전략	· 기후변화 재해 관련 지역전문가 확보를 통해 지역 상황별 분석지표 우선순위 설정 · 도시 기후변화 재해취약성 관련 분석지표 가중치 시뮬레이션 및 지능형 판단기술 전문인력 확보 · 주요 선진국 기후변화 재해취약성 분석지표 가중치 선행연구 및 협력 네트워크 구축
기존기술 활용방안	· 국토부, 환경부, 기상청, 국민안전처 R&D로 추진된 기후변화 관련 연구결과 중 지역 상황 분석 시뮬레이션 결과 활용
최종성과물 활용방안	· 지역의 재해취약성을 정확하게 판단하여 기존에 추진되고 있는 재해저감대책 평가 및 효과에 대한 검증에 활용 · 분석지표 가중치를 고도화하여 지역별 위험요소를 고려한 재해취약지역 파악

과제명	· 기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발
연구목표	· 기후변화 재해유형별 다중 공간스케일 재해취약성분석 프로세스 개발
연구 필요성	· 기후변화 재해위험을 관리하기 위해 광역적, 국지적 재해취약 특성을 함께 분석하여 유기적 대책 수립에 활용 필요
기술유형/성과유형	· 응용/ 기법
주요 구성기술	· 네트워크 기반 다위계 재해취약성 분석방법 · 기후변화 재해취약성분석 프로세스 모듈
기술확보전략	· 네트워크 분석 관련 전문가 확보 · 재해취약특성 추적 관련 도시방재 및 도시계획 전문가 확보
기존기술 활용방안	· 기존 재해취약성 변화 모니터링 관련 연구결과를 활용하여 재해취약특성 추적 네트워크 구축
최종성과물 활용방안	· 광역적, 장기적 기후변화 재해위험 관리를 위한 재해취약특성 변화 시뮬레이션에 활용 · 네트워크 기반 분석을 통해 재해취약 급소 파악 및 효과적인 타겟 대책 대상 파악에 활용

과제명	· 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발
연구목표	· 기후변화 재해취약성 분석결과 활용성 제고를 위한 새로운 공간단위 설정 기법 개발
연구 필요성	· 지역적 특성을 반영하고, 소규모 개발사업에 대해 실효성 있는 재해취약성 분석결과 적용을 위해서는 새로운 공간단위에 기초한 분석이 시급
기술유형/성과유형	· 응용/ 기법
주요 구성기술	· 재해취약성 분석을 위한 기초공간단위 설정 기법 · 계획의 공간적 범위에 부합되는 재해취약성 분석단위 설정 기술
기술확보전략	· 국내외의 공간분석 단위 사례 검토 · 기후변화 재해취약성 분석결과 활용성 제고를 위한 새로운 분석단위 개발에 대한 연구 추진 · 새로운 공간단위에 대한 데이터할당 기법 기술 개발에 대한 연구 추진
기존기술 활용방안	· 기존 연구 또는 사례의 적용가능성 검토 및 필요시 새로운 공간단위 분할
최종성과물 활용방안	· 기후변화 재해취약성 분석에 새로운 분석단위로 활용 · 국가 및 지역차원의 통계정보 수집 및 분석에 해당 기술 공유

○ 2세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발

과제명	· 기후변화 재해취약성 분석을 위한 공간단위 분할기법 개발
연구목표	· 새로운 공간단위(격자단위) 통계 정보 수집 및 활용을 위한 원천기술 개발
연구 필요성	· 격자단위 공간 자동 분할 및 행정구역 또는 집계구 단위의 통계정보를 격자 단위에 자동으로 할당할 수 있는 모듈 개발
기술유형/성과유형	· 응용/ 소프트웨어
주요 구성기술	· 재해취약성분석을 위한 공간분할 자동 모듈 개발 · 행정구역, 지적, 집계구 등 공간단위에 대한 격자단위 변환 모듈 개발
기술확보전략	· 공간단위 자동 분할 기술 프로세스 개발을 위한 프로그램 개발자 확보 · 데이터 변환관련 프로세스 및 DB 개발자 확보 · 행정구역 또는 집계구 단위 분석과 격자단위 분석 비교 분석·검증
기존기술 활용방안	· 기성 프로그램의 자동 구획 프로세스와 데이터 할당 기술의 소스코드 분석·활용
최종성과물 활용방안	· 기후변화 재해취약성 분석시 다양한 공간 규모로 설정으로 계획 내용에 따라 다양한 분석이 가능하며, 일반 도시계획을 비롯한 타분야 확장 가능 · 기존 국내 통계에 대해 격자단위 통계 확보 가능

과제명	· 기후변화 재해유형별·공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발
연구목표	· 재해유형별, 공간 위계별 재해취약성분석을 자동화하여 사용자 위주의 손쉬운 재해취약성 분석 실시
연구 필요성	· 지표 값 입력으로 재해취약성 결과가 자동 산정됨으로써 수작업에 의한 오류를 최소화하고 결과 값에 대한 정확성과 신뢰도 향상
기술유형/성과유형	· 응용/ 소프트웨어
주요 구성기술	· 재해취약성분석과 관련된 데이터 수집 및 저장 기술 · 재해유형별 및 공간위계를 고려한 DB설계 및 프로토타입
기술확보전략	· 타분야 자동화 기술 사례 검토 · 재해취약성 분석을 위한 프로세스를 부분별로 모듈화 추진 · 해당 프로그램을 위한 DB설계 및 프로그램 개발자 확보
기존기술 활용방안	· 해당 기술은 개발되어 있지 않은 신기술임
최종성과물 활용 방안	· 재해취약성 분석을 위한 기초 알고리즘 오픈 · 데이터의 수집 및 저장 기술의 공유

과제명	· 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
연구목표	· 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 데이터 관리 지원 프로그램 개발
연구 필요성	· 기존의 재해취약성분석은 고가의 외산 프로그램을 사용함에 따라 비용절감 및 국내 실정에 맞는 오픈소스 기반의 재해취약성분석 프로그램 필요
기술유형/성과유형	· 응용/소프트웨어
주요 구성기술	· 오픈소스 기반 공간분석 및 통계데이터 관리 기술 · 재해취약성분석 자동 산정 및 확인 모듈 · 오픈소스 기반 재해취약성분석 도구 및 openAPI 기반 결과 활용 기술
기술확보전략	· 재해취약성분석 업무 전문가 확보 · 해당 프로그램을 위한 오픈소스 기반 프로그램 개발자 확보
기존기술 활용방안	· 기존 GIS관련 프로그램에서 활용한 분석도구 및 오픈소스 기반 프로그램 최대한 활용
최종성과물 활용 방안	· 재해취약성분석 업무를 수행하는 공공기관 및 민간 기업에서 활용 · 재해취약성 정보관리 기초 알고리즘 제공

과제명	· 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발
연구목표	· 도시 내 도시계획 관련 행위로 인한 재해취약성 변화 가능성 파악 기술 개발
연구 필요성	· 도시 기후변화 재해취약성 관련 지자체 부서 및 업무 담당자의 의사결정 지원을 위한 기초 시뮬레이션 기술 필요
기술유형/성과유형	· 응용/ 소프트웨어
주요 구성기술	· 건축물 및 단지규모 재해저감대책에 의한 재해취약성 변화 시뮬레이션 기술 · 도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 분석 모듈 · 기후변화에 따른 장기 재해취약성 예측 및 검증 기술
기술확보전략	· 시나리오 플래닝 기반 기술 관련 IT 및 도시계획 전문가 확보 · 베이시안 네트워크 등 장기 추세 분석 관련 기술 연구소 및 기업 섭외 · 적응대책의 가시적 시뮬레이션 기술 보유 IT업체 확보 · 건축물 및 단지규모 재해저감대책 관련 도시 방재 및 도시계획 전문가 확보
기존기술 활용방안	· 국토부, 환경부, 국민안전처 R&D로 추진된 기후변화 리스크 네트워크 분석 관련 연구결과 활용 · 기존 건축물 및 단지규모 재해저감을 위한 시뮬레이션 기술 활용
최종성과물 활용방안	· 지자체 도시계획 입안 시 재해취약성 변화 영향에 대한 사전 검토 자료로 활용 · 국가 대형 계획에 대한 사전 타당성 분석시 재해영향에 대한 검토 자료로 활용 · 광역적 도시계획과 연계하여 건축물 및 단지규모의 재해위험 관리 통합지원 체계 구축에 활용

○ 3세부과제 : 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발

과제명	· 도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
연구목표	· 각 기관별 재해취약성 다면분석수행 및 정보 공유를 위한 정보 시스템 개발
연구 필요성	· 해당 재해취약지역에 대해 각 기관별로 바라보는 관점을 고려한 재해취약성 분석 수행 및 결과를 공유하는 빅데이터 기반의 정보 시스템이 요구됨
기술유형/성과유형	· 응용/ 시스템
주요 구성기술	· 다부처 재해취약성 분석정보 활용 지원 기술 · 재해취약성 분석결과 다면해석 기술 · 도시재해취약성 다면분석 모듈
기술확보전략	· 해당 시스템의 주요 기능을 효과적으로 구현할 수 있는 전문 업체 확보 · 도시 재해취약성 수요 기관과의 연계 네트워크 형성
기존기술 활용방안	· 시스템 연계 기술 활용
최종성과물 활용 방안	· 도시 재해취약성 분석 결과 정보제공 및 의사결정 지원 · 재해취약지역 현황 파악

과제명	· 재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발
연구목표	· 재해취약성분석을 위해 사용되는 자료를 지속적으로 축적하여 재해에 대한 선제적 대응방안 마련과 축적된 정보(빅데이터 등)를 활용한 신산업 육성
연구 필요성	· 재해취약지역을 지속적으로 관리하기 위해 취약지역의 정보 및 관련 DB의 시계열적 축적이 요구됨
기술유형/성과유형	· 응용/ 기법
주요 구성기술	· 재해취약지역의 사용자 활용 데이터 선정 · 재해취약지역 시계열 데이터 축적 DB 설계 · 사용자 친화형 재해예방 도시계획 DB 표준화 기술
기술확보전략	· 재해취약성분석 결과 축적 기술 · 다양한 고급 통계기술을 적용하여 축적된 취약지역 DB 활용 · 해당 시스템의 주요 기능을 효과적으로 구현할 수 있는 전문 업체 확보 · 재난위험 정보 공개의 범위 및 수준, 제공대상, 데이터 제공 openAPI 정의를 통해 지식DB에 대한 사용자 맞춤형 표준화 방안 마련
기존기술 활용방안	· 시계열 데이터 저장 기술 활용
최종성과물 활용 방안	· 취약지역 시계열적 정보 활용 · 도시·군 관리계획 반영을 위한 기초자료로 활용

과제명	· 재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
연구목표	· 시스템을 통한 재해취약성분석 결과에 대한 평가 및 실제 사례와의 비교를 통한 검증체계 개발
연구 필요성	· 재해취약성 분석 결과에 대한 정확도와 신뢰도 향상
기술유형/성과유형	· 응용/ 시스템
주요 구성기술	· 재해취약성분석의 단계적 세부 프로세스 정립 · 재해취약지역 재해피해도 검증 Feedback 체계 설계 · 재해취약성분석 결과 평가, 검증 프로세스 개발
기술확보전략	· 재해취약성분석의 정확성을 확보할 수 있는 전문 인력 확보 · 재해취약성분석의 사용자 Feedback이 가능한 프로세스 마련
기존기술 활용방안	· 해당 기술은 개발되어 있지 않은 신기술임
최종성과물 활용 방안	· 취약지역 맞춤형 재해취약성분석 프로세스 · 도시·군 관리계획 반영을 위한 기초자료로 활용

과제명	· 재해취약성 변화 예측 기술 개발
연구목표	· 재해취약성분석의 변화 예측을 통한 재해취약지구 예방 시스템 개발
연구 필요성	· 재해취약성분석 결과에 대한 변화를 파악하여 효과적으로 활용할 수 있도록 장기적인 분석 및 예측 기술 개발이 요구됨
기술유형/성과유형	· 응용/ 소프트웨어
주요 구성기술	· 재해취약성분석 변화 예측 알고리즘 설계 · 재해취약성분석 변화 예측을 위한 프로세스 개발 · 재해취약성분석 변화 예측 모듈 개발
기술확보전략	· 해당 알고리즘을 구현할 수 있는 전문 인력 확보 · 재해취약성분석의 장기 추세변화 모니터링
기존기술 활용방안	· 해당 기술은 개발되어 있지 않은 신기술임
최종성과물 활용 방안	· 재해취약성분석 설계시스템 실증을 위한 기초자료 제공 · 재해취약성분석 변화 예측을 위한 기초 알고리즘 제공

과제명	· 재해취약성분석 정보 통합 활용 기술 개발
연구목표	· 기후변화 재해취약성분석 제도의 조기 정착과 관련분야 확산을 위한 체계적 지원체계 마련
연구 필요성	· 기후변화 재해위험 관리를 위한 지속적 제도 개선 모멘텀 확보와 도시방재 커뮤니티 조성을 위한 지원체계 필요
기술유형/성과유형	· 응용/ 기법
주요 구성기술	· 관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화 지원 기술 · 국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방향 연구 · 재해취약성분석 보급 기술
기술확보전략	· 관련분야 기후변화 재해취약성분석 활용 관련 수요 조사 및 전문가 확보 · 국가 기반시설 계획 시 필요한 장단기 재해위험 기초조사 선행연구 및 해외 전문가 확보 · 수요자 맞춤형 재해취약성분석 방법론 및 자료 제공 기술 개발을 위한 지역별 경험사례 자료 확보
기존기술 활용방안	· 기존 재해예방형 도시계획 수립상의 애로사항 수렴을 통해 재해취약성분석 정보 활용성 극대화 및 관련분야 확산을 위한 기반 마련 추진력 확보
최종성과물 활용방안	· 도시계획분야 기후변화 재해취약성분석 활용성 제고 및 도시재생 사업 대상지 선정 과학화 지원 · 재해취약성분석 및 도시방재 커뮤니티의 지식성장 지원체계 구축에 활용 · 지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원체계 개발에 활용

2. 추진전략

가. 연구추진 체계

- 본 기획에서 수립하는 “도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Based System) 개발” 과제는 체계적이고 과학적으로 관리하기 위한 핵심요소기술을 개발하고 이를 유기적으로 연계한 통합관리기술을 개발하는 과제로 연구의 목적과 최종결과물의 성격상 “연구단 수준”의 추진체계 구성 추진 또는 세부 과제별 추진이 적합할 것으로 판단됨

나. 추진조직

- “도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Based System) 개발” 연구단은 기초·원천기술의 개발, 실용화, 관리정책 제언 등을 포함하는 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로, 산·학·연간의 유연한 연계가 가능한 추진조직이 필요함
- 연구과제의 최종연구 성과물인 “도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Based System)”을 개발하고 완성도를 제고하기 위해서는 재해취약성분석 및 시스템 개발, 관리가 가능한 산업계의 참여가 필요함, 또한 이를 통해 시스템의 지속적인 유지보수가 가능함
- 성공적인 연구수행을 위해서는 개별적인 기초·원천기술의 개발 및 성과물 도출과 더불어, 각 연구성과를 체계적으로 연계·종합하여 최종 성과물을 도출해야 함
- 전체 연구조직은 산, 학, 연이 연계되고 상호보완 및 지원이 이루어지도록 구성하고 해외기관과의 교류 및 협조체계 구축 또는 공동연구 추진이 요구됨

다. 추진체계

- 목표달성을 위한 연구추진체계
- 연구추진 시 주관 및 협동기관은 각자 담당하는 연구내용에 부합하는 연구성과물을 도출하고, 이의 활용이 이루어질 수 있도록 연구 추진체계를 구성
- 연구의 계획단계에서부터 연구를 성공적으로 달성 할 수 있는 수준의 성과목표 및 성과지표를 제언·유도하고, 연구수행 중 지속적인 성과목표의 달성 및 관리가 가능하도록 연구를 추진함
- 전문기관의 의한 검증을 통해 연구성과를 검증하고 실용화를 모색할 수 있도록 연구를 추진함

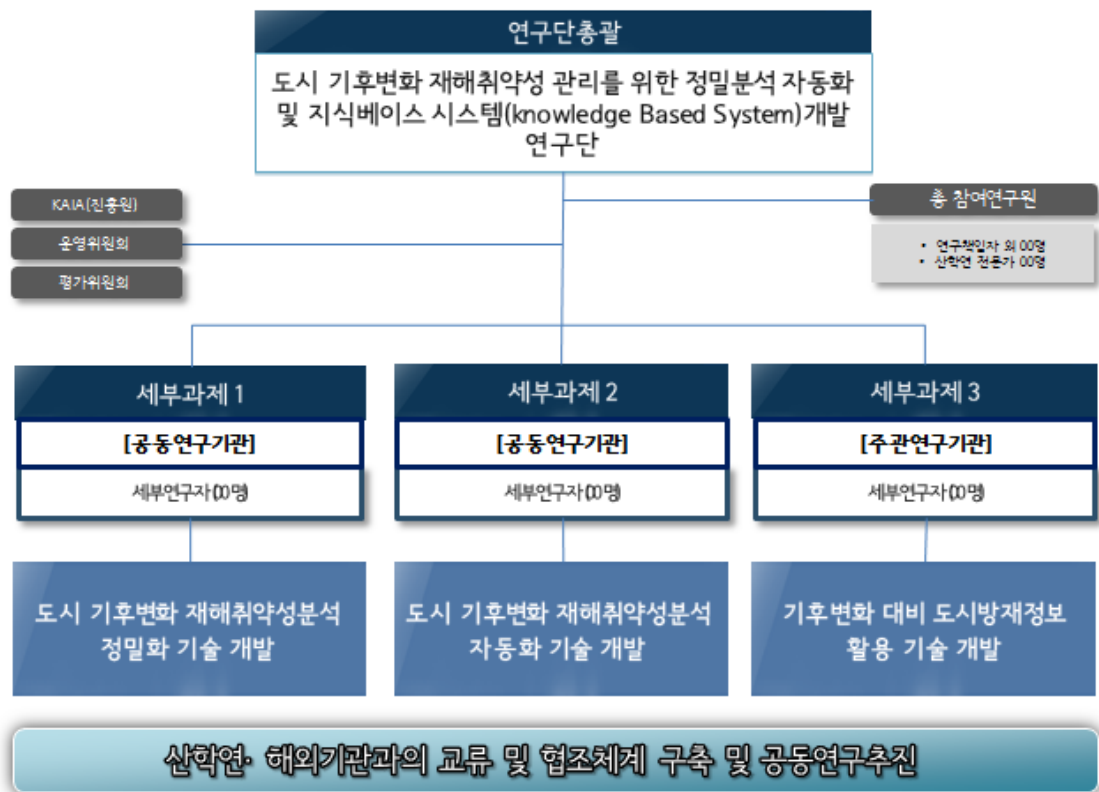
○ 종합적인 관리체계

- 연구기간 중 환경 및 여건의 변화를 지속적으로 모니터링 하면서 유연하게 대처할 수 있도록 조직을 구성하여 연구를 추진함
- 연구추진 시 세부과제별 연계성 확보를 통한 최종목표 도출 추진체계 수립
- 추후 전체 예산규모에 따라 과제별 성과를 고려한 예산배정 및 연구수행기간조정을 통해 우수한 과제지원이 가능하도록 함

라. 과제추진체계 설정

○ 본 기획연구를 통해 도출되는 본 연구의 내용은 3가지 세부과제로 구성됨

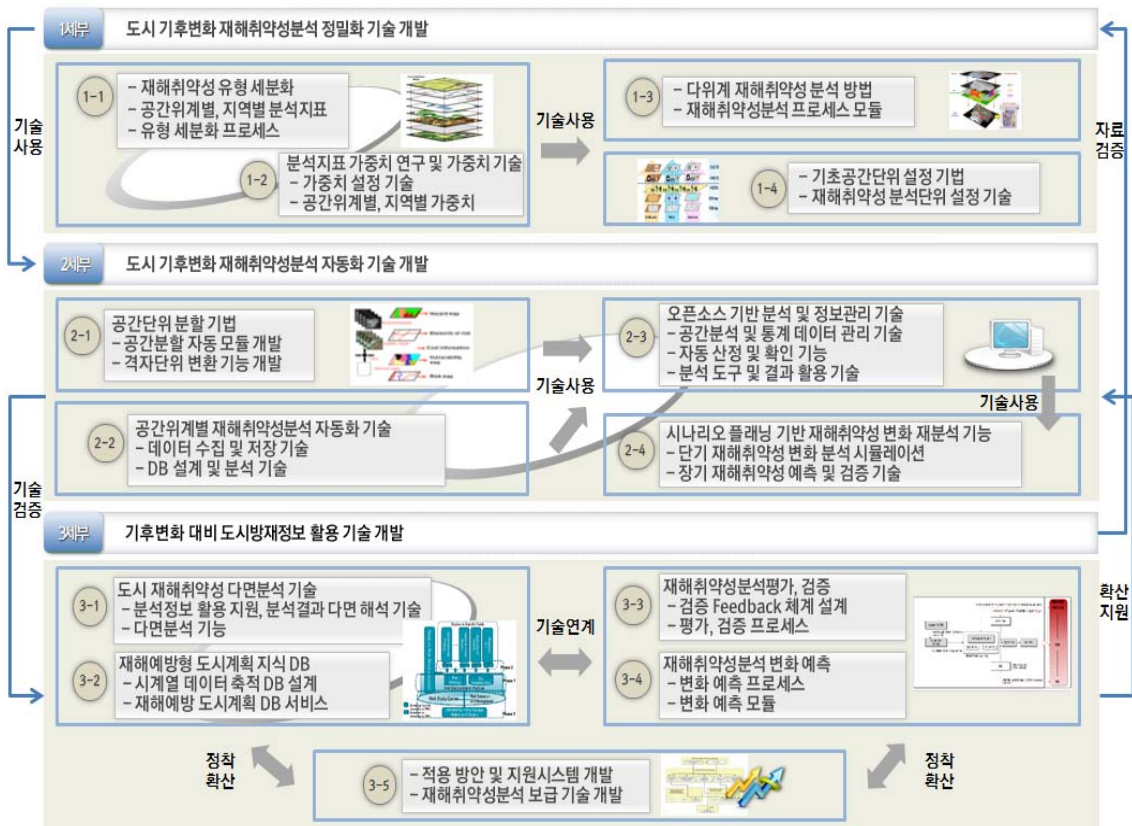
- (1 세부과제) 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발 :
 - (1-1) 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
 - (1-2) 지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
 - (1-3) 기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발
 - (1-4) 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발
- (2 세부과제) 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발 :
 - (2-1) 기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단위 분할기법 개발
 - (2-2) 기후변화 재해유형별 · 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발
 - (2-3) 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
 - (2-4) 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발
- (3 세부과제) 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발 :
 - (3-1) 도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
 - (3-2) 재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발
 - (3-3) 재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
 - (3-4) 재해취약성 변화 예측 기술 개발
 - (3-5) 재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발



〈그림 3-9〉 연구단 연구추진 체계

5절. 세부과제 간 연계관계

- 세부과제 간 연계관계는 다음 <그림 3-10>에 도식화하여 표현하였음
- 세부과제는 다음과 같이 1세부과제 “도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발” 과 2세부과제 “도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발”, 3세부과제는 “기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발” 을 제안함
- 1세부 과제 기술을 기반으로 2세부 과제에서 재해취약성분석 자동화 기술을 개발하고 이 기술을 통해 3세부 과제에서 지속적으로 재해취약성분석 결과를 검증하고 변화를 예측하도록 설계함. 또한 3세부 과제를 통해 2세부 과제의 기술이 활성화 및 확산되도록 지원하고 1세부 과제에서의 개발되는 지표 및 방법론들을 검증하고 시계열 데이터가 축적되도록 마련하는 연계관계를 구성함
- 1세부 내에서는 재해취약성 분석지표의 정밀화를 위해 개발한 유형 세분화, 공간위계별과 지역별, 가중치 기술들을 사용하여 다위계 재해취약성분석 방법과 분석단위를 설정하도록 연계됨
- 2세부 내에서는 공간단위 분할 기법과 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술을 사용하여 오픈소스 기반 분석 및 정보관리 프로그램에 적용하고 이를 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기능의 장·단기 재해취약성 분석에 반영하도록 연계됨
- 3세부 내에서는 도시 재해취약성 다면분석 정보 시스템과 재해예방형 도시계획 지식 DB의 서비스 기술을 통해 도시공간방재정보 관리체계를 개발하고, 재해취약성 분석 평가 및 검증, 재해취약성 변화 예측 기술과 연계하도록 함. 또한 이 기술들이 정착되고 확산되도록 지원하는 기술들로 구성함

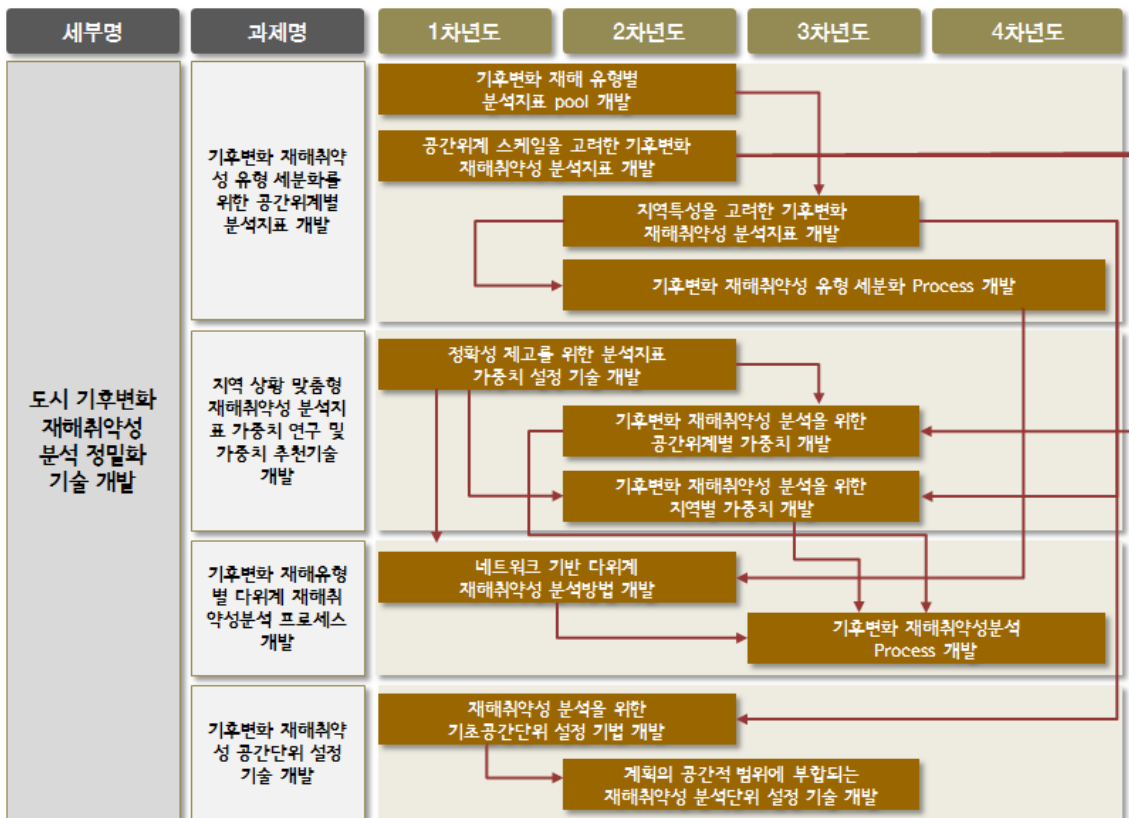


〈그림 3-10〉 세부과제 간 연계관계

6절. 과제별 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

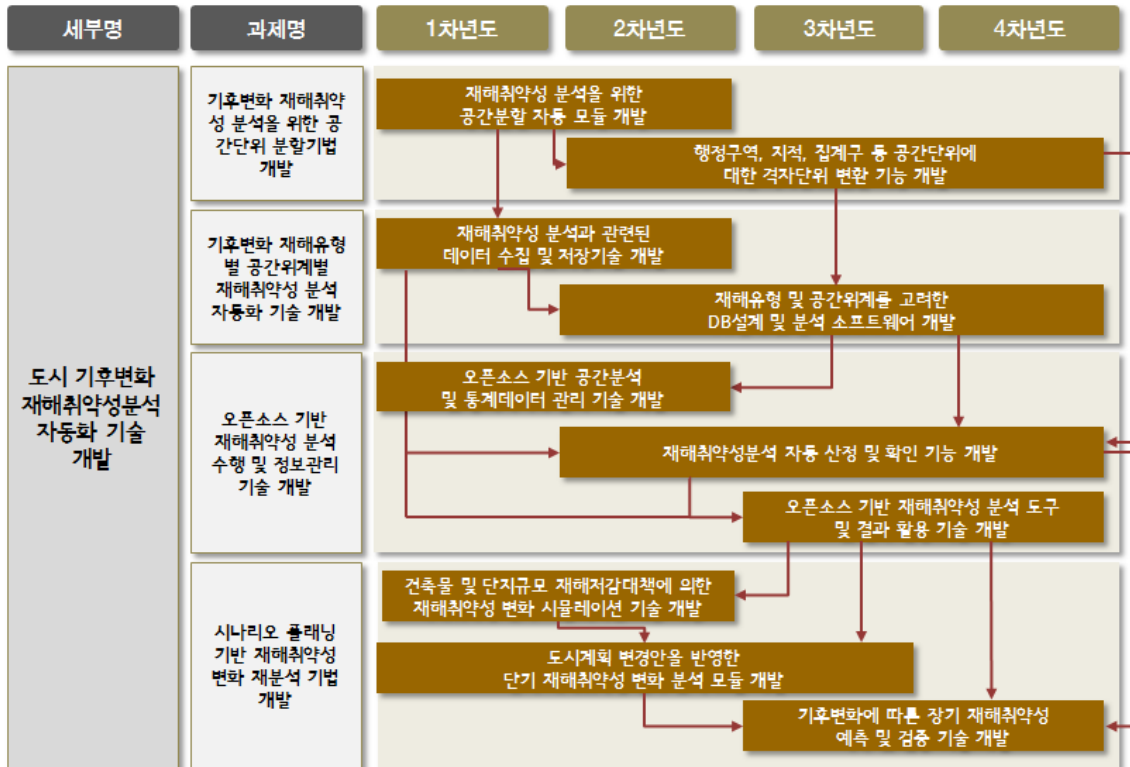
1. 과제별 연차별 기술로드맵

- 1세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발
 - (1-1) 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
 - (1-2) 지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
 - (1-3) 기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발
 - (1-4) 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발



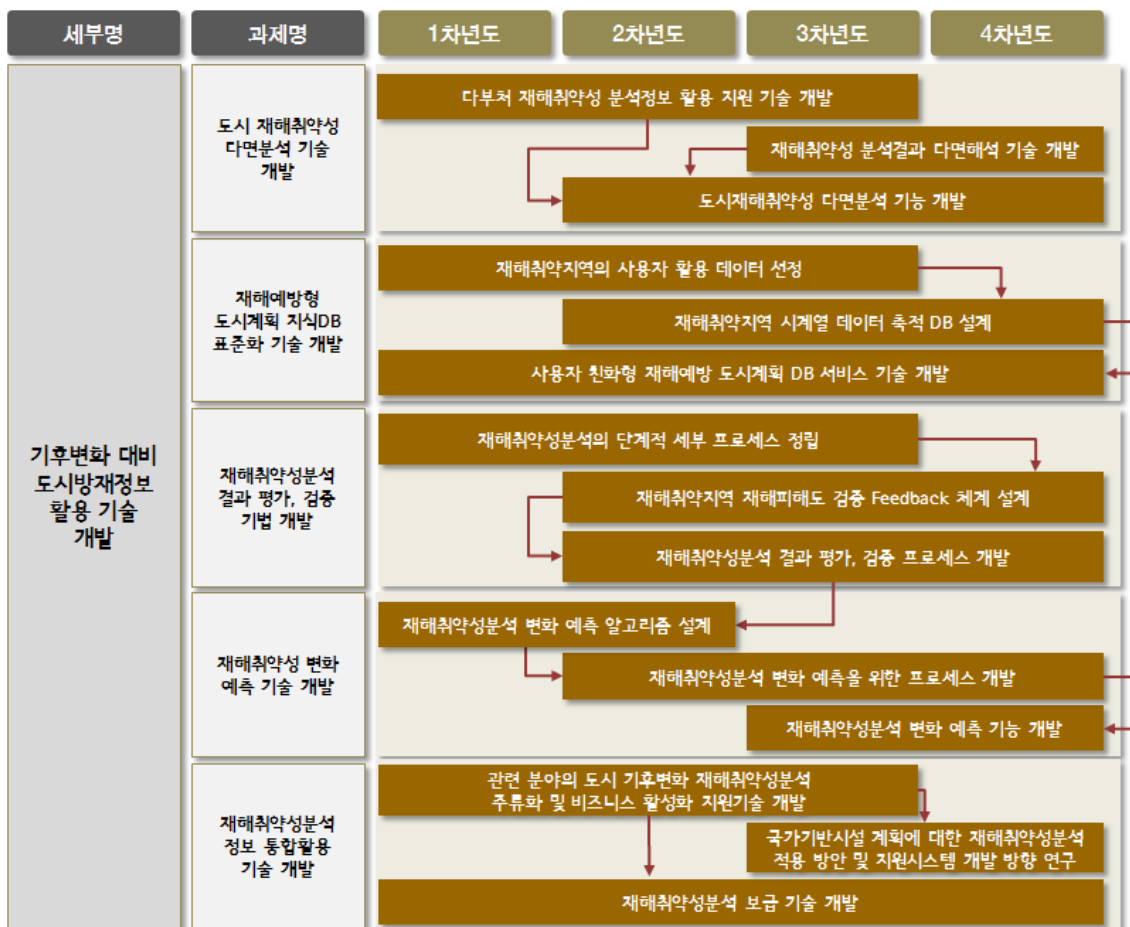
<그림 3-11> 1세부 과제 기술로드맵

- 2세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발
 - (2-1) 기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단위 분할기법 개발
 - (2-2) 기후변화 재해유형별 · 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발
 - (2-3) 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
 - (2-4) 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발



<그림 3-12> 2세부 과제 기술로드맵

- 3세부과제 : 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발
 - (3-1) 도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
 - (3-2) 재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발
 - (3-3) 재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
 - (3-4) 재해취약성 변화 예측 기술 개발
 - (3-5) 재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발

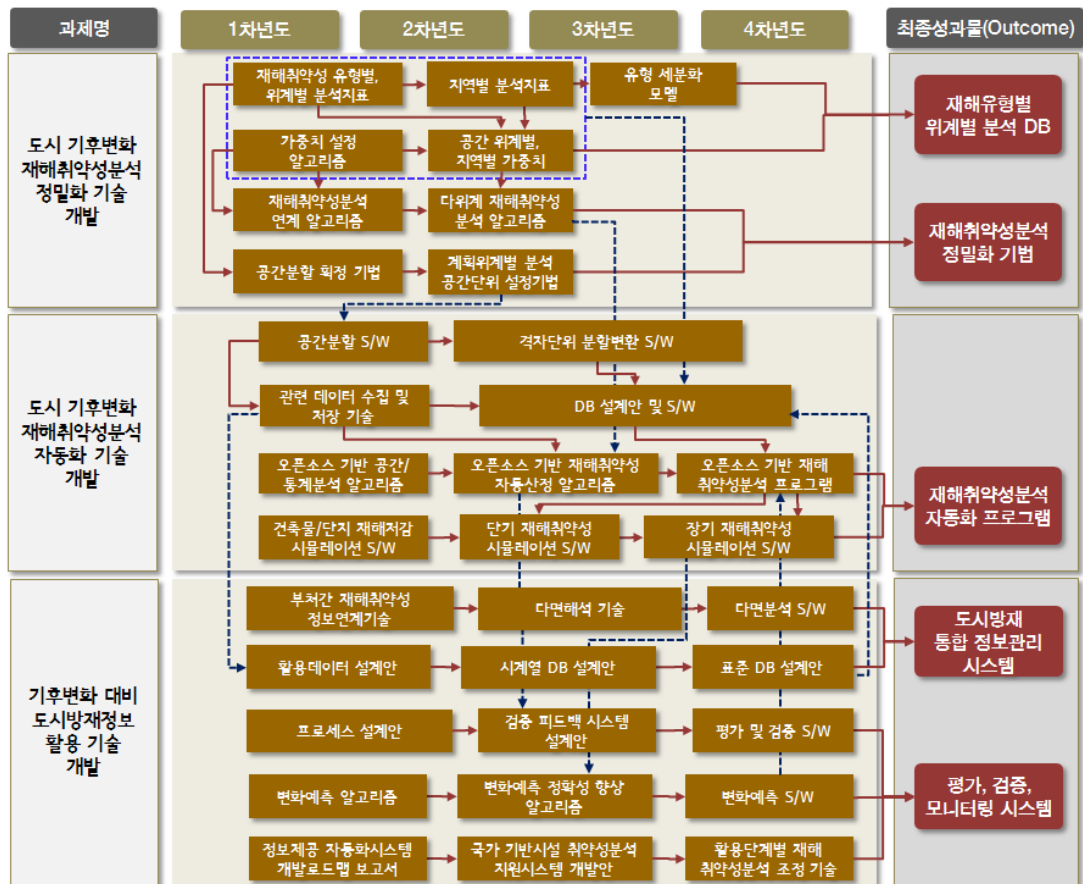


<그림 3-13> 3세부 과제 기술로드맵

2. 성과로드맵

가. 세부별 성과물

- 연구 성과물은 필수적으로 도출되어야 할 산출물(Output)과 최종적으로 도출되는 최종성과물(Outcome)을 세부과제별로 선정함. 성과물은 세부과제별로 제시되며, 세부과제별 성과물이 각각 연계되어 최종적인 연구 성과를 달성할 수 있음
- 세부 연구목표별 산출물과 세부과제별 성과물은 다음과 같이 연계됨



〈그림 3-14〉 과제별 · 단계별 산출물 및 성과물 로드맵

- 성과물은 세부별로 각각 재해유형별 위계별 분석 DB, 재해취약성분석 정밀화 기법, 재해취약성분석 자동화 프로그램, 도시방재 통합정보관리 시스템 및 평가, 검증, 모니터링 시스템이 도출됨
- 성과물별 형태로 살펴보면 공간위계별, 지역별로의 분석지표, 가중치, 유형 세분화(공법/기법), 재해유형별, 공간위계별 및 가중치를 적용한 오픈소스 기반 재해취약성분석 소프트웨어(S/W), 재해취약성 다면분석, 평가 및 검증, 변화 예측(시스템) 등이 있음

과제명	세세부 과제	주요성과물	성과물 형태
[1세부] 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발	기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발	· 재해취약성 유형별, 위계별 분석지표 · 지역별 분석지표 · 유형 세분화 모델	공법/기법
	지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	· 가중치 설정 알고리즘 · 공간 위계별, 지역별 가중치	공법/기법
	기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	· 재해취약성분석 연계 알고리즘 · 다위계 재해취약성 분석 알고리즘	공법/기법
	기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발	· 공간분할 확정 기법 · 계획위계별 분석공간단위 설정기법	공법/기법
[2세부] 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발	기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단위 분할기법 개발	· 공간분할 소프트웨어 · 격자단위 분할변환 소프트웨어	소프트웨어
	기후변화 재해유형별 · 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발	· 관련데이터 수집 및 저장 기술 · DB 설계안 및 소프트웨어	소프트웨어
	오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발	· 오픈소스 기반 공간 및 통계분석 알고리즘 · 오픈소스 기반 재해취약성 자동산정 알고리즘 · 오픈소스 기반 재해취약성분석 프로그램	소프트웨어
	시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발	· 건축물 및 단지 재해저감 시뮬레이션 · 단기 재해취약성분석 시뮬레이션 · 장기 재해취약성분석 시뮬레이션	소프트웨어
[3세부] 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발	도시 재해취약성 다면분석 기술 개발	· 부처간 재해취약성 정보연계 기술 · 다면해석 기술 · 다면분석 소프트웨어	시스템
	재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발	· 활용데이터 설계안 · 시계열 DB 설계안 · 표준 DB 설계안	공법/기법
	재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발	· 프로세스 설계안 · 검증 피드백 시스템 설계안 · 평가 및 검증 소프트웨어	시스템
	재해취약성 변화 예측 기술 개발	· 변화예측 알고리즘 · 변화예측 정확성 향상 알고리즘 · 변화예측 소프트웨어	소프트웨어
	재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발	· 정보제공 자동화시스템 개발로드맵 보고서 · 국가 기반시설 취약성분석 지원시스템 개발안 · 활용단계별 재해취약성분석 조정기술	공법/기법

나. 프로그램 파일럿 테스트 및 검증방안

(1) 프로그램 파일럿 테스트

- 오픈소스 기반 재해취약성분석 프로그램을 테스트하기 위해 시범 대상도시 선정
- 지자체 담당공무원, 엔지니어링 회사의 재해취약성 분석 실무담당자 등에게 프로그램 메뉴얼 제공
- 프로그램 메뉴얼에 따라 프로그램 구현 시험
- 프로그램 사용의 용이성, 프로그램의 기능성, 자동화에 대한 효용성, 분석 값에 대한 신뢰성 등에 대한 보완 및 개선사항 도출

(2) 검증방안

- GS 인증제도
 - GS(Good Software) 인증제도는 문서심사만으로 인증을 부여하는 것이 아니라 고객이 사용하게 될 실제 운영환경의 테스트베드를 갖추고 철저한 제품(프로그램, 사용자매뉴얼) 시험을 통해 품질을 인증하는 제도



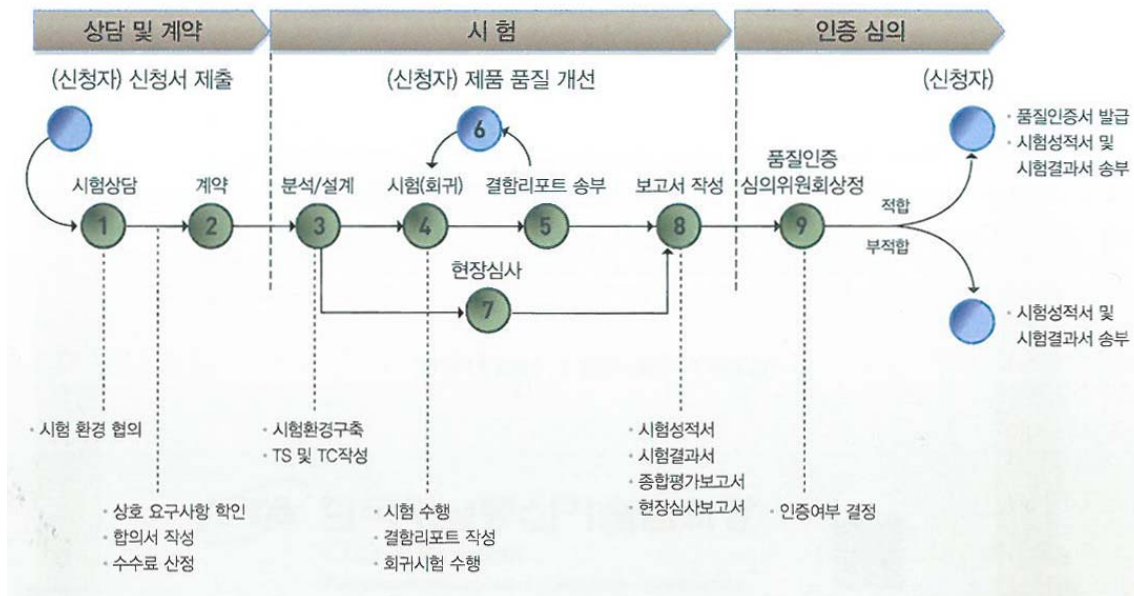
〈그림 3-15〉 소프트웨어 시험·인증 기준

자료: <http://www.tta.or.kr/index.jsp>

- 소프트웨어산업진흥법 제13조에 의거한 소프트웨어의 품질 인증으로 ISO/IEC 9126과 ISO/IEC 25041, ISO/IEC 25051 국제표준에 근거한 품질평가 모델을 기반으로 기능성, 사용성, 이식성, 효율성, 신뢰성, 유지보수성에 등에 대해 소프트

웨어시험인증연구소²¹⁾에서 시험·인증

- 오픈소스 기반 재해취약성분석 프로그램에 대한 GS 인증을 실시하여 프로그램에 대한 품질인증 확보



<그림 3-16> GS인증 1등급 시험·인증 절차

자료: <http://www.tta.or.kr/index.jsp>

- 재해취약성분석 정확성 검증 관련하여, 본 연구(실제연구)의 최종 성과물 중 ‘오픈소스 기반 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 프로그램’의 결과물을 검증하기 위하여 2018년까지 1차 완료 예정인 전국 지자체 재해취약성분석 결과를 확보하여 축적하고, 2023년까지 2차 수행 예정인 전국 지자체 재해취약성분석 결과와 비교 수행
- 2018년부터 2023년 사이에 발생하는 기후변화 재해 피해 현황을 분석하여 1차 재해취약성분석 결과에서 제시된 취약요인과의 정합성 여부를 검증
- 2018년 이후 발생하는 대규모 도시개발 사업 내용을 반영한 도시 기후변화 재해취약성 재분석 결과를 축적하여 추후에 분석하는 2차 재해취약성분석 결과와 비교하여 검증
- 재해취약성분석 결과물 활용성 검증 관련하여, 본 연구(실제연구)의 최종 성과물인 ‘도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템’을 통해 산출되는 결과물을 검증하기 위하여 2018년부터 2023년 사이에 적용되는

21) 국가를 대표하는 제3자 소프트웨어시험·인증기관

- 재해예방형 도시계획의 영향과 재해취약성 미래 예측 결과를 추적하여 비교 검증
- 2018년까지 완료예정인 1차 재해취약성분석 결과에 근거하여 수립되는 도시·군 기본계획과 도시·군관리계획을 통해 도출된 재해예방형 도시계획의 효과를 추적하여 2023년까지 수행될 예정인 2차 재해취약성분석 결과에 반영 여부 검증
- 2018년부터 2023년 사이에 적용된 재해예방형 도시계획을 통해 저감된 재해피해 현황 데이터를 추적하여 재해취약성 분석결과의 변화예측 결과와의 일치여부 정합성 검증

다. 테스트베드 적용방안

- 본 연구를 통해 구축될 최종성과물의 실용화를 위해서는 다양한 사용주체를 대상으로 테스트를 진행할 필요가 있음
- ‘오픈소스 기반 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 프로그램’의 테스트베드는 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에서 규정하는 검증기관 또는 지자체의 재해취약성분석을 직접 수행하는 전문기관들 중 1개 업체를 선정하여 테스트베드로 지정
 - 검증기관은 재해취약성분석 방법론 정립과 지자체의 재해취약성분석 결과검증을 위한 다수의 분석 경험을 보유하고 있기 때문에 재해취약성분석 정확성 및 프로세스 완결성 테스트베드로 적절
 - 또한, 전문기관은 입찰공고를 통해 지자체의 재해취약성 분석을 수행하고 있기 때문에 실제 애로사항 개선 및 효율성 제고 여부 테스트베드로 적절하나, 전문기관을 테스트베드로 선정할 경우 재해취약성분석 교육을 이수한 기술자를 3명 이상 보유하고, 최근 5년간 5건 이상의 재해취약성분석을 수행한 경험이 있는 기관을 대상으로 선정함
- 이때, 사례지역은 다양한 재해취약특성 유형을 고려할 수 있도록 선정자문위원회를 구성하여 선정토록 함.
 - 사례지역의 선정은 특별·광역시와 시도, 도시와 농촌, 내륙과 해안, 산간과 평야 등과 같이 도시의 특성이 상이한 지역들을 비교분석할 수 있도록 사례지역을 선정토록 함
- 테스트베드의 역할은 사례지역에 대해 새로운 격자형 분석단위와 분석프로세스를 기반으로 재해유형별, 공간위계별, 지역특성별 분석지표를 선정하여 DB를 구축함
- 분석은 기존의 방식과 동일하게 매뉴얼에 따른 분석과 본 연구를 통해 구축된 자동화 시스템을 활용하여 분석으로 구분하여 수행함

- 두 가지 방법에 의한 재해취약성 분석결과 비교 보고서를 작성하고, 결과 값이 상이할 경우 그 원인과 해결책 또는 개선방안을 제시토록 함

라. 유지보수 방안

- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물인 ‘기후변화 대비 도시방재 통합정보 관리시스템’은 국토교통부가 운용하되, 시스템의 효율적 운영을 위하여 위탁기관을 지정할 수 있음
- 또한, 국토교통부로부터 위탁받은 기관은 시스템의 안정적 운용을 위해 유지보수가 필요한 경우 전문지식과 기술을 보유한 업체를 선정, 별도의 계약을 통해 그 업무를 수행토록 함
 - 선정된 유지보수업체는 유지보수 계획과 각 분야별 인력투입계획, 예상소요비용 등을 제출하여야 함
 - 유지보수의 범위는 하드웨어, 시스템 소프트웨어 및 개발 구축한 응용시스템과 구축 DB, 지지체 제공프로그램을 대상으로 하며, 필요한 경우 별도로 유지보수 범위를 정할 수 있음
- 유지보수에 필요한 비용은 국고보조, ‘기후변화 대비 도시방재 통합정보 관리시스템’ 상의 정보 제공, 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 컨설팅 또는 교육 제공 비용 등으로 충당함. 단 정보제공 범위는 국토교통부와 협의를 통해 추후에 별도로 정함

7절. 성과의 활용방안

1. 성과물 활용방안

- 본 과제의 최종 성과물인 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Base System) 개발을 통해 재해예방형 도시계획 수립 시 정확한 자료를 제공함으로써 도시방재성능 목표달성 및 관리에 활용할 수 있음
- 1세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발
 - 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발
 - 현재 지자체 도시계획 분야에서 활용되는 재해취약성분석 결과를 1차 검토하여 실질적 대책 수립 시 장기 계획 수립 및 예산 배분 근거로 활용
 - 지속적 유형 세분화 및 지표 개선, 맞춤형 분석 공간단위 표준화를 통해 장기 추세 판단을 위한 자료 축적 및 경비 절감 효율성 제고
 - 지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발
 - 지역의 재해취약성을 정확하게 판단하여 기존에 추진되고 있는 재해저감대책 평가 및 효과에 대한 검증에 활용
 - 분석지표 가중치를 고도화하여 지역별 위험요소를 고려한 재해취약지역 파악
 - 기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발
 - 광역적, 장기적 기후변화 재해위험 관리를 위한 재해취약특성 변화 시뮬레이션에 활용
 - 네트워크 기반 분석을 통해 재해취약 급소 파악 및 효과적인 타겟 대책 대상 파악에 활용
 - 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발
 - 기후변화 재해취약성 분석에 새로운 분석단위로 활용
 - 국가 및 지역차원의 통계정보 수집 및 분석에 해당 기술 공유
- 2세부과제 : 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발
 - 기후변화 재해취약성 분석을 위한 공간단위 분할기법 개발
 - 기후변화 재해취약성 분석 시 다양한 공간 규모로 설정으로 계획 내용에 따라 다양한 분석이 가능하며, 일반 도시계획을 비롯한 타분야 확장
 - 기존 국내 통계에 대해 격자단위 통계 확보
 - 기후변화 재해유형별 · 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발

- 재해취약성 분석을 위한 기초 알고리즘 오픈
- 데이터의 수집 및 저장 기술의 공유
- 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발
 - 재해취약성분석 업무를 수행하는 공공기관 및 민간 기업에서 활용
 - 재해취약성 정보관리 기초 알고리즘 제공
- 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발
 - 지자체 도시계획 입안 시 재해취약성 변화 영향에 대한 사전 검토 자료로 활용
 - 국가 대형 계획에 대한 사전 타당성 분석시 재해영향에 대한 검토 자료로 활용
 - 광역적 도시계획과 연계하여 건축물 및 단지규모의 재해위험 관리 통합지원체계 구축에 활용
- 3세부과제 : 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발
 - 도시 재해취약성 다면분석 기술 개발
 - 도시 재해취약성분석 결과 정보제공 및 의사결정 지원
 - 재해취약지역 현황 파악
 - 재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발
 - 취약지역 시계열적 정보 활용
 - 도시·군 관리계획 반영을 위한 기초자료로 활용
 - 재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발
 - 취약지역 맞춤형 재해취약성분석 프로세스
 - 도시·군 관리계획 반영을 위한 기초자료로 활용
 - 재해취약성 변화 예측 기술 개발
 - 재해취약성분석 설계시스템 실증을 위한 기초자료 제공
 - 재해취약성분석 변화 예측을 위한 기초 알고리즘 제공
 - 재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발
 - 도시계획분야 기후변화 재해취약성분석 활용성 제고 및 도시재생 사업 대상지 선정 과학화 지원
 - 재해취약성분석 및 도시방재 커뮤니티의 지식성장 지원체계 구축에 활용
 - 지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원체계 개발에 활용

2. 최종 성과물의 수요처별 활용방안

- 본 과제 최종 성과물의 수요처는 정책입안자(정부, 지자체), 공공기관, 건설관련 민간기업, 건축설계자 및 건축주, 대학 및 연구기관을 대상으로 구분할 수 있음

수요처	활용방안	세부 수요처
정책입안자 (정부 및 지자체)	- 도시군기본계획 및 도시군관리계획 기초조사 수립을 위한 지원 - 재해취약성분석 지침 재정비 - 도시개발계획(안)의 재해취약성 심의·검토를 위한 도구 - 지자체 특성을 고려한 재해취약성분석 도구	- 국토교통부, 환경부, 국무조정실 등 - 주요 지자체 도시계획 관련 부서
건설관련 민간기업 및 건축 설계자 금융·보험회사 데이터 관련 기업	- 재해예방형 도시계획수립을 위한 의사결정 지원 - 도시개발사업 수행시 공간적 특성에 따른 재해위험도 분석 지원 - 데이터를 활용한 파생상품 개발	- 건설관련 공기업(LH공사, 지자체 도시공사 등) - 민간건설회사, 컨설팅 회사 - 건축설계사무소 - 재해보험, 부동산 감정 평가 - 데이터 컨설팅, 분석
대학 및 연구기관	- 재해취약성분석 관련 연구분석 지원 - 재해예방형 도시계획을 위한 계획수립 지원 - 재해취약성분석에 기반한 재해예방형 도시계획수립 강의도구 활용	- 도시, 방재 등 관련 학과 - 정부출연 연구기관, 지자체 법인 연구기관

- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물인 ‘도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Base System)’의 실용화를 위해서는 분석 모형 및 관리 기술의 개발을 완료하고 연구기간 내에 시작품을 통해 수차례의 적용성 검토과정을 통해 시스템의 오류를 최소화하고, 기존의 도시 기후변화 재해취약성 전망 및 분석 결과, 도시계획 관련 시스템과의 연동성 확보를 통해 활용성을 확인하고 전문가를 중심으로 시범 운영을 통해 범용성을 확보함
- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물 중 ‘오픈소스 기반 도시 기후변화 재해취약성

분석 자동화 프로그램’은 지자체 및 용역수행 업체에 국토교통부를 통해 제공하고 그 유지 관리 및 정보 축적에 대한 운영비용을 국토교통부 위탁기관에 지불하여 수익 사업화를 통해 활용

- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물 중 ‘기후변화 대비 도시방재 통합정보 관리시스템’은 연구종료 후 국토교통부에서 유관기관으로 위탁하여 효율적으로 활용 및 홍보 가능
 - ‘기후변화 대비 도시방재 통합정보 관리시스템’의 인수 후 운영비용은 도시 기후변화 재해취약성분석 검증, 평가의 대상이 되는 기업체에게 정보 제공 및 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 컨설팅 및 교육을 제공하는 등 Business Model 개발을 통해 활용
- 본 연구(실제연구)의 연구기간동안에 지속적으로 업계, 정부관련 담당자와 협의를 통해 실제 활용처의 니즈(Needs)와 요구(Demands)를 반영하고, 소프트웨어(S/W), 빅데이터 분석 방법, 시스템 구축, 도시재생 지원 기술 등에 대한 지적재산권(프로그램 등록, 특허 출원 등록 등)을 확보하고 실용화 방안 모색
- 본 연구(실제연구)의 최종 성과물 중 ‘기후변화 대비 도시방재 통합정보 관리시스템’을 활용하여 공공재에 연계된 민간 산업시장의 재해예방형 도시계획 및 재해보험의 수요에 기반한 목표를 설정하고 홍보하여 시장에 활용 가능

4장. 사전타당성 검토

1절. 개요

- 사전타당성 조사 및 검토는 국가연구개발사업의 불확실성을 최소화하기 위해 과제 추진 사전에 수행하는 것으로 여러 형태의 국가연구개발사업을 효과적으로 운영하기 위한 의사결정의 기초자료를 제공하며, 연구개발사업 수행에 따른 국가의 정책적, 기술적, 경제적 시스템에 대한 기여도를 판단하는 것임
- 연구개발사업에 대한 사전타당성 조사는 결과물이 대부분 무형적인 경우, 또는 성공여부를 판단하기가 애매한 경우 및 유형적 결과와 성과 판별이 용이한 경우와 차별화되어 검토되어야 함
- 또한 정량적 평가, 정성적 평가가 함께 이루어지고, 정책적 관점 및 기술적 관점뿐만 아니라 경제적 관점에서 평가가 종합적으로 이루어져야 함

2절. 정책적 검토

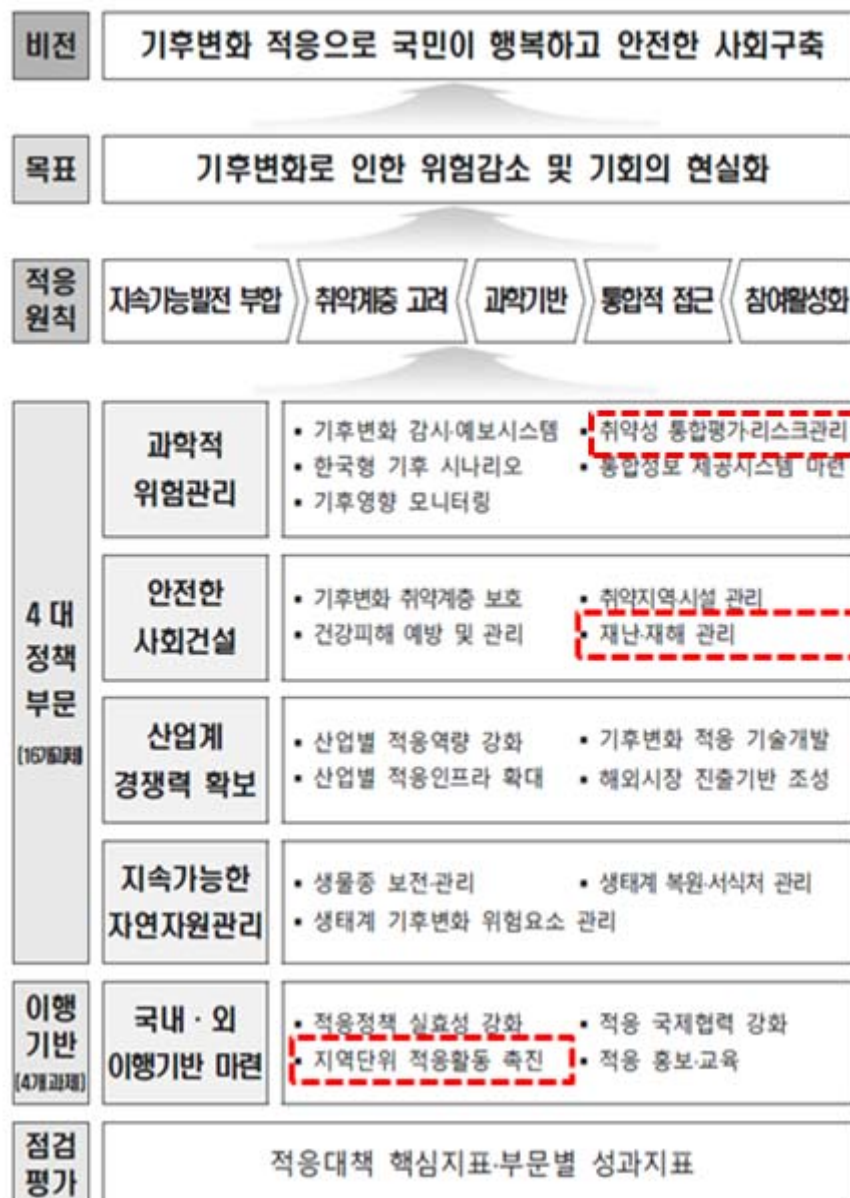
정책적 타당성	• 제2차 국가기후변화적응대책(2015)에 부합 • 과학기술기본계획 (‘13~’ 17)에 부합 • 국토교통부의 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(20조, 27조)을 개정하여 도시, 군기본계획 및 도시·군관리계획 수립시 기초조사의 하나로 재해취약성 분석을 실시하고 그 결과를 반영하도록 의무화함 • 국가를 중심으로 개별 지자체가 활용할 수 있는 정보지식 DB 시스템을 제공하여 컨트롤 타워 역할을 수행하도록 함
---------	---

1. 정책적 타당성 검토기준

- 연구개발과제 및 세부과제별 주요 내용의 정책적 타당성 검토기준은 ①국가정책과의 부합성 ②상위계획과의 부합성 ③관련 정책 및 법률과의 연계성 ④정부지원의 타당성 등으로 설정하여 정책적 타당성을 확보하고 국가 R&D로써 정부의 지원의 필요성을 확인하고자 함

2. 국가정책과의 부합성

- 제2차 국가기후변화적응대책(2015)에 부합한 내용
 - 기후변화로 인한 위험감소를 통한 안전한 사회건설 정책부문에 재난·재해관리 항목이 있으며, 위 보고서 11쪽에 “방재도시 조성을 위한 재해예방형 도시계획 수립기준 마련(‘17~’19)” 이라는 항목이 명시되어 있음



〈그림 4-1〉 국가기후변화적응대책 관련 부분

자료: 도시방재시설 방재성능평가지침 고시(’13)

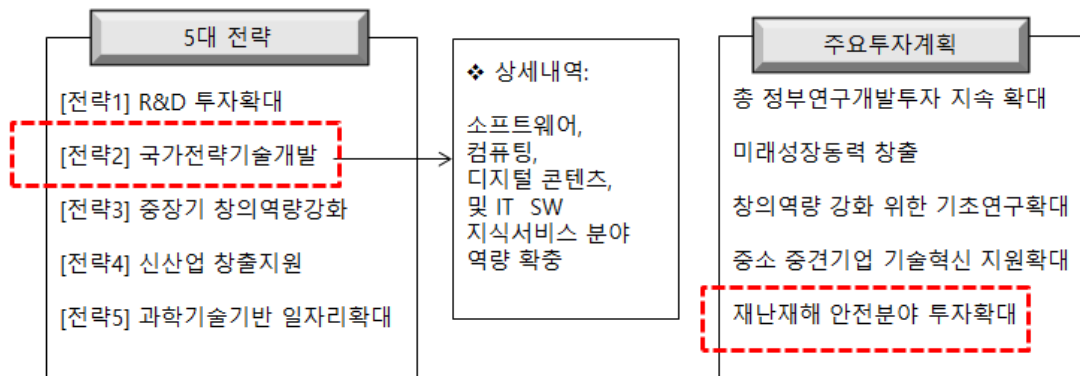
- 제2차 국가기후변화적응대책(2015)에 부합하여 추진과제와 추진일정계획이 수립되어 있음

(단위 : 억원)

세부추진과제	'16년 예산	추진일정							소관부처 (부서명)	비고
		단기					중장기			
		'16	'17	'18	'19	'20	'21 ~ '25	'26 ~ '35		
2-4. 재난·재해 관리 시스템 강화	2,522									
□ 도시의 기후변화 적응력 향상을 위한 방재기능 강화	-								국토부	기존 보완
• 기후변화 적응 방재도시 조성 기반구축	-								국토부	
- 기후변화 재해취약성 분석 방법론 보완, 지자체 기후 변화 재해취약성분석 지원을 위한 플랫폼 구축 및 방법론 보완	-								(국)도시정책과	
- 기후변화 적응도시(방재) 계획 수립을 위한 교육체계 마련 및 재해취약성 분석 검증체계 마련	-								(국)도시정책과	
- 중장기적 기후변화 적응 방재도시 조성전략 수립 지원을 위한 도시방재 정보 관리체계 구축과 재해예방형 도시계획 수립 기준 마련	-								(국)도시정책과	
• 통합적 입체적 도시홍수 대책 마련	비에산								국토부	
- 도시개발계획시 상습침수 위험지역 관리, LID 기법 확대적용 등 투수율 제고로 홍수예방을 위한 면적· 공간적 대책 확대 적용	비에산								(국)도시정책과	

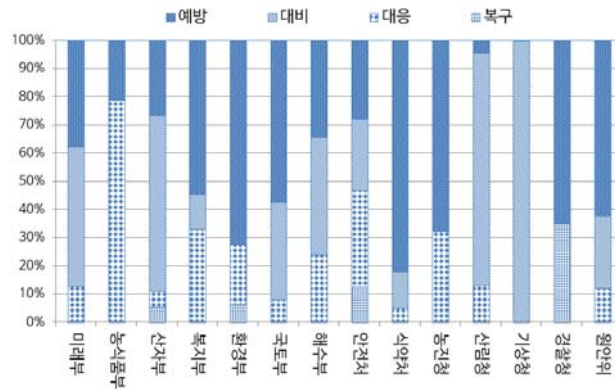
〈그림 4-2〉 제2차 국가 기후변화 적응대책(188쪽)

- 2016년 과학기술기본계획 (‘13~ ‘17)에 부합한 내용
 - 삶의 질 분야 투자확대 부분에 국민건강, 생활편익, 문화·복지, 안전사회 구축 등 삶의 질과 밀접한 국민체감형 R&D투자 확충 및 과학기술을 통한 사회문제 해결추진 항목에 부합함
 - <그림 4-3>의 [전략2]의 국가전략 기술개발 분야에(ICT 융합 신산업 창출)에 부합한 연구과제임
 - . 소프트웨어 컴퓨팅, 디지털콘텐츠 및 IT·SW 융합 원천기술개발 등 SW·지식서비스 분야 역량확충 부분에 부합함
 - . 기후변화모델 모의 결과와 실제 피해이력의 격자별 관리에 소프트웨어 기술, 모의 결과 값의 지식화 과정 등이 이에 해당함
 - <그림 4-3>의 [전략2]의 국가전략 기술개발 분야에 (기후변화 대응 강화) 부분에 미래부, 기상청의 기술 분야에서만 추진해서는 도시행정에 실무적으로 적용이 힘들지만, 본 경우 법제도의 정립이 기 완료되어 적용이 용이함
 - . 실행의 용이성 차원



<그림 4-3> 과학기술기본계획 5대전략 및 주요투자계획

- 2017년 정부R&D투자 계획에서 재난재해분야에 대한 각 부처의 공동연구에 대한 항목이 증가 중이며, 국토부에서도 재난재해 대응·복구보다 예방에 대한 투자비율이 50%를 상회하고 있음(제2차 재난 및 안전관리기술개발 수정 종합계획 (‘ 13 ~ ‘ 17))



〈그림 4-4〉 2017년 재난재해 단계별 R&D 투자비율

3. 상위계획과의 부합성

- 국토교통부의 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(20조, 27조)에 부합함. 이에 따라 도시기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침이 제정 (2016.05)
- 국토교통부의 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(20조, 27조)을 개정하여 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립 시 기초조사의 하나로 재해취약성 분석을 실시하고 그 결과를 반영하도록 의무화함

제20조 (도시·군기본계획수립을 위한 기초조사 및 공청회)

- ② 시·도지사, 시장 또는 군수는 제1항에 따른 기초조사의 내용에 국토교통부장관이 정하는 바에 따라 실시하는 토지의 토양, 입지, 활용가능성 등 토지의 적성에 대한 평가(이하 "토지적성평가"라 한다)와 재해 취약성에 관한 분석(이하 "재해취약성분석"이라 한다)을 포함하여야 한다.

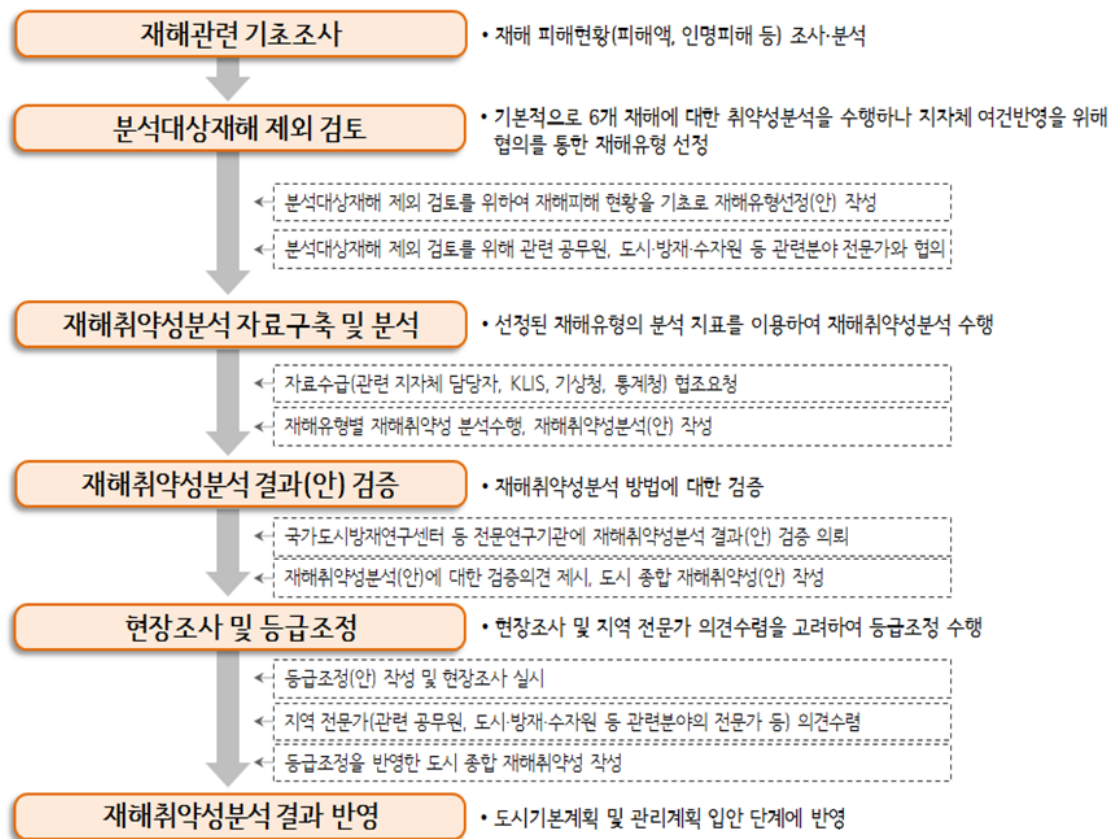
제27조 (도시·군관리계획의 입안을 위한 기초조사등)

- ③ 국토교통부장관, 시·도지사, 시장 또는 군수는 제1항에 따른 기초조사의 내용에 토지적성평가와 재해취약성분석을 포함하여야 한다.

〈그림 4-5〉 상위 근거 법률

4. 관련 정책과의 연관성

- 도시·군기본계획, 도시·군관리계획 수립 시, 기초항목으로 조사하도록 지침이 마련되어 있음
- 관련 정책 및 진행되는 R&D 중 대표적으로 스마트 시티관련 정책과 재난안전 정보 표준 프레임워크 기반 통합 플랫폼 개발 중에 있음



〈그림 4-6〉 재해취약성분석절차결과를 도시·군기본계획/관리계획에 반영

- 도시기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침을 제정 (2016.5)
 - 재해취약성분석 결과의 검증, 분석결과의 제공, 정보관리, 제도의 이해와 실무 수행에 관한 교육을 의무사항으로 규정
 - 국토교통부는 국토연구원 국가도시방재연구센터를 주관기관으로 지정하여 매년 10개의 지자체를 대상으로 하여 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획수립 컨설팅을 진행
 - 각 과제의 성과물이 지자체를 통해서 서로 보완관계가 될 수 있음
 - 또는 완료시, 시스템간의 연계를 통해서 상호 보완될 수 있음
 - 스마트 시티 정책은 건설업의 해외진출에 핵심역량을 키우고, 일자리창출에 도움이 되는 것이며, 해외 개발도상국에서도 기후변화, 환경문제를 고려한 도시개발에 대한 수요가 높으므로 보다 장기적 관점에 재해영향평가 방안을 함께 제시할 수 있게 됨

- IoT기반의 데이터 생성결과가 안전, 방재 관련 자료로 취합되고 피해모형 산정 등 분석결과를 도출하게 될 때 기초가 되는 공통데이터 표준화를 선행하여 진행하여, 이를 본 과제에 활용할 수 있음

〈표 4-1〉 관련 정책 및 기술과제와의 상호 보완성

to \ from	도시기후변화 재해취약성분석 및 활용	스마트 시티법 (구 유비쿼터스도시법)	재난안전정보 표준 프레임워크 기반 통합플랫폼(기술개발)
도시기후변화 재해취약성분석 및 활용		스마트도시 인증방법 중 재해방범분야대책. 스마트시티 안전망 5대 서비스 등	재난재해 관련 데이 터 표준 및 공통데이 터 처리 및 관리기술
스마트 시티법 (구 유비쿼터스도시법)	기후변화 재해취약성 관 련 정보, IoT 센서배치 지역, 방재대책제시		스마트 시티 운영센 터에 필요한 여러 기 술적 기반제공
재난안전정보 표준 프레임워크 기반 통합플랫폼	도시수준의 체계적인 방 재대책제공, 현실적인 의사결정지원	운행을 통한 실질 데이 터 전송, 모델 검증자료 제공	

5. 정부 지원의 타당성

- 민간기업의 역량이 약하여 초기 투자에 비용을 감당하기 어려움
 - 해외 선진국에서는 재해위험성 평가 및 도구에 대한 모델개발에 10년 이상의 장기연구지원을 통해 완성된 소프트웨어를 만들어 보급하고 있음
- 예) 지진의 사회·경제적 피해를 산출하기 위한 용역으로 Stanford 대학에 10년간 소프트웨어 개발용역을 지원해 왔으며, 이를 기반으로 민간기업이 기술을 이전받아 건물안전컨설팅에 활용하고 있음
- 미국의 NSF에서도 Emerging Frontiers & Multidisciplinary Activities 과제를 지원하여, 도시 내의 재해 취약성을 개별 재해가 아닌 재해파급성을 고려한 종합적인 연구과제로 3년간 지원한 바 있음
- 즉 이론적인 기후변화모델과 도시계획의 분야(도메인)지식과 구체적인 데이터의 결합을 통한 소프트웨어 개발에 국가가 주도하여 이를 지원하고 있음

- 국가 산하 연구기관에서 추진하여 집약된 기술, 지식관리의 일원화된 컨트롤 타워 역할을 수행
 - 기후변화 관련 자료의 축적과 도시계획 모델 등을 담당할 전문가 집단이 학계와 연구계에 산재되어 있고 지자체에서 독립적으로 연구사업을 수행하기 곤란함
 - 도시계획에 반영할 수 있는 재난 재해 사례에 대한 정보의 집적이 체계적으로 이루어질 수 있도록 하여, “재난에서 재난을 배우다”를 실천하기 위한 도구를 국가차원에서 관리를 해야 함
- 향후 시나리오 기반의 재해취약성 관리가 가능할 것으로 보이며, 이를 위해 일 반화되고 검증될 수 있는 도시계획 시나리오가 필요함
 - 일반 엔지니어링사에게 일괄 의존하는 현재 용역체계로는 품질관리가 어렵고, 대부분 기본 데이터만 치환하고, 같은 모델을 적용하고 있음. 이에 따라 대안 제시의 근거가 미약하여 정책적 설득력을 갖추지 못함
 - 교과서에 있는 도시계획 시나리오와 비교하여, 축적된 자료를 이용하여 다체계 적으로 동적으로 관리될 수 있는 사례 등은 대안마련에 창의적 사고를 적용하 여 시나리오로 구현해볼 수 있음
- 지자체가 엔지니어링사의 용역을 통해서 받은 결과물은 개별적이고 비교불가하 며, 벤치마킹이 어려운 반면, 본 연구의 결과물은 데이터 표준화 및 설계, 정밀 화 기법의 적용, 분석프로그램을 개발하여 보급하게 되어 지역단위에서 비교 및 참고가 용이함
 - 따라서 지역간 상호 비교, 벤치마킹이 가능하며, 여러 변수를 가지고 다양한 결과물을 얻을 수 있음
 - 개선대책에 대한 과학적 모의가 가능함
- 재해취약성 평가 확인서 발급이나 검증이 명문화 되어 있으나 현재 관련 소프트 웨어는 미개발 상태로 업무 수행이 불가능하나, 관련지침에 따른 업무 수행이 가능해짐
 - 현재 단위개발 사업에 대한 검증이 불가능하며, 연구개발에 의해 업무 지원 프 로그램을 개발 시 단위개발 사업에 대한 수행이 가능하며 지자체의 의사결정 기준 제시 및 검증
- 누적된 자료를 통해 기후변화 예측과 재해에 대한 정확도 향상
 - 세부 재해모델의 결과를 통합하거나 도시계획차원에서 다시 재정비 반영할 방 법에 대한 연구를 통해 연구결과의 재활용이 가능함

- 2016년 2회에 걸친 지자체 공무원 교육에서 도시 기후변화 재해취약성 분석관련 설문에 <표 4-2>와 같은 내용이 요구되었음

<표 4-2> 지자체 공무원의 재해취약성 관련 교육시스템 및 통합지원서비스 요구사항

구분	주요 응답내용
교육시스템	교육 상세화 및 체계화
	정기적인 교육 필요
	실습 위주 교육 필요
	사이버 교육 필요
	가이드라인 제공
통합지원 서비스	통합 서비스 제공
	쉽고 편한 분석결과 확인서 발급
	홈페이지 지원 필요
	자료제공 및 배포
기타	특정 소프트웨어(GIS) 종속 개선
	분석프로그램 품셈반영
	타 제도와 통합

3절. 기술적 타당성 검토

기술적 타당성	• 일반 통계 package가 아닌 본 연구를 통해 개발하고자 하는 공간통계 소프트웨어는 오픈소스로 구성되어, 처음부터 scratch로 개발하지 않으므로 구현가능성이 충분함 • 개별 건물, 개별 모의는 과거에 있었음, 소규모 지구단위 및 시군구 시도단위의 다위계의 통계 분석이 가능하여, 재해영향평가를 넘어 체계적이고 과학적인 방재대책수립을 지원 • 정책 추진, 기후변화에 대응하는 지자체 공무원 및 지역개발 연구원 담당자가 사용할 수 있는 수준의 정보와 도구를 제공
---------	---

1. 기술적 타당성 검토기준

- 연구개발과제 및 세부과제별 주요 내용의 기술적 타당성 검토기준은 ①관련 이슈, ②기술개발의 성공가능성 ③기존기술과의 차별성을 설정하여 불필요하거나 중복되는 연구과제의 내용을 배제하고 기술개발의 체계성 및 구체성을 확보하여 목표 달성의 성공률을 높이고자 함

2. 관련 이슈

- 재해취약성분석 결과의 활용성 극대화를 위해 재해취약지역 유형 세분화, 재해취약 특성 변화 추적, 적응대책 시뮬레이션 기술 개발 수요 증가
- 개별 건물, 개발 지구단위의 재해영향평가의 합이 그 도시의 전체 재해영향평가 값이 될 수 없음. 확률론적 접근에 근거하여 예측 값을 제시하는 과정에서 공간적 자기상관성을 고려한 분석결과가 이해를 도울 수 있음
- ※ 공간적 자기상관: 어떠한 현상이 발생할 때, 가까이 있는 곳의 데이터 유사도 및 관련성이 먼 곳보다 크다는 것을 반영하여, 상관관계를 분석
- 재보험사 및 지역단위의 취약성 평가관련 된 기술회의가 매년 진행되나 집단 내 폐쇄적인 측면이 강하며, 사용 소프트웨어에 대한 상세한 기능은 공유가 되고 있지 않음. 축적된 데이터에 기초한 결과물만 고가의 컨설팅보고서로 제시하고 있음
- HAZARD DATA(재해데이터)를 국가차원, 지역차원, 지구차원에서 관리하는 자료 은행과 분석모델을 국제적 규모의 재보험사에서 구축·개발하여 활용하고 있음

※ SwissRe, MünchenRe 등에서도 국가별 위험성, 지역별 위험성, 도시별 위험성을 기후변화모델, 재해통계, 예측시나리오 등을 적용하여 재보험요율을 정하고 있음

- 이러한 자료는 기업의 이익보전을 위한 폐쇄적인 지식시스템으로 운영되나 국가차원에 개발한 기술과 자료의 공유를 통해 도시거주자 커뮤니티, 도시계획가 집단에서 활용할 수 있는 개방체계를 지향함

○ 데이터가 없는 평가모델은 상대적으로 안정적 정책추진을 지원하지 함. 이와는 달리, 데이터가 축적될 수 있는 평가모델은 재해 피해 자료가 축적이 됨에 따라 점차 더 정교한 모델로 발전될 수 있음

- 재해피해 자료가 DB화 된 NDMS는 행정구역단위로 취합되어 기후변화에 대한 모델을 적용하고 평가할 수 있는 자료가 되지 못함

- 대규모 인적재난, 자연재난 발생시, 백서발간 정도로 개별화된 보고서는 존재하나 작은 규모의 피해, 지구단위의 피해에 대한 정확한 자료 축적이 관리되지 못하고 있음

※ 프랑스 TGV 안전매뉴얼은 실제로 모델자체보다, 누적된 사고보고서 및 대응 절차에 대한 상세기록으로 반복교육, 훈련모델로 확대

○ 교육 가능한 프로그램 개발과 훈련을 통해, 구체적인 공간단위의 정보를 작동하고 모의하여 도시계획에 대한 종합적인 이해를 도울 수 있음

- 자기능동학습 시스템을 구축하여 스스로 학습하고 대안을 마련해가는 도구와 지식저장소 역할을 수행

- 문제해결 지향형 교육, 미래 사회에 대한 융합교과서 보급 등에 적용할 수 있음

※ 과학창의재단의 융합교과서 개발사례

※ 기술경영 기술융합학과의 커리큘럼을 통한 사회적 수요와 인력양성의 미스매치를 최소화할 수 있음

○ 시나리오 기반의 도시방재계획 시뮬레이션을 통해 사후 대응 복구비용을 줄일 수 있음

- 재해취약지 상황별로 지역특성, 재해특성을 고려할 수 있도록 분석지표를 고도화하고, 집계구와 격자기반의 분석단위를 동시에 고려하여 취약특성 그룹별 결과 모의 결과를 가시화

- 대응복구에 들어가는 비용의 사전 조치로 재해발생 가능성을 낮출 수 있음

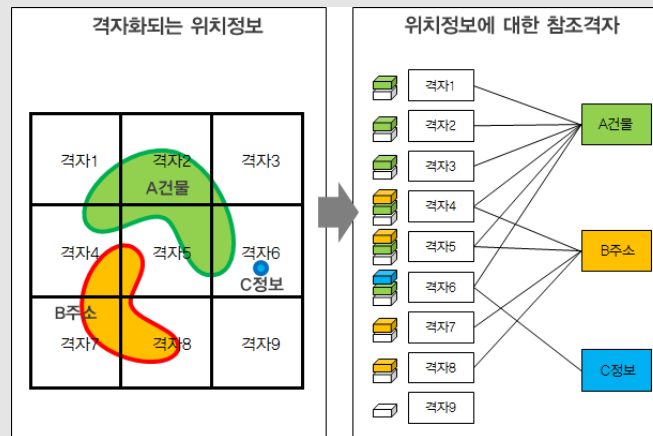
- 단기 재해취약성 재분석, 장기 재해취약성 추세변화 모니터링, 건축물/단지규모 재해취약성 분석 등 시공간적 확장을 통해 적용성 제고 가능

- 도시 기후변화 재해취약성분석 표준화를 통해 제도 운영의 효율성 제고 가능
 - 공간객체에 대한 ID 및 국가 공간정보 표준코드의 연계정합성 100% 확보 가능)
 - 재해취약성분석 공간위계 표준화 100% (공간통계분석, 시계열 자료축적 기반 마련) 가능 및 격자체계 등록 표준화 가능

〈표 4-3〉 건물 및 지적 격자 매핑 안

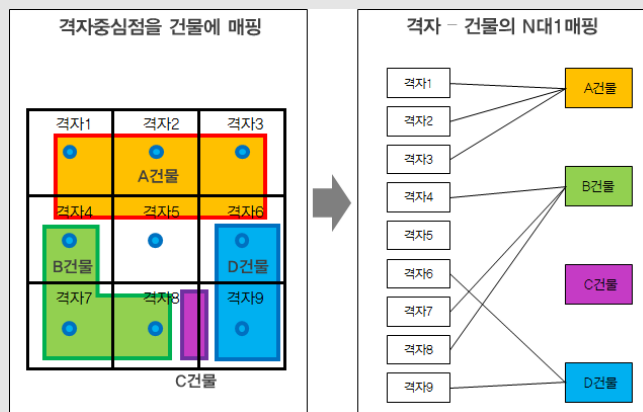
(1안) 건물 및 지적 중심점을 격자에 매핑

- 건축물 및 지적의 중심점 추출하여 10M * 10M격자에 공간매핑하여 해당 격자에 건축물 및 지적의 속성 값을 부여
- 단일격자에 두 개 이상의 건축물 및 지적 값이 매핑되는 경우 각각의 값을 합산하여 부여
- 건물 1개 중에 한 개의 격자 매핑(건물 영역이 포함되는 격자 표현이 불가)
- 건축물 및 지적의 영역이 걸쳐있는 격자의 정보는 참조격자로 별도 관리



(2안) 격자의 중심점을 건물 및 지적에 매핑

- 격자의 중심점을 추출하여 격자의 중심점이 건축물 및 지적에 포함여부를 결정하여 공간매핑
- 격자와 건물(지적)간의 N:1 매핑관계
 - 격자에 건물 및 지적의 식별자(ID, PNU, 건물코드 등)를 부여하여 관리, 건물 및 지적에도 격자의 식별자를 부여
 - 건물 및 지적 테이블을 별도로 관리(격자 식별자로 집계하여 격자에 표현)
- C건물과 같이 격자 값을 부여하지 못하는 건물이 존재할 경우 발생 (10M * 10M 격자를 하나도 포함하지 못하는 건물은 집계 값에서 제외함)



3. 기술개발의 성공 가능성

- 오픈소스 기반의 소프트웨어에 공간분석기능이 충분한 함수로 제시되고 있으므로 이를 이용한 응용시스템 개발이 가능함
- 정보의 단순 회귀가 아닌 공간차원의 회귀분석이 특별한 소프트웨어 구매 없이 구현가능한 정보서비스 틀로 차별화됨
- ※ 예, R-software 및 파이썬을 이용한 인터페이스 개발
- 기존에 제공된 매뉴얼 컨설팅 노하우 및 교육자료 안내 표준화를 통해 재해취약성분석 단계 자동화 및 시계열 정보 관리 기술 개발이 가능하며, 이를 통해 사용자 편의성 강화 및 의사결정 지원체계 구축 가능
- 공학적 모델과 사회과학적 데이터의 결합 노하우를 모듈화 하는 과정이 중요하며, SI(시스템 통합) 경험이 많은 한국의 개발자들의 강점으로 장시간의 투입 없이 개발 가능함

4. 기존연구와의 차별성

- 다위계 취약성분석 방법 및 활용시나리오 개발은 기존에 없는 연구접근방법임
- 개별 자연재해 (예, 태풍, 지진, 홍수, 화산 등등)에 과학적 모델과 데이터 취합, 대응시나리오 작성에 관한 연구는 기존에 연구되어 왔음
- 수직적 공간위계, 네트워크 기반 재해취약요인 해석기술 개발을 통해 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 관련 기술 선점 가능
- 개별인자 및 지표관련 연구는 도시계획연구에서 개별적으로 연구되어, 실무와 연계되지 못함
- 본 과제로 도출되는 모듈은 분야횡단형 관리 시스템 모형으로 차별화됨
- ※ 분야횡단형 관리 시스템 모형: 각 재해분야별 모델, GIS 주제별 분석기법 등을 모듈별로 선택하여 결합하고 계산하여 정보를 취합 재생산할 수 있는 체계를 말함

4절. 경제적 타당성 검토

경제적 파급효과	• 개별로 구축될 시스템에 비해 재해영향분야 용역비용에서 약 305억의 초기 비용을 절감 • 이후 유지보수비용으로 매년 약 131억(15%)의 비용이 절감됨 • 2025년 자연재해로 인한 최소 예상피해액 약 1조 6천억 원의 10%인 1,500억 원 절감 가능 • 데이터 관련 산업의 활성화 및 산업 고도화 • 인구절벽, 도시 공동화현상 등에 따른 불안지역 사전방지
-------------	--

1. 경제적 타당성 검토기준

- 연구개발과제 및 세부과제별주요 내용의 경제적 타당성 검토기준은 ①연구개발 투자의 효율성 ②경제적 파급효과 ③환경비용 평가로 설정하여 국가의 R&D 투자의 파급효과 및 경제성을 확보하고자 함

2. 연구개발 투자의 효율성

- 방재 부문에 있어 종합적인 분석 시스템 제시
 - 기존의 방재계획이 재해유형별로 구분되어 관리됨으로 부처별 연계가 요구되나 실행이 용이하지 못함
 - 재해취약성분석 결과를 지속적으로 참조하여야 할 수요처에 대한 능동적 정보 제공 서비스 수요 존재
 - 각 계획에서 제시하고 있는 재해저감 대책의 수준이 재해유형별로 각각 거시적이고, 사후대책적인 측면이 강하였으나, 실무적인 측면에서 도시계획에 녹아들 어가지 못했음 (예, 하천별 홍수모형, 수자원단위지구별 홍수모형)
 - 기후변화가 위의 모형에 맞는 수준으로 세밀하게 변수조정이 불가능한 상황에서 인공물이 많은 도시를 고려하여, 기후변화에 따른 도시계획적 시뮬레이션을 통해 재해영향을 평가할 수 있음
 - 현재 재해취약성 분석 결과는 지자체 소규모 개발 및 일부 시설에 대한 관리계획을 작성할 때, 그 결과를 반영하는데 한계가 있음

3. 경제적 파급효과

- 경제적 파급효과는 직접효과와 간접효과로 구분할 수 있으며, 도시 기후변화 재해취약성 분석 비용의 절감과 재해의 사전예방 효과는 직접적 파급효과에 해당함. 특히 재해의 사전예방 효과는 도시 기후변화 재해취약성 분석을 실시하는 궁극적 목적으로 직접 파급효과에 해당한다고 보는 것이 타당함
- 간접 파급효과로는 도시 기후변화 재해취약성 분석에 사용되는 각종 데이터들이 다년간에 걸쳐 전국적으로 축적되기 때문에 이러한 데이터를 활용한 데이터관련 산업의 활성화 및 기존 산업의 고도화를 통한 고부가가치 창출이라 할 수 있음

가. 도시 기후변화 재해취약성분석 비용절감 효과

- 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화를 통해 지자체별 도시 기후변화 재해취약성분석을 위한 용역비용 절감과 분석결과의 확인 및 활용에 사용되는 외산 소프트웨어의 국산화를 통한 비용 절감
- 지자체별 도시 기후변화 재해취약성분석 비용은 총 용역비와 검증비용, 시스템 도입비로 구성되며, 각각의 계산 값은 2016년도 재해취약성분석을 수행한 지자체를 기준으로 작성하고, 기술개발 이후 비용을 비교하여 비용절감효과를 제시하고자 함

$$\text{※ } D_{\text{cost}} = \text{용역비} + \text{검증비용} + \text{시스템 도입비}$$

※ 2016년을 기준으로 162개 대상 지자체 중 재해취약성분석을 수행한 지자체는 가평군, 춘천시 등 109개의 지자체임

- 개발 이전 비용 계산
- 총 용역비는 지자체별 면적, 기본계획상 계획인구, 재해유형의 수를 기반으로 산정됨. 따라서 평균값으로 계산하여 기술개발 이전 비용을 산출
- 검증비용(수수료)은 「엔지니어링기술진흥법」 제31조 1항에 따른 대가기준에 따라 실비정액가산방식을 준용하여 산출하였으며, 평균 2,200만 원임
- 시스템 도입비는 외산 프로그램(ArcGIS)을 사용하는 경우 지불하는 비용으로 한국 ESRI의 구매 안내서를 참조한 비용은 약 5천만 원
- 2016년 지자체가 지불한 전체비용은 비용(D_{cost})은 평균 1억 7천만 원

$$D_{\text{cost}} = \text{용역비} + \text{검증비용} + \text{시스템 도입비}$$

$$D_{\text{cost}} = \text{평균용역비} + 2,200\text{만원} + 5000\text{만원} = 170,000\text{천원}$$

○ 개발 이후 비용계산

- 본 연구 및 개발로 재해취약성분석 시스템을 국산화할 경우, 시스템 도입비는 2,200만 원 수준으로 현재 외산 프로그램보다 3,800만원 비용 절감 효과가 있음

$$Dcost = \text{평균용역비} + 2,200\text{만원} + 2,200\text{만원} = 136,000\text{천원}$$

- 소규모 단위의 개발에 적용시 비용절감 효과

$$Dcost \text{ 소규모 단위개발 시 재해영향평가 비용}$$

○ 도입 시 비용절감효과

- 수요자(지자체의 도시계획담당자) 및 해외 투자를 목적으로 하는 컨설팅 및 엔지니어링 업체의 요구사항을 받아서 실제로 개발된 결과를 바로 사용할 수 있음

※ 예상되는 지자체 사용자의 수: 162개 지자체 * 4인 = 약 900명

(※ 162개 근거: 도시계획법을 적용해야하는 지자체수)

※ 예상되는 지자체 관련 용역업체 수: 50개 * 2인 = 100명

(※ 50개 근거: 2015년 연도별 엔지니어링 사업자 현황자료 참고,

도시계획분야를 0.1% 수준으로 잡아서 단위 절사한 값임)

※ 예상되는 지자체 개발연구원 산하단체: 16개 * 2인 = 32명

(※ 16개 근거: 시도별 발전연구원의 수를 고려함)

※ 예상되는 해외 진출 기업: 연 12개 업체 * 5인 = 60명

(※ 12개 근거: 스마트 도시협회 113개사의 10% 수준을 고려함)

※ 사용자수 1092명*2800만원(절감금액) = 30,576,000천 원

- 유지보수 비용의 절감: 외산 소프트웨어의 유지보수비용이 매년 30%로 지속적인 비용부담이 되는 반면, 본 과제에서 개발한 기술을 이전하여 적용한 소프트웨어의 경우 15% 정도의 유지보수 비용을 부담하게 됨

$$\text{해외 우수 소프트웨어 유지보수 } 5000\text{만원} * 30\% = 1,500\text{만원}$$

$$\text{개발 예정 소프트웨어 유지보수 } 2200\text{만원} * 15\% = 330\text{만원}$$

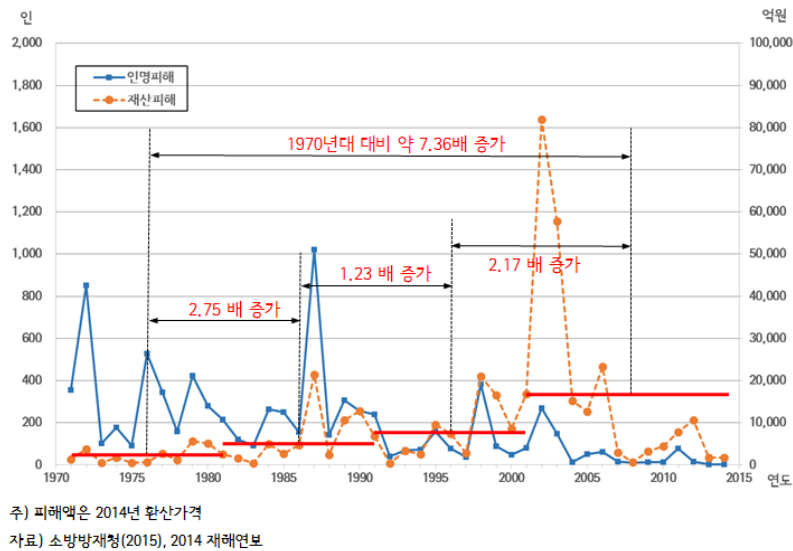
- 즉 사용자별로 연간 약 1,200만원의 절감효과를 가져올 수 있음

$$\text{사용자수 } 1092\text{명} * 1,200\text{만원(유지보수절감액)} = 13,104,000\text{천원}$$

- 기타 검증과정의 고도화로 정확도가 향상되어, 민원발생 비용을 절감할 수 있음

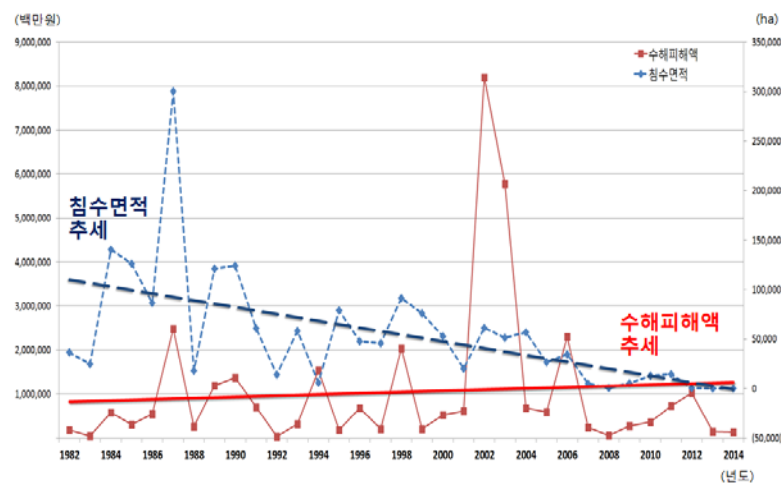
나. 도시 기후변화 재해 사전예방 효과

- 도시 기후변화 재해취약성분석의 분석단위 세분화와 정밀화를 통해 재해취약지구의 도출의 정확성 향상에 따라 도시 재해의 사전예방 효과
- 자연재해 피해액은 1970년대 대비 2000년대는 약 7.4배 증가하였으며, 인명피해는 1970년대 대비 2000년대는 약 78%(330명→ 72명) 감소하였으나, 대규모 피해발생시 여전히 많은 인명피해 발생



〈그림 4-7〉 자연재해 피해 추세

- 1982년부터 2014년까지 침수면적과 수해피해액 변화추이를 검토한 결과, 재해 대비 또는 예방사업의 지속적인 추진으로 침수면적 또는 피해 건수는 감소하였으나, 수해 피해액은 토지의 고도이용, 설비의 고도화, 고급화로 인한 시설물 및 건축물의 가치 상승에 따라 지속적으로 증가함



〈그림 4-8〉 침수면적 및 수해피해액 변화 추이

〈표 4-4〉 최근 10년간 자연재난 피해 및 복구비 현황

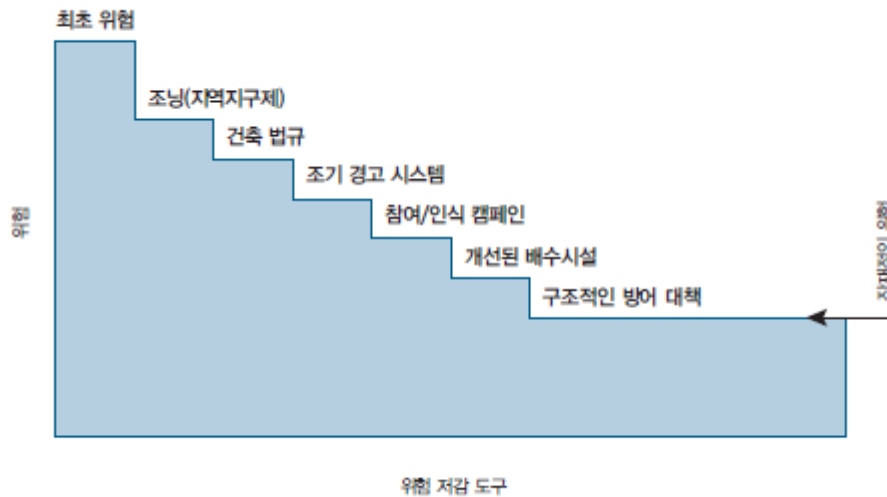
구 분	재 해 발 생 건 수	인명 및 재산피해		복 구 비 (백만 원)
		사망·실종 (인)	재산피해 (백만 원)	
2006	16	63	1,942,984	3,650,889
2007	14	17	251,811	489,796
2008	12	11	63,703	147,621
2009	18	13	298,808	773,534
2010	22	14	426,782	715,405
2011	13	78	794,200	1,654,029
2012	22	16	1,089,210	2,053,176
2013	28	4	172,137	386,559
2014	23	2	180,019	507,065
2015	18	0	319	381
평 균	18.6	21.8	521,997	1,037,846

〈표 4-5〉 자연재해에 의한 예상 피해액

연도	예상 피해액 금액(억 원)
2020	15,330 ~ 37,100
2025	15,840 ~ 47,710
2030	16,360 ~ 56,660
2035	16,900 ~ 64,610
2040	17,460 ~ 71,880
2045	18,030 ~ 78,640
2050	18,630 ~ 85,000

1960~2015년 자연재해 피해액을 기초로 시계열 모형에 의한 추정 값임. R^2 값은 0.567

- World Bank에서 2012년 출판한 Cities and Flooding 보고서에 따르면 도시계획적 대책(지역지구제, 건축법규)이 구조적인 방어대책에 비해 장기간에 걸친 재해저감 축적 효과가 높은 것으로 보고되었음. 즉, 도시계획적 대책을 통한 지역재해취약성 개선은 장기간에 걸쳐 재해위험 분산 선순환 효과가 있음

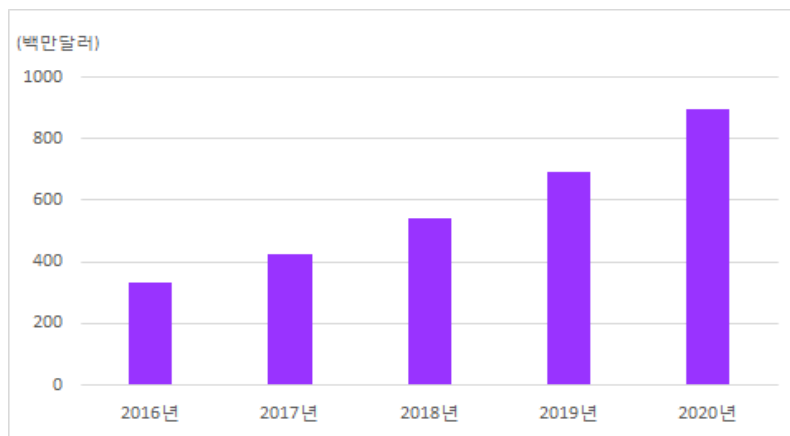


<그림 4-10> 예방 투자를 통한 재해저감 축적 효과

- 미국 연방재난관리청(FEMA)과 다중재해 예방위원회(Multihazard Mitigation Council)는 자연재해 예방을 위해 지역사회에 투입한 비용은 그 4배의 손실을 막는 효과가 있다고 추산(FEMA (2007), Multihazard Mitigation Council (2005))
- 위험 1등급지에 놓인 피해예상시설 사전점검을 통한 사고방지
 - 예, 국가기간시설 하나가 작동을 하지 않을 경우, 복합재해로 연결될 수 있는 상황이 발생할 수 있음
- 인구절벽, 도시 공동화현상 등에 따른 불안지역에 대하여 지자체가 인지할 수 있도록 정보를 공유해 줌
- 도시지역 침수 등 자연재해로 인한 산업분야 간접적 피해 절감
 - 예, 유통 배달지연으로 인한 손해 및 피해 정보 취합 등에 대한 간접적 피해를 정량화 시켜 추후 모델에 반영하도록 함

다. 데이터 관련 산업의 활성화 및 산업 고도화

- 도시 기후변화 재해취약성분석에 사용되는 전국단위의 다년간 축적된 데이터를 활용한 데이터관련 산업의 활성화와 기존 산업의 고도화를 통한 고부가가치화로 발전될 것으로 기대됨
- 데이터관련 산업은 제4차 산업혁명을 주도해 갈 빅데이터 산업과 매우 밀접한 관계가 있으며, 2015년 3월 미래창조과학부는 빅데이터 산업육성 계획이 포함된 ‘창조경제 실현을 위한 K-ICT전략’을 발표
- 유망업종별 빅데이터 선도 프로젝트 추진을 통해 제조, 건강, 기상, 스포츠, 재난, 유통, 금융 등의 유망업종에서 빅데이터 선도 프로젝트를 추진



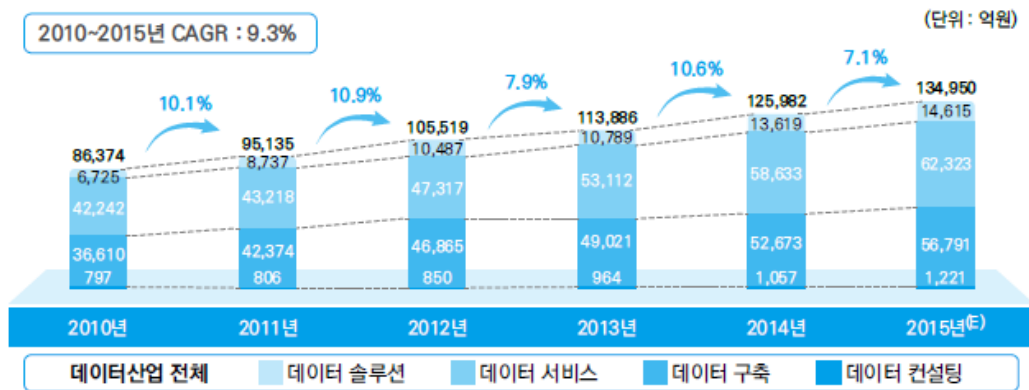
〈그림 4-11〉 우리나라 빅데이터 시장규모

자료 : 한국과학기술정보연구원(KISTI)

- 전 세계 빅데이터 및 분석 시장은 2017년 1,508 억 달러 규모로 전년대비 12.4% 성장하고, 향후 연평균(CAGR) 11.9%의 성장세로 2020년에는 2,100억 달러 규모에 이를 것으로 전망²³⁾
- IT 시장 분석 및 컨설팅 기관인 IDC가 최근 발표한 연구보고서(Worldwide Semiannual Big Data and Analytics Spending Guide)에 따르면, 2017년 빅데이터 및 분석 솔루션에 대한 투자 비중이 높을 것으로 예상되는 산업은 बैं킹, 조립 제조, 공정제조, 연방/중앙정부, 전문 서비스 분야임
- 가장 빠른 성장세를 보일 산업으로는 연평균 성장률 13.3%가 예상되는 बैं킹 부문이고, 그 다음으로는 헬스케어, 보험, 증권과 자본투자증개업, 통신부문으로 연평균 12.8%의 성장이 예상

23) 데이터 시장 동향, 2017.5.4. 한국데이터 진흥원

- 한국데이터진흥원의 조사결과에 따르면, 2015년 국내 데이터산업 시장 규모는 13조 4,950억 원으로 2014년 12조 5,982억 원 대비 7.1% 성장했으며, 2010년 이후 연평균 성장률 9.3%로 매년 성장세를 유지하는 것으로 나타남²⁴⁾



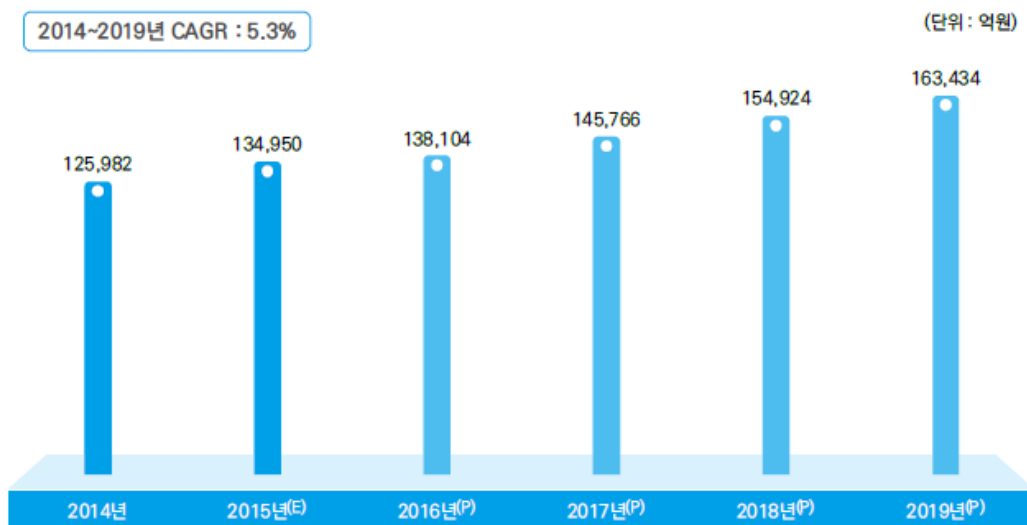
E: 추정치

※ 출처: 2015년 데이터산업 현황 조사 결과보고서, 한국데이터진흥원, 2015.12(이하 동일)

<그림 4-12> 국내 데이터산업 시 규모(2010~2015년)

- 한국데이터진흥원은 데이터 산업을 데이터 솔루션, 데이터 서비스, 데이터 구축 및 컨설팅 네 개 부문의 시장으로 구분
- 2015년 데이터 솔루션 시장은 1조 4,615억 원, 데이터 서비스 시장은 6조 2,323억 원, 데이터구축 시장은 5조 6,791억 원, 데이터 컨설팅 시장은 1,221억 원으로 시장에서 부문별로 차지하는 비율은 데이터 서비스 시장이 46.2%, 이어서 데이터 구축 시장 42.1%, 데이터 솔루션 시장 10.8%, 데이터 컨설팅 시장 0.9% 순임
- 데이터산업은 기업의 질적 성장, 진화된 데이터 관련 기술 및 서비스 확대, 해외시장 진출 등을 모색하며 2019년까지 연평균 성장률 5.3%의 성장세를 보이고 16조원대의 시장 규모에 진입할 것으로 전망됨
- 도시 기후변화 재해취약성분석에 축적된 자료는 일반인 및 민간기업에 제공되어 데이터 서비스, 데이터 컨설팅 부문에 주로 활용될 것으로 전망
- 제공된 데이터는 각 분야에 걸쳐 효과적으로 재구조화되고 분석하여 기존 산업의 고부가가치화 또는 새로운 고부가가치 산업을 창출할 것으로 기대됨

24) 2016데이터산업백서, 한국데이터진흥원, 2016



<그림 4-13> 국내 데이터산업 시장 전망(2014~2019년)

- 재해취약성분석 시스템에 축적된 자료를 활용한 데이터 서비스, 데이터 컨설팅 산업이 한국데이터 진흥원에서 발표한 2019년 데이터산업 시장규모의 1%를 점유한다는 가정을 할 경우 1.6조원의 시장규모를 형성하게 되며, 데이터의 2차, 3차 가공을 통해 새롭고 유의미한 분석결과를 도출할 경우 시장규모는 더욱 커질 것으로 전망

〈표 4-6〉 국내외 재난관련 빅데이터 활용사례

운영기관		세부 내용
국내	국립재난안전연구원	스마트 빅보드(Smart Big Board): CCTV, 무인항공기, 스마트폰, 인공위성 등에서 수신되는 영상데이터를 이용하여 재난현장 상황정보를 분석 후 대국민 서비스 실시
	안전행정부	도시내수 침수 전조감지 시스템: 서울지역 상습침수구역을 대상으로 내수침수 전조 감지와 위험도 분석을 통해 하수관거의 사전 정비로 침수피해의 최소화
	산림청	산불 예측: 등산 인구에 대한 위치정보, 산악지역의 고도변화에 따른 기온감을 효과와 바람세기 등을 적용해 산불 예측의 정확도를 높임
	SK 플레넷	기상청과 함께 제공하는 기상정보, 재난 및 도로용 CCTV영상, 재난 감지 센서정보 등을 활용하여 집중호우, 폭설, 강풍 등에 대한 위험성 평가와 피해저감 능력 향상.
	정보통신전략위원회	위성영상·CCTV·무인헬기·기상정보 등을 종합적으로 분석해 재난 상황에 대해 즉각적인 대응. 국립보건연구원·중앙인체자원은행을 운영하여 한국인의 질병원인 규명, 진단, 치료법 연구에 빅 데이터를 활용함
	서울시	서울 열린 데이터 광장: 안전, 교통, 환경, 도시 관리, 문화, 보건, 일반 행정 등 데이터 세트 1,438개, 서비스수 2,642개(2014년 8월)를 서비스하면서 대피소, 구호소, 빗물저류조, 제설함 위치 정보 등의 방재 시설 현황 정보를 제공함
	경기도	가칭 “빅파이 팩토리” 운영: 재난 관련 모든 데이터를 실시간으로 분석해 발생 가능성이 높은 재난을 예보
미국	미국 NASA (항공우주국)	허리케인 ‘샌디’ 이동경로 예측: 기상 위성인 TRMM을 통해 샌디의 이동경로를 예측했고, 위성사진 및 그 외 극초단파, 레이더 센서 데이터 등을 분석하여 내륙도달 시점 등을 예측하여, 사전 대응체계를 가능하게 함
	New York City	90만 채에 달하는 뉴욕의 건물데이터와 19개 기관의 데이터를 연계 분석하여 빌딩의 13% 위반사례를 적발과 70% 이상의 건물에서 이상 징후를 파악함
유럽	Santander Meteorology Group	앙상블 예측 시스템의 결과물을 다양한 분야에 적용함으로써 효율을 극대화하는 것을 목표로 농업, 건강, 식량안보, 에너지, 수자원 등 다양한 분야에 걸쳐 서비스를 제공
일본	노무라 연구소	지도 서비스인 ‘전력안내내비!’를 통해 지진과 같은 유사시 수집된 교통 데이터를 바탕으로 실시간 최적의 교통 안내 서비스를 제공하는 데 활용함
	Japan Meteorological Agency	일본 기상청의 지진정보 모니터링 및 경보시스템: 진도 계측기, 각종 관측 장비를 통해 취합된 빅 데이터를 분석하여 유사시 재난방송 및 문자 서비스 제공
싱가폴	NSCS(국가안보조정국)	국가위험관리시스템을 구축하여 테러, 질병, 금융위기 등 국가의 잠재적 위험과 불확실성 요소를 분석하여 선제적 대응

신동희외,(2015) 재구성
 자료 : 신동희, 김용문, 국내 재난관리 분야의 빅데이터 활용 정책방안, 한국콘텐츠학회논문지 제15권 제2호 pp.377-392

5장. 인력투입 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획

- 연구설계도의 최소 연구단위인 세부구성기술과제를 수행하는데 소요되는 적정 투입인력을 산정하고, 이를 토대로 연차별 세부과제의 투입인력을 산정하여 총 소요 인력 규모를 확정함

1. 전체 과제 인력 투입 계획

- 소요인력 규모는 세부과제별 연구내용을 근거로 과제 수행에 필요한 연구인력을 기술분야별, 과제내용별 등의 기준에 따라 추정하여 산정하고 소요인력을 취합·분석함
 - 각 세부과제 기술개발 완료 목표시점 동안의 총 소요인력 규모를 산정하고, 각 세부 과제별로 사업초기-중기-후반기의 단계별, 1년 단위의 연차별로 소요인력을 산정하여 안정적인 연구인력 계획을 수립함
 - 참여율은 최소 참여기준을 20%로 설정하였으며, 참여기간은 연단위로 12개월을 기준으로 4년간의 인력을 추정함
- 세부과제 인력투입(안)을 보면 위 기준에 의거하여 투입인력을 추정한 결과 4년의 연구기간동안 총 819.6인(투입인원수×참여기간×참여율)의 인력이 투입
 - 예상되는 소요예산안을 기반으로 1차 년도는 총 145.2인으로 투입인력을 추정하였으며, 연구개발 활동이 집중되는 2~3차 년도에 투입되는 인력이 증가하고, 연구를 마무리하는 4차 년도에는 감소하도록 계획

〈표 5-1〉 연차별 인력투입 계획

(단위: Man-Month)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부	24.0	55.2	46.8	18.0	144.0
2세부	57.6	102.0	105.6	64.8	330.0
3세부	63.6	106.8	109.2	66.0	345.6
합계	145.2	264.0	261.6	148.8	819.6

2. 세부과제별 상세 인력 투입 계획

○ 1세부과제: 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발

〈표 5-2〉 1세부과제 연차별 인력투입 계획

(단위: Man-Month)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발	9.6	21.6	14.4	7.2	52.8
지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발	4.8	15.6	14.4	-	34.8
기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발	4.8	6.0	10.8	10.8	32.4
기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발	4.8	12.0	7.2	-	24
합 계	24.0	55.2	46.8	18.0	144.0

○ 2세부과제: 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발

〈표 5-3〉 2세부과제 연차별 인력투입 계획

(단위: Man-Month)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
기후변화 재해취약성 분석을 위한 공간단위 분할기법 개발	7.2	21.6	18.0	14.4	61.2
기후변화 재해유형별 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발	9.6	16.8	14.4	10.8	51.6
오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발	18.0	37.2	48.0	28.8	132.0
시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발	22.8	26.4	25.2	10.8	85.2
합 계	57.6	102.0	105.6	64.8	330.0

○ 3세부과제: 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발

〈표 5-4〉 3세부과제 연차별 인력투입 계획

(단위: Man-Month)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
도시 재해취약성 다면분석 기술 개발	4.8	12.0	16.8	12.0	45.6
재해예방형 도시계획 지식 DB 표준화 기술 개발	15.6	20.4	20.4	9.6	66.0
재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발	10.8	32.4	28.8	18.0	90.0
재해취약성 변화 예측 기술 개발	14.4	24.0	20.4	14.4	73.2
재해취약성분석 정보 통합 활용 기술 개발	18.0	18.0	22.8	12.0	70.8
합계	63.6	106.8	109.2	66.0	345.6

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

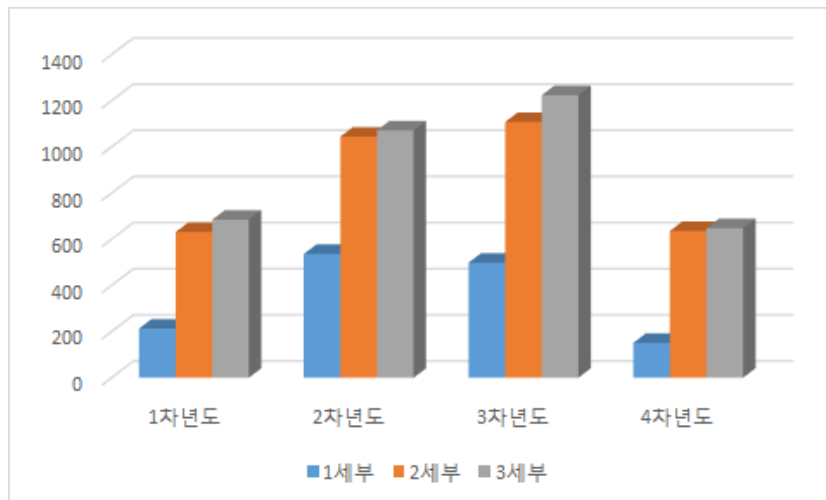
- 세부과제별 최소 연구단위인 세부구성 기술과제를 수행하는데 소요되는 필요비용을 산정함. 이를 토대로 세부과제와 총괄과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 산출함
- 인건비 작성: 세부기술의 연구활동별/연차별 투입인원수, 참여기간, 참여율 등 인건비를 산정하며, 투입인원수는 책임연구원급(교수급) 기준으로 산정하고 인건비 단가는 ‘2016년 학술연구용역인건비 기준단가’의 책임연구원 기준으로 월 6,158천원으로 산정
- 연구시설/장비비: 해당연구에 사용할 수 있는 기기·장비로 본 과제에서는 기술을 개발하기 위한 장비의 견적서를 바탕으로 작성
- 시작품 제작비: 시제품, 시작품의 제작경비로 연구 성과물을 산출하기 위해 소요되는 비용
- 연구재료비: 시약·재료 구입비 및 전산 처리·관리비로 본 과제에서는 해당사항이 없음
- 기타경비 및 간접비는 연구비 표준식을 통해 작성
- 기타경비 및 간접비 = 세부과제 연구비(표준식) - 인건비 - 연구장비재료비
- 소프트웨어 성과물 표준식: $1.684 \times \text{인건비} + 0.981 \times \text{연구장비재료비} - 36\text{백만원}$
- 과제별 예산은 정부출연과 민간부담을 구분하지 않고 연구성과 달성을 위해 필요한 소요 예산을 작성함
- 인건비와 직접비는 각 세부구성기술과제 단위별 연구내용, 연구 성과물을 기초로 예산을 산출하고, 과제별 최종성과물 도출을 고려하여 예산을 배분함

2. 전체사업 소요예산

〈표 5-5〉 전체 소요예산

(단위: 백만원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부	213	536	498	151	1,398
2세부	631	1,044	1,108	636	3,420
3세부	685	1,072	1,224	648	3,629
합계	1,529	2,653	2,830	1,435	8,447



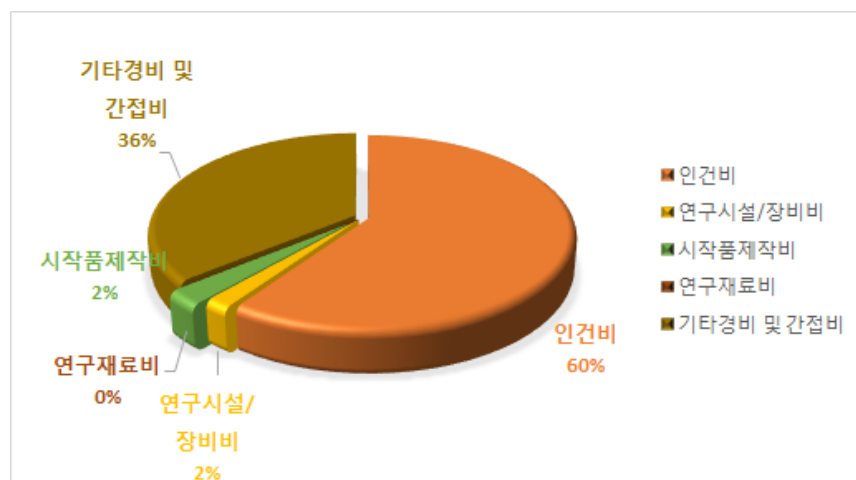
〈그림 5-1〉 연차별 세부과제 소요예산

○ 전체 비목별 소요예산 검토

〈표 5-6〉 전체 비목별 소요예산

(단위: 백만원)

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
인건비		895	1,626	1,610	916	5,047
연구 장비 재료 비	연구시설/장비비	133	23	-	-	156
	시작품제작비	-	-	230	-	230
	연구재료비	-	-	-	-	-
기타경비 및 간접비		501	1,004	989	519	3,013
합계		1,529	2,653	2,830	1,435	8,447



〈그림 5-2〉 비목별 소요예산 구성비

3. 세부과제별 소요예산

- 1세부과제: 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발

〈표 5-7〉 1세부 비목별 소요예산

(단위: 백만원)

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
인건비		148	340	288	111	887
연구 장비 재료 비	연구시설/장비비	-	-	-	-	-
	시작품제작비	-	-	50	-	50
	연구재료비	-	-	-	-	-
기타경비 및 간접비		65	197	160	40	462
합계		213	536	498	151	1,398

- 2세부과제: 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발

〈표 5-8〉 2세부 비목별 소요예산

(단위: 백만원)

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
인건비		355	628	650	399	2,032
연구 장비 재료 비	연구시설/장비비	71	23	-	-	94
	시작품제작비	-	-	50	-	50
	연구재료비	-	-	-	-	-
기타경비 및 간접비		205	393	408	237	1,243
합계		631	1,044	1,108	636	3,420

- 3세부과제: 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발

〈표 5-9〉 3세부 비목별 소요예산

(단위: 백만원)

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
인건비		392	658	672	406	2,128
연구 장비 재료 비	연구시설/장비비	62	-	-	-	62
	시작품제작비	-	-	130	-	130
	연구재료비	-	-	-	-	-
기타경비 및 간접비		231	414	421	242	1,308
합계		685	1,072	1,224	648	3,629

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Base System) 개발
1. 연구개발 목표	○ 기후변화 재해에 대한 자기적응적도시(Self-Adapting City) 조성 지원을 위해 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Base System) 개발 - 도시 기후변화 재해취약성분석 정확성 향상 기술 개발 · 기후변화 재해유형별 위계별 분석DB 표준화 100% 달성 · 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀도 20% 향상 - 도시 기후변화 재해취약성분석 자동수행 및 관리기능 개발 · 도시 기후변화 재해취약성분석 수행기간 33% 단축 · 도시 기후변화 재해취약성분석 오류 발생률 90% 저감 - 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발 · 기후변화 대비 도시방재 사업중복 발생률 10% 저감 · 기후변화 재해취약지역 내 재해취약대상 10% 저감 · 지자체 재해예방형 도시계획 적용률 80% 확보
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 대형화·다양화되고 있는 기후변화 재해에 선제적으로 대응하기 위해서는 재해취약성분석에 근거한 계획 수립 필요성이 증가 - 국내의 재난·재해 연구는 자연재해와 사회재난을 하나로 통합하지 못하고 별개로 분리하여 진행되었으며, 재해 피해이력, 취약지역, 취약요소, 미래 재해발생 예상지역 등 피해관련 정보제공 시스템 마련이 시급 - 제도적으로 도시 기후변화 재해취약성분석 제도를 시행하고 있으나 체계적인 분석 및 검토체계 부재, 교육 및 안내 체계 미흡, 통합 데이터 관리체계 부재, 협력 네트워크 취약, 교육 및 안내체계 미흡 등의 문제로 제도정착의 문제점이 발생 - 따라서, 기후변화 재해에 대한 자기적응적 도시를 조성하기 위해 재해취약성분석의 고도화와 정보공유 채널 및 재해취약성 분석결과를 지속적으로 축적, 활용할 수 있는 시스템 개발이 필요함 ○ 과학적이고 체계적인 분석에 기반한 기후변화 재해취약성분석 및 관리 시스템 개발 필요

	- 현재 시행되고 있는 도시 기후변화 재해취약성분석의 정밀화 및 고도화 시급 - 기후변화에 의한 재해위험성 관련 정보제공 및 대응방안, 재해취약성 분석 결과에 대한 활용방안 교육 등 추가적인 적응 조치가 필요 - 도시 기후변화 재해취약성분석에 근거하여 방재도시 조성전략을 수립하는 정부정책에 부합하여 도시방재정보 관리체계 마련 시급 ○ 다양한 제약 조건에 따른 재해취약성분석 지연으로 인해 재해에 안전한 도시 조성을 위한 재해예방형 도시계획 수립이 지연됨 - 정보공유체계 미흡, 분석방법의 상이점, 오류사항 발생 문제에 대한 해결을 위해 정보의 신속한 제공 및 정확한 의사결정 지원체계 마련 필요 - 재해취약성분석 지원 관리시스템으로 재해에 대비한 도시 조성을 위해 재해예방형 도시계획 수립을 지원하는 기초자료를 제공하는 재해취약성분석이 정확하고 손쉽게 수행되어 의미 있는 결과를 지속적으로 생산할 수 있도록 지원 필요 - 도시차원의 도시기반시설 관리나 토지이용계획, 도시환경계획 등을 통해 지속가능하고 순환적인 기후변화 적응을 위한 대응체계 구축이 필요함 ○ 재해저감을 위한 물리적 기술개발 외에 다양한 이해관계자의 협력이 필요하며 도시계획, 환경계획 측면에서의 정책 대안 제시가 필수적임
□ 기술동향	○ 15년도 국토교통기술수준분석 결과, 도시 분야 중 소분류 단위인 도시재난·재해 대응에서 미국, 독일의 기술 수준은 성숙기에 위치해 있는 반면, 우리나라는 기술격차가 약 8년 정도 차이나는 성장기에 위치함 ○ 현재 도시재해취약성 분석과 관련된 프로그램은 부재하며, 분석결과에 대한 검증 및 모니터링 등 세부적인 기술은 미흡한 실정임 ○ 재해취약성분석 결과 및 관련정보에 대해 사용자 및 수요처 중심의 능동적인 정보 제공이 필요함 - 기후변화와 관련된 일방적인 정보 습득을 위한 자료들을 제공하고 있으나, 사용자가 다룰 수 있는 기후변화 영향 및 리스크 확산 등에 대한 분석을 지원하는 능동적인 정보제공 사례는 미흡한 것으로 보임 - 기후변화에 대비할 수 있는 의사결정지원 및 정보를 제공하기 위해 시각화된 지도, 통계자료, 교육자료 등 다양한 제공방안뿐만 아니라, 사용자 및 지역적 특성을 반영하는 능동적인 정보제공 방안 마련이 요구됨 ○ 타기관의 재해관련 정보 연계, 결과 표출 인터페이스 등 도시공간의 기

	후변화 대응 관리체계 개발이 필요함 - 정부가 기후변화를 대응하기 위한 정책들을 제시하면서 분야별, 기관별로 취약성 분석을 수행하고 있지만, 이를 통합하고 연계할 수 있는 정부정책에 부합하는 표준화된 기후변화와 관련된 도시공간관점에서의 관리체계 개발과 재해취약성분석 결과를 표출하는 인터페이스 기술이 요구됨 ○ 공간의 위계별로 대응할 수 있는 재해취약성분석 단위에 대한 정의와 이를 연계한 네트워크 구성 기술이 필요함 ○ 오픈소스 기반 재해취약성분석 지원 시스템이 필요함 - 주요 선진국에서는 정보관리에 오픈소스를 제공하는 추세이며, 국외의 시스템은 단순 프로그램뿐만 아니라 업무프로세스, on/off-line의 다양한 정보교류채널을 포함하여 구성 운영하고 있음 - 국내에서는 고가의 외산인 ArcGIS 프로그램 등을 활용하고 있으며 기술의 한계로 국내의 공간분석을 지원하는 시스템의 경우 Stand-Alone 방식으로 운영되고 있음 ○ 재해취약성분석의 자동화 기술 및 지속적이고 장기적 재해취약성분석 시스템 개발이 필요 - 현존하는 시스템들은 분석 및 정보 제공에 치중되어 있으며, 계속적으로 정보를 수집하고 저장하는 기술들에 집중하고 있음 - 이에 아울러 수집하는 데이터들의 다양한 포맷을 통일할 수 있도록 하는 변환 처리기술과 시계열데이터의 축적 및 저장기술, 재해취약성 관리시스템을 통해 정보를 함께 공유하며 성장할 수 있는 상세한 케이스별 공유 기술들이 요구됨 ○ 특허분석 결과, 세부기술 중 분석의 평가, 검증, 모니터링 기술이 점유율이 낮았으며, 설계 및 활용 시나리오 기술도 특허출원의 증가추세로 향후 발전 가능성이 상당히 높을 것으로 판단됨 ○ 한국의 관련 특허들은 하나의 재해유형에 집중하여 분석하는 시스템이 다수 차지하고 있었으며, 통합된 시스템 개발이 요구되어짐. 또한 분석 및 정밀화된 데이터와 관련된 특허는 대부분 기상데이터에 치중되어 있으며, 다른 지표와 관련된 데이터의 정밀화 기법이 요구됨 ○ 재해예방을 위한 시나리오 기반 관리시스템 구축 필요 - 특히, 국내와 국외의 시스템 운영방식을 비교해보면 국내는 하나의 사건(재해)에 관하여 집중적인 분석을 하는 반면, 국외는 특정시설 또는 지역에 기반한 분석을 진행하는 경향을 보임. 이는 재해취약성이라는 요소와 분석과정이 복잡하고 표준화하기 어려운 한계에 따라 시설 또는 지역에 적합한 모델과 시스템을 개발하거나 지역현황 자료를 축적
--	--

	하여 반영하는 방향으로 진행되는 특성을 보이고 있음 - 이와 함께 주민, 연구자, 공무원 등 다양한 분야의 전문지식과 경험 및 현황 데이터를 통합 연계하여 재해위험에 대한 이해 및 예방대책 수립을 추진할 수 있도록 지원하는 시나리오 기반 관리시스템 구축이 본 기획과제 차별성 확보차원에서 강조 필요
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	□ 세부연구내용 1: 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발 (수행주체: 學) ○ 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 공간위계별 분석지표 개발 - 기후변화 재해유형별 분석지표 pool 개발 - 공간위계 스케일을 고려한 기후변화 재해취약성 분석지표 개발 - 지역특성을 고려한 기후변화 재해취약성 분석지표 개발 - 기후변화 재해취약성 유형 세분화 프로세스 개발 ○ 지역 상황 맞춤형 재해취약성 분석지표 가중치 연구 및 가중치 추천기술 개발 - 기후변화 재해취약성분석 결과 정확성 제고를 위한 분석지표 가중치 설정 기술 개발 - 기후변화 재해취약성 분석을 위한 공간위계별 가중치 개발 - 기후변화 재해취약성 분석을 위한 지역별 가중치 개발 ○ 기후변화 재해유형별 다위계 재해취약성분석 프로세스 개발 - 네트워크 기반 다위계 재해취약성 분석방법 개발 - 기후변화 재해취약성 분석 프로세스 개발 ○ 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 개발 - 재해취약성 분석을 위한 기초공간단위 설정 기법 개발 - 계획의 공간적 범위에 부합되는 재해취약성 분석단위 설정 기술 개발 □ 세부연구내용 2: 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발 (수행주체: 産) ○ 기후변화 재해취약성분석을 위한 공간단위 분할기법 개발 - 재해취약성분석을 위한 공간분할 자동 모듈 개발 - 행정구역, 지적, 집계구 등 공간단위에 대한 격자단위 변환 기능 개발 ○ 기후변화 재해유형별 공간위계별 재해취약성분석 자동화 기술 개발 - 재해취약성분석과 관련된 데이터 수집 및 저장 기술 개발 - 재해유형별 및 공간위계를 고려한 DB설계 및 분석 소프트웨어 개발

	○ 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 기술 개발 - 오픈소스 기반 공간분석 및 통계데이터 관리 기술 개발 - 재해취약성분석 자동 산정 및 확인 기능 개발 - 오픈소스 기반 재해취약성분석 도구 및 결과 활용 기술 개발 ○ 시나리오 플래닝 기반 재해취약성 변화 재분석 기법 개발 - 건축물 및 단지규모 재해저감대책에 의한 재해취약성 변화 시뮬레이션 기술 개발 - 도시계획 변경안을 반영한 단기 재해취약성 변화 분석 모듈 개발 - 기후변화에 따른 장기 재해취약성 예측 및 검증 기술 개발 □ 세부연구내용 3 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발 (수행주체: 研) ○ 도시 재해취약성 다면분석 기술 개발 - 다부처 재해취약성 분석정보 활용 지원 기술 개발 - 재해취약성 분석결과 다면해석 기술 개발 - 도시재해취약성 다면분석 기능 개발 ○ 재해예방형 도시계획 지식DB 표준화 기술 개발 - 재해취약지역의 사용자 활용 데이터 선정 - 재해취약지역 시계열 데이터 축적 DB 설계 - 사용자 친화형 재해예방 도시계획 DB 서비스 기술 개발 ○ 재해취약성분석 결과 평가, 검증기법 개발 - 재해취약성분석의 단계적 세부 프로세스 정립 - 재해취약지역 재해피해도 검증 Feedback 체계 설계 - 재해취약성분석 결과 평가, 검증 프로세스 개발 ○ 재해취약성 변화 예측 기술 개발 - 재해취약성분석 변화 예측 알고리즘 설계 - 재해취약성분석 변화 예측을 위한 프로세스 개발 - 재해취약성분석 변화 예측 기능 개발 ○ 재해취약성분석 정보 통합활용 기술 개발 - 관련 분야의 도시 기후변화 재해취약성분석 주류화 및 비즈니스 활성화 지원기술 개발 - 국가 기반시설 계획에 대한 재해취약성분석 적용 방안 및 지원시스템 개발 방향 연구 - 재해취약성분석 보급기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
	○ 모든 세부의 연구과제가 사업 진행의 효율성과 완성도를 극대화

□ 추진전략	할 수 있도록 연구 영역을 명확히 구분하고, 중복되지 않도록 관계를 설정하여 추진하되 구분된 연구 영역간의 연계를 통해 최상의 연구결과를 얻을 수 있도록 추진 ○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 - 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심 성과로드맵(TRL 반영)을 제시할 것 - 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과 평가방법을 명시할 것 - 세부 및 연구단 총괄 연구 목표를 정량적으로 제시 * 예: 기존 대비 00% 비용절감, 00% 수준 성능 향상, 00까지 00% 보급 등 ○ 연구내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가 지표(안) 제시 * 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)안은 향후 단계/중간 평가 시 참고 예정 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시 ○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 - 연구 성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시(정책/민간기업/대국민/학술적 등으로 구분) - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적인 방안을 제시해야 함 - 연구 성과의 실용화(정책제안)로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 - 제시한 성과지표에 도시건축연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약 시 조정(추가) 가능 * 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 최종성과물의 테스트 및 검증방안 제시 - 오픈소스 기반 재해취약성분석 프로그램을 테스트하기 위해 시범 대상도시 선정 - 지자체 담당공무원, 엔지니어링 회사의 재해취약성분석 실무 담당자 등에게 프로그램 메뉴얼 제공 및 구현 시험 후 개선사항 도출
---------------	---

	- 시범도시에 대해 본 연구를 통해 구축된 프로그램을 활용하여 도시 기후변화 재해취약성분석 실시 후 「도시기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에서 규정하는 검증기관에 분석된 결과 검증을 의뢰하여 결과 값을 비교분석
□ 추진체계	○ 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하며, 관련 연구진 및 기관으로 연구단 컨소시엄 구성 필요 - 실용화 중심의 연구개발사업으로 민간기관의 실무자들이 적극 참여할 수 있도록 연계성 및 협업체계 확보 필요 ○ 과제내 컨소시엄 구성 시 주관연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관이 연구를 수행하여야 하며, 컨소시엄 구성 시 과제수행 역할을 고려하여 구성 * 연구기관 구성 시 합리적으로 구성하고, 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음 ○ 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 2개월 이내로 제한 - 단, 과제특성상 현황조사 등이 필요한 경우에는 신청기관에서 조사내용, 조사기간, 소요예산에 대한 타당한 사유를 연구개발계획서상에 명확히 제시하기 바람
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	□ 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 ○ 도시 기후변화 재해유형별 위계별 분석 DB(TRL 7) - 기후변화 재해취약성 유형 세분화를 위한 재해유형별 공간위계별 분석 입력자료 Date Set (DB) - 기후변화 재해취약성분석 유형 세분화 모형(Model) ○ 도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기법(TRL 7) - 기후변화 재해유형별 공간위계에 따른 분석 알고리즘 - 기후변화 재해취약성분석 공간단위 설정 기술 가이드라인 □ 도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 ○ 기후변화 재해유형 및 공간위계를 고려한 재해취약성 자동산출 소

	소프트웨어(TRL 7) - 기후변화 재해취약성분석을 위한 공간분할 자동 소프트웨어 - 재해유형별 공간위계별 재해취약성분석 수행을 위한 데이터 수집, 저장 및 분석결과 자동산출 소프트웨어 ○ 오픈소스 기반 재해취약성분석 수행 및 정보관리 자동화 프로그램(TRL 7) - 오픈소스 기반 재해취약성분석 단계별 수행/오류체크 및 시계열 데이터 관리 지원 프로그램 - 도시계획 변경안을 반영한 재해취약성 단기 재분석 기능 - 건축물 및 단지규모 재해저감대책에 의한 국지적 재해취약성 변화 분석 기능 □ 기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 ○ 재해취약성분석 결과 평가, 검증, 모니터링 시스템(TRL 7) - 도시 기후변화 재해취약성 분석결과 종합평가 및 검증 소프트웨어 - 모니터링 기반 재해취약성 변화예측 소프트웨어 ○ 기후변화 재해 대비 도시방재 통합 정보관리 시스템(TRL 7) - 해당 재해취약지역에 대해 각 기관별로 바라보는 관점을 고려한 재해취약성분석 수행 및 결과를 공유하는 재해취약성정보 다면분석 소프트웨어 - 재해취약지역을 지속적으로 관리하기 위한 취약지역 정보 및 관련 시계열 데이터 관리도구 - 재해취약성분석 결과의 지자체 도시군기본계획 및 도시군관리계획 활용 지식DB 관리 소프트웨어 - 국가기반시설 계획 적용, 관련분야 활용, 보급 기술 등 도시 기후변화 재해취약성 분석결과 통합 활용방안 보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 도시 기후변화 재해취약성 관리를 위한 정밀분석 자동화 및 지식베이스 시스템(Knowledge Base System) 개발을 통해 재해예방형 도시계획 수립시 정확한 자료를 제공함으로써 도시방재성능 목표달성 및 관리에 활용 ○ 현재 지자체 도시계획 분야에서 활용되는 재해취약성분석

	결과를 1차 검토하여 실질적 대책 수립시 장기 계획 수립 및 예산 배분 근거로 활용 ○ 지역의 재해취약성을 정확하게 판단하여 기존에 추진되고 있는 재해저감대책 평가 및 효과에 대한 검증에 활용 ○ 광역적, 장기적 기후변화 재해위험 관리를 위한 재해취약 특성 변화 시뮬레이션에 활용하고, 네트워크 기반 분석을 통해 재해취약 급소 파악 및 효과적인 타겟 대책 대상 파악에 활용 ○ 지자체 도시계획 입안 시 재해취약성 변화 영향에 대한 사전 검토 자료로 활용하고, 국가 대형 계획에 대한 사전 타당성 분석시 재해영향에 대한 검토 자료로 활용 ○ 국토교통부의 기후변화 재해취약성분석, 재해예방형 도시 계획 활성화 및 확산에 활용 ○ 재해취약성분석 및 도시방재 커뮤니티의 지식성장 지원을 위한 정보공유 체계 구축에 활용 ○ 지자체 안전관리 역량 개선을 위한 총괄적 지자체 지원체계 개발에 활용
□ 기대효과	[정책적/사회적] ○ 도시 기후변화 재해취약성 분석에 근거하여 방재도시 조성 전략을 수립하는 정부정책에 부합하여 도시방재정보 관리 체계 마련 가능 ○ 도시방재 전문가 혹은 지역 전문가에 대한 정보를 얻을 수 있는 협력 네트워크에 대한 지원을 통해 재해예방형 도시계획 수립을 위한 재해취약성분석 결과의 활용도 제고 가능 ○ 재해취약성분석 지원 기술을 통해 재해예방형 도시계획 수립을 지원하도록 기초자료를 제공하는 재해취약성분석이 정확하고 손쉽게 수행되어 의미 있는 결과를 지속적으로 생산 가능 ○ 장기적 재해예방형 도시계획 수립과 전략 마련을 위해 도시의 재해취약성에 대한 분석결과와 기초데이터, 경험 사례, 인적 자원을 지속적으로 축적하여 지식 자산화 ○ 국가를 중심으로 개별 지자체가 활용할 수 있는 도시방재 지식DB를 제공하여 컨트롤 타워 역할을 수행 가능 [기술적] ○ 다양한 도시방재 전문가 및 실무자가 조직, 프로젝트 또는

	그룹 단위로 자료와 분석도구, 지식 및 경험을 공유하고 협업이 가능해짐에 따라 재해예방형 도시계획 수립을 위한 재해취약성분석 결과의 체계적 활용 활성화에 크게 기여할 것으로 기대됨 ○ 도시 기후변화 재해취약성 관련 데이터를 지속적으로 축적하여, 도시내 재해위험 변화 양상에 대한 장단기 예측 및 재해예방 대책 시뮬레이션 기술 향상에 기여 가능 ○ [체계적인 업무지원] 재해취약성분석 정확성 향상과 자동화 기술 구현을 통해 기후변화 재해로부터 안전한 도시조성을 위한 체계적 지원 및 관리체계 구축 ○ [의사결정 지원] 재해취약성 분석결과에 대한 지식공유체계를 구축하고 타당성 검토 및 실효성 확보를 통하여 도시내 재해위험을 고려한 도시적응 대책에 대한 지능적 의사결정 지원체계 구축에 기여 [경제적] ○ 시설물적 대책 중심의 국외 기술과 달리 광역-도시-지역 기후변화 대응 기술의 차별성을 바탕으로 국가 빅데이터, 사물인터넷 선도기술 및 시스템 융합활용 등 글로벌 기후변화 시장에서 경쟁력 확보 가능 ○ 기후변화 대응 관련하여 산발적이고 비체계적으로 추진되고 있는 연구 및 사업들을 유기적으로 연계할 수 있는 체계의 수요가 매우 높음에 따라 수입 대체효과와 함께 시장의 신기술/제품 수용성이 매우 높음
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2018.1 ~ 2021.12(4년) - 1차년도 연구개발기간 : 2018.1~2018.12 - 2차년도~4차년도 연구개발기간 : 매년 1월~12월 ○ 총 정부출연금 : 8,447 백만원 - 1차년도 정부출연금 : 15.29억원 이내 - 2차년도 정부출연금 : 26.52억원 이내 - 3차년도 정부출연금 : 28.30억원 이내 - 4차년도 정부출연금 : 14.35억원 이내

	※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
8. 기 타	
	○ 본 과제 of 보안등급은 “일반 과제” 임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구

	개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
--	---

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목

- 본 과제의 선정평가를 위한 항목은 크게 ①연구개발 계획의 적정성, ②추진 전략의 우수성, ③연구성과의 실증, ④연구단의 평가로 구분하며 세부 평가 항목은 연구개발의 목표, 연구개발의 내용, 연구수행체계의 적정성 및 전문성 활용계획의 적절성 개발기술의 실용성 및 실증방안 연구단 및 연구책임자의 전문성 연구과제 관리 및 운영 능력으로 구성되며 총점은, 100점임. 단, 총점의 60% 미만인 제안기관은 탈락 처리함

〈표 6-1〉 평가항목 및 배점

구분	평가 항목	세부 평가 항목	배점
연구개발 계획 적정성 (30)	연구개발 목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성 · 구체성	5
		성과지표 설정의 명확성 및 적정성	5
		- 연차별 성과목표의 적절성	
		- 연차별 예상성과의 구체성 및 타당성	
	연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성	5
		과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 내용의 구체성	5
		연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5
		연차별 연구내용의 차별성 및 창의성	5
추진전략 우수성 (35)	연구수행체계 적정성 및 전문성 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성	5
		연구추진 전략의 구체성 및 타당성	5
		연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	5
		연구기간 및 연구개발비 집행계획의 적절성	5
	활용 계획의 적정성 (15점)	연구성과 활용계획	10
		- 연구성과 활용방안의 적절성 및 구체성	
		- 연구성과의 사회 경제적 파급효과	5
		개발기술의 실용성 및 사업성	
연구성과 실증 (25)	개발기술의 실용성 및 실증방안 (25점)	연구내용 및 연구성과의 실현 가능성	20
		연구성과의 적용 및 활용계획	5
연구단 평가 (10)	연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적	5
		연구과제 관리 및 운영 능력	5
소 계			100

- 평가항목과 함께 과제제안요구서(RFP)에 대한 부합성, 중복성, 보안등급 분류의 적정성 평가를 통해 과제 수행 제안기관에 대한 평가를 수행

부합성 평가	평가위원 과반수이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정 시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정 시 탈락 조치
보안등급 분류 적정성 평가	보안등급 분류의 적정성을 검토하고, 그 결과를 반영하여 보안등급 결정 (*관련 공동규정 제24조 제5항 제2호, 제23조 제2항 제4호)

※ 기준항목 세부평가항목 포함 및 배점 기준이 달라질 수 있음

- 평가점수의 산정 방법은 아래와 같이 진행할 수 있음
 - 평가위원회별 평가위원의 평가점수 중 최고점수와 최저점수를 부여한 각 평가위원 1인의 점수를 제외한 나머지 평가점수의 합을 산술평균하여 평가점수를 산정하는 것을 원칙으로 함
 - 가점 및 감점은 평가위원회 평가점수에 부여하여, 종합평가점수로 산정함. 단, 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 경우, 가점 및 감점 부여 없이 ‘탈락’ 처리함
 - 종합평가점수가 가장 높은 기관을 과제수행기관으로 산정함. 종합평가점수가 동점일 경우, ①평가위원회 평가점수가 높은 순, ②총 연구개발비에 대한 신청기관의 기업부담금 현금 부담비율이 높은 순으로 선정함

2. 평가점수의 가점 및 감점 기준

- 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 제 17조(가점 및 감점기준)에 따라 과제 선정평가 시 평가점수의 $\pm 5\%$ 를 넘지 않는 범위 내에서 가점 및 감점을 부여함
- 가점 및 감점은 평가위원회 개최 전까지 제출된 자료를 근거로 평가위원회의 종합평가점수에 합산하되, 60점 미만인 기관에 대하여는 부여하지 않음

3. 평가단계별 검토 필수사항

- 선정평가 시에는 실수요에 맞는 최종성과물 개발과 신시장 창출을 위한 가능성 극대화를 위해 도시 기후변화 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획에 대한 정책적 이해도, 기존 중앙정부, 지자체, 학계, 산업계와의 관련 경험 교류 여부, 중장기 개선방향에 대한 실무적 연구추진 역량 등을 중점적으로 평가

〈표 6-2〉 선정평가 검토 필수사항

구분	세부 검토 항목	배점
재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획에 대한 정책적 이해도 (40)	도시 기후변화 재해취약성분석의 개념 및 중요성에 대한 이해도	10
	도시계획적 대책을 활용한 기후변화 재해 대비에 대한 개념 정립 적절성	15
	지역별 재해취약특성에 따른 재해예방형 도시계획의 범위 및 적용방법에 대한 이해도	15
기존 중앙정부, 지자체, 학계, 산업계와의 관련 경험 교류 여부 (30)	산학연 교류를 통한 도시 차원의 재해예방 대책 수립에 대한 전략적 방향 수립 완성도	15
	기후변화 재해 관련 신시장 창출의 범위 및 가능성 제시 타당성	15
중장기 개선방향에 대한 실무적 연구추진 역량 (30)	도시 기후변화 재해취약성분석에 대한 실무적 경험도 및 연구역량 축적도	15
	지역맞춤형 재해안전도시 조성을 위한 중장기 과제 방향 로드맵 설정 적절성	15
소 계		100

- 중간평가 시에는 최종성과물의 완성도를 높이기 위하여 연구단계별 성과물의 유기적 연계와 연구기관들 간의 생산적 협업체계 유지 여부를 중점적으로 평가

〈표 6-3〉 중간평가 검토 필수사항

구분	세부 검토 항목	배점
연구단계별 성과물의 유기적 연계 (40)	재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 정보의 수집, 생산, 표출, 개선 기능을 위한 세부과제 성과물 간의 연계 완결성	20
	재해취약성분석 결과 수요처에 대한 맞춤형 결과 생산을 위한 기능 개발을 위해 성과물 연계 적절성	20
연구기관들 간의 생산적 협업체계 유지 (30)	도시의 기후변화 재해취약특성 세분화를 위한 연구기관간 역할분담 적절성	15
	자동화 기술 개발을 통한 오픈소스 기반 프로그램 개발을 위한 필수 구성요소 설정 및 개발 담당기관 연계 흐름 완결성	15
연구성과물 현장적용	도시 기후변화 재해취약성분석 정확성 향상을	15

(30)	위한 지표 및 가중치 관련 연구결과물의 현장적용 적절성	15
	연구 산출물의 지속적 개선을 위한 선순환적 피드백 체계 구성 적절성	
소 계		100

- 최종평가 시에는 최종성과물의 활용성을 극대화하기 위하여 최종성과물 활용처별 필요사항 의견 수렴 여부와 지속적인 유지관리를 위한 전략적 방향 수립이 체계적으로 마련되었는지 중점 평가

〈표 6-4〉 최종평가 검토 필수사항

구분	세부 검토 항목	배점
최종성과물 완성도 (40)	재해취약성분석에 근거한 재해예방형 도시계획 수립 관련 정확성 및 효율성 향상을 위한 최종성과물의 적용성	20
	도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 대한 신시장 확산 현실화를 위해 최종성과물 활용 가능성	20
최종성과물 활용처 수요반영 (30)	도시방재 관련 정책 및 시장 활성화를 위해 최종성과물을 활용한 분석결과의 지속적인 축적 및 활용 프로세스 확립 여부	15
	최종성과물의 활용처 다각화와 활용시나리오의 다양성 확보를 위한 주도적 추진기관 및 비즈니스 모델 설정 적절성	15
최종성과물 지속적인 유지관리 (30)	최종성과물의 단기적 문제점 보완 및 개선방안 마련을 위한 주체 및 계획 수립 적절성	15
	최종성과물의 지속적인 활용 및 유지관리를 위한 동반성장형 인적 네트워크 구성 및 역할 부여 여부	15
소 계		100

참고문헌

- 경기개발연구원. 2011. 경기도 재해위험개선사업 추진방안 연구.
- 구지희, 이상훈, 이병재. 2017. Urban Flood Management through Volunteered Geographic Information, Disaster Advances Vol. 10(1)
- 국립방재교육연구원 방재연구소. 2010. 도시공간및시설에대한안전실태조사및방재계획기준설정.
- 국립방재연구원. 2012. 재해경감을 위한 방재도시 설계기준개발.
- 국립방재연구소. 2004. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(Ⅰ).
- 국립방재연구소. 2005. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(Ⅱ).
- 국립방재연구원. 2011. GIS기반 전국단위 급경사지 붕괴판단 시스템 설계.
- 국립방재연구원. 2011. 풍수해 취약성 평가를 위한 분석시스템 프로토타입 개발.
- 국립재난안전연구원. 2013. 국가기반시설 취약성 평가를 위한 인벤토리체계 구축.
- 국립해양조사원. 2013. 해양관측정보 시스템 통합체계 구축-통합플랫폼 부문-.
- 국립환경과학원. 2009. GIS 및 WEB 기반 취약성 파악 및 분석기법 개발 (Ⅰ).
- 국립환경과학원. 2012. 기후변화 부문별 취약성 지도(총괄).
- 국민안전처. 2013. 연안관리지역계획 수립 및 관리에 관한 업무처리 규정(시행 2013. 5. 3).
- 국민안전처. 2014. 국민안전처 주요통계.
- 국민안전처. 2015. 자연재해위험개선지구 관리지침(시행 2015. 1. 6).
- 국토교통부. 2013. 기후변화 적응도시 조성방안 연구(3차년도).
- 국토교통부. 2014. 방재지구 가이드라인.
- 국토교통부. 2015. 2014년도 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부. 2016. 2015년도 재해취약성분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅. 세종: 국토교통부.
- 국토연구원. 2013. 도시의 기후변화 재해취약성 분석 발전방안 연구. 안양: 국토연구원.
- 국토연구원. 2014. 도시 기후변화 재해 취약성 분석 지원 플랫폼 구축방안 연구. 안양: 국토연구원.
- 국토연구원. 2008. 재해에 안전한 도시조성을 위한 방재도시계획 수립방안 연구.
- 국토연구원. 2009. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(Ⅰ).
- 국토연구원. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(Ⅱ).
- 국토연구원. 2012. KOPSS Open-API 설계서.
- 국토연구원. 2013. 도시의 기후변화 재해 취약성 분석 발전방안 연구.
- 국토해양부. 2011. 기후변화 적응도시 조성방안 연구(1차년도).
- 국토해양부. 2012. 기후변화 적응도시 조성방안 연구(2차년도).

기상청, 2015 기상연감.

김근태. 2014. 도시 및 광역계획지원시스템의 구축과 활용. 국토연구 통권 389호 pp. 91-101.

김문모. 2015. 지역특성을 고려한 재해영향 분석기법 고도화. 국민안전처.

김원현, 이병재, 김재호, 심우배. 2013. 대형교차로 주변지역 수해특성 분석 및 도시방재기법 연구. 한국위기관리논집, 9(6)

김태환 외. 2015. 한국 국가도시정책의 전략과 과제. 안양:국토연구원.

김현주 외. 2004. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(I). 소방방재청 국립방재연구소.

김현주 외. 2005. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(II). 소방방재청 국립방재연구소.

문채·윤혜철·조판기. 2003. 도시방재에 관한 연구: 일본의 사례를 중심으로. 국토연구원: 안양.

서울시. 2015. 서울시 풍수해저감종합계획.

서울시정개발연구원. 2006. 서울시 지역안전도 평가 모형 개발연구.

성춘호, 김가람. 2011. 퍼블릭 클라우드 기반기술과 적용사례, 정보과학학회지 제 29권 제 5호.

소방방재청. 2014. 자연재해예방사업 추진체계 발전방안 연구 - 재해위험지역 정비사업을 중심으로-.

소방방재청. 2014. 2014년 NDMS 홍보 브로셔.

송주일, 이병재, 유재환. 2015. 도시설계기법 유출저감 효과분석을 위한 FFC2Q와 XP-SWMM 비교 연구. 한국재난정보학회지 vol. 11(1). pp. 107-119

심우배, 이병재, 이찬희, 김재호. 2013. 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 도시의 기후변화 재해 취약성 분석방법 연구, 한국방재학회지 vol. 13(6)

오카지마 유시. 2010. 클라우드 혁명과 애플 구글 마이크로소프트. 예인.

이경호. 2011. 급경사지 재해 경감을 위한 제도개선 방안 연구. 강원대학교 석사학위논문.

이병재, 김원현, 송주일, 심우배. 2013. 공간분석을 통한 중소도시 수해특성 및 도시계획적 대응방안 연구. 한국위기관리논집, 9(6)

이병재, 한우석. 2013. Analysis of Urban Development Condition Increasing Heavy Rainfall Disaster Damage, 한국환경기술학회지 vol. 14(6)

이병재, 김원현, 김재호, 심우배. 2015. 방재지구의 현황과 제도개선 방안에 관한 연구. 대한국토도시계획학회지. vol. 50(4), 2015

장민원, 김상민. 2013. 재해 취약성 평가를 위한 기상자료 처리 프로그램 MetSystem 개발, 농촌계획학회지 제19권 제4호.

전북발전연구원. 2010. 기후변화 대비 전라북도 자연재해대책 선진화 방안.

조용호. 2012. 플랫폼 전쟁. 21세기북스.

- 한국정보산업연합회, 2015년 IT산업 7대 메가트렌드, p. 101~p. 102.
- 한국토지주택공사. 2008. 토지적성평가 업무편람.
- 한국토지주택공사. 2012. 도시재생종합정보시스템 구축 개발보고서.
- 한국토지주택공사. 2014. 토지적성평가 표준프로그램 고도화 및 유지관리 용역 착수보고자료.
- 한국환경정책·평가연구원. 2008, 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입 방안.
- 한국환경정책평가연구원. 2014, 기후변화적응산업 육성전략 마련, p. 13.
- 홍재주, 임호종, 함영한, 이병재. , 2015, “격자단위 분석기법을 적용한 도시 기후변화 재해취약성 분석”, 한국공간정보학회지, 23(6), pp67-75.
- 히라노 아쓰시 칼. 2011. 플랫폼 전략. 더숲.
- Brooks, N.W., N. Adger, P.M. Kelly. 2005. “The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation”, *Global Environmental Change*, 15(2): pp151-163.
- Britz, Wolfgang. 2004. "CAPRI modelling system documentation." *Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis*.
- Cutter, S.L., B.J. Boruff, W.L. Shirley. 2003. *Social Vulnerability to Environmental Hazards*.
- Economics of Climate Adaptation Group. 2009. *Shaping Climate Resilient Development—a framework for decision making*.
- European Union and World Bank. 2011. *Using high resolution satellite data for the identification of urban natural disaster risk*.
- German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. 2014. *The Vulnerability Sourcebook—Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments*.
- GFDRR. 2014. *Open data for resilience initiative field guide*.
- GFDRR. 2014. *Understanding Risk—The Evolution of Disaster Risk Assessment*.
- Gocht, Alexander, et al. 2011. "EU-wide distributional effects of EU direct payments harmonization analyzed with CAPRI." *EAAE 2011 Congress "Change and uncertainty, challenges of agriculture, food and natural resources"*, Zurich, Switzerland. August.
- International Recovery Platform, 2012, *Policy, partnerships & land use planning interventions to reduce future risks*, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Moss, R.J., E.L., Brenkert, A.L., Malone. 2001. “Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach”, Prepared for the US Department of Energy.

Rockefeller Foundation. 2014. City Resilience Framework.

UNEP, 2015, Promoting Ecosystems for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation.

United Nations. 2014. Post-2015 framework for disaster risk reduction.

US Environmental Protection Agency. 2014. Flood Resilience Checklist.

World Bank. 2013. Building Urban Resilience-Principles, Tools, and Practice.

Yusuf A. A., H, Francisco. 2009. Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia, Economy and Environment Program for Southeast Asia.

【Web page】

국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr/main.html>, 접속일자: 2016. 01. 29).

산림청 홈페이지(<http://www.forest.go.kr>, 접속일자: 2016. 02. 01).

시·도별 한국토지정보시스템(KLIS) 홈페이지(접속일자: 2016. 03. 01.).

国土交通省, 2016, 災害リスク情報の活用と連携によるまちづくりの推進について
http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000007.html(접속일자: 2016. 02. 04.).

内閣府, 2014, 地区防災計画モデル地区概要報告
http://chikubousai.go.jp/news_detail.php?eid=00020(접속일자: 2016. 02. 04.).

Organisation of American States, 1999, A Programme to Mitigate the Impacts of Natural Hazards Report
<http://www.oas.org/cdmp/document/jeremie/exsum.htm>(접속일자: 2016. 02. 04.).

http://sf5.arcs.ac.at/spard_site/mapviewer/OpenLayers-2.10/examples/spard_controls.html

<http://www.opengeospatial.org/standards/wps>

http://www.tta.or.kr/data/weekly_view.jsp?news_id=2882

<http://mun1007.blog.me/10173492862/>

【법률정보】

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」

「자연재해대책법」

「급경사지 재해예방에 관한 법률」

「산림보호법」

「연안관리법」

「재해위험 개선사업 및 이주대책에 관한 특별법」