

# 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 (I)

Development of the Urban Flooding Risk Prevention System (I)

이상은 외



# 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 (I)

Development of the Urban Flooding Risk Prevention System (I)

이상은, 김창현, 박태선, 김미은, 김슬예, 이태삼, 김진현

#### ■ 연구진

---

이상은 국토연구원 책임연구원(연구책임)  
김창현 국토연구원 연구위원  
박태선 국토연구원 연구위원  
김미은 국토연구원 책임연구원  
김슬예 국토연구원 연구원

#### ■ 외부연구진

---

이태삼 경상대학교 교수  
김진현 (주)이에이트 대표이사

#### ■ 연구심의위원

---

김종원 국토연구원 선임연구위원  
이용우 국토연구원 선임연구위원  
김명수 국토연구원 연구위원  
김대종 국토연구원 연구위원  
한우석 국토연구원 책임연구원  
최점돌 국토교통부 도시정책과 사무관  
이미홍 LHI 지역개발사업평가센터장

# 발간사

## PREFACE

최근 몇 년 여름철 강수량이 저조해 간과되기도 하지만, 분명히 도시침수 문제는 국토와 도시계획 분야의 미해결과제로 남겨져 있다. 2011년과 2012년에 발생한 큰 풍수해를 계기로 국토, 도시, 건축, 토지이용, 하천, 재난관리 등 각 분야의 법령과 지침이 개선되었고 많은 대책수단을 강구할 수 있도록 근거가 마련되었다. 하지만 도시화에 의한 개발압력으로 인해 도시하천 인근의 저지대 등을 안전한 공간으로 정비할 여유가 없어, 큰 침수피해가 발생하더라도 방재시설을 일부 늘려가는 과거 방식을 여전히 답습하고 있는 것이 사실이다. 중앙부처 담당부서의 노력에도 불구하고 현장의 도시계획 내용이 바뀌지 않는 한 도시침수 문제는 근본적으로 해결할 수 없는 것이다.

UN 재난경감전략기구가 각국 정부의 노력을 평가해 2013년에 발표한 보고서를 보면, 재해에 안전한 도시를 건설하는 데 진척이 느린 것은 우리만의 문제는 아니다. 각국은 재해에 대한 정부와 대중의 인식 증가, 제도 및 기관의 설립, 조기경보 시설의 보급, 대비·대응책 마련 등에 상당한 발전이 있었던 반면, 위험을 감소하기 위한 투자나 개발규제와 같은 실천적인 분야에 대해서는 정부의 노력이 크게 미흡하다는 결론을 내리고 있다. 이는 재해의 위험을 낮추려는 중요한 대책은 각종 개발계획과 상충하거나 예산·행정에 있어서 크게 조명 받지 못해 그 실행을 연기하고 있기 때문이다.

이로 인해 2015년 UN 제69차 총회에서 다음 15년 동안 정부는 구체적인 목표를 설정하고 재해에 대한 도시의 노출과 취약성을 감소시키는 데에 모든 가용수단을 결집하기로 하였다. 이러한 여건변화를 감안할 때 도시의 잘못된 개발계획에 경고를 주고 때로는 강제할 수 있도록 상당히 높은 수준의 기술기반이 확충되어야 할 것이다. 예를 들어, 국가와 지자체의 정책실무 수요에 맞춰 장래 재해로 인한 도시의 노출과 취약성을 객관적으로 측정하고 개발계획 변화나 방재분야 투자의 중요성을 증명할 수 있도록

위험도 평가기술이 실용화되어야 할 것이다. 또한 평가를 통해 얻은 위험도 정보는 관심지역의 위험수준에 대한 공간중심의 이해를 도울 뿐만 아니라 필요한 대책수단의 근거를 제공함으로써 계획단계의 실무부담을 줄여줘야 할 것이다. 게다가 이 모든 정보가 담당자의 서류철에만 저장되어 있지 않도록, 접근성 높은 시스템을 구축한 뒤 정부의 정책결정자, 실무자, 지역사회, 언론매체 등이 자신의 필요에 따라 쉽게 활용할 수 있게 운영되어야 할 것이다. 이 때문에 연구기관은 어떤 방식으로 정부에 기술지원 하는 것이 좋을지 진지한 고민을 시작해야 할 것이다.

이 같은 방재분야의 최근 국제동향에 맞춰 본 연구는 도시침수 예방대책 지원시스템을 총 3년의 기간을 통해 구축하고자 목표하고 있다. 시스템 구축을 완료한 뒤에는 침수피해가 커 집중관리가 필요한 지역을 중점관리대상지로 선정해가면서 상세한 위험정보와 대책수단 정보를 지속적으로 제공할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 과도한 계획수립이 불필요한 지자체의 예산이나 행정낭비를 줄이고 종합적인 대책이 시급한 지자체에게 집중할 수 있게 되기 때문에 중앙정부, 광역·기초단체와 함께 국가차원의 선도사업을 추진하는 데 좋은 출발점이 될 수 있을 것으로 보인다.

아무쪼록 이번 연구가 도시침수에 대해 안전도시를 조성하는 데 크게 이바지하고 향후 방재·수자원 전문가들은 물론 다양한 이해 관계자들 간에 폭 넓은 공감대가 형성되는 계기가 되기를 기대합니다. 끝으로 본 연구를 수행하는데 노력을 아끼지 않은 이상은 책임연구원 등 국토연구원 연구진의 노고를 치하하며 외부연구진으로 참여해 주신 이태삼 교수님과 김진현 대표이사님께도 깊이 감사드립니다.

2016년 12월

국토연구원장 김 동 주

# 주요 내용 및 정책제안

## FINDINGS & SUGGESTIONS

### 본 연구보고서의 주요 내용

- 1 국내 지자체 도시계획 실무부서의 인력과 전문성을 고려할 때 도시침수 방재대책을 위해 담당자에게 분석부담을 줄여주면서, 객관적 근거와 대책수단의 참고자료를 제공하는 국가차원의 정책지원 시스템 구축·운영이 필요함
- 2 정책실무 수요를 충족시키기 위해, 전국 도시침수 피해이력 등 자료의 일괄 관리, 재해지도 구축·공개, 영향권 설정 및 위험원인조사 결과 제시, 대책수단의 의사결정 참고자료 제공, 공식문건 발간 및 기술정보 공유 등의 기능을 갖도록 시스템을 구축
- 3 침수해석, 영향권 설정, 위험원인 조사 등 시스템 구축을 위해 제안한 각종 요소기술은 자료수집 부담을 줄여주면서 범용적으로 적용할 수 있고, 도시침수 위험에 대한 공간 이해를 효과적으로 제공하며, 대책수단과 연계하여 정책실무적으로 활용하기 용이함

### 본 연구보고서의 정책제안

- 1 (역할분담체계 마련) 중앙정부는 선도사업 추진 및 시스템 운영 등의 법·제도적 지원과 사업비 확보, 지자체는 자료공유, 수요건의, 시스템 활용, 전문기관은 자료구축, 요소기술 개선, 정책근거자료 발간 등 주체 간 역할분담체계 마련
- 2 (선도사업 추진) 국가·광역적 차원에서 공동으로 중점관리대상지를 선정하고 정비하는 선도사업 추진
  - 대상지 선정 방식: 지자체별로 도시침수에 의한 면적 당 공공·건축 피해액과 피해빈도를 평가한 뒤 현장·탐문조사와 지형분석으로 피해 잠재성이 높은 공간범위 확정
  - 특별재난선포에 따른 국가 지원사업의 일환으로 피해지역 추가 반영 가능
- 3 (공신력 있는 침수 공간정보 제공) 도시계획의 부문계획으로 마련되는 방재대책의 실효성을 강화하기 위해 시스템의 공간정보와 대책수단 참고자료에 대한 공신력을 제고
  - 선도사업으로 시스템을 보완한 후 국토계획법령, 도시계획 수립지침 등에 근거 마련

# 요 약

## SUMMARY

### 1. 연구의 개요

- 기후변화, 도시화 등에 의한 도시침수 피해 증가로 종합적인 도시계획적 전략이 중시됨
  - 집중강우 세기가 과거와 다른 확률특성을 보이는 상황에서 방재시설, 유출억제 시설 등의 대책수단을 중시하는 전통적인 전략은 효율성과 확실성이 미흡
  - 지구지정, 토지이용, 기반시설, 건축물 규제 등 도시계획적 대책수단을 보완해 침수가 발생하더라도 주민과 경제 피해를 최소화하는 대안적 접근법을 모색
- 도시침수에 대한 도시계획적 대책을 위해 시·군 담당자에게 분석부담을 줄여주면서, 필수적인 대책에 대해 근거를 마련하고 구속력을 함께 제공하는 방법이 필요
  - 이를 위해 전문 연구기관의 참여, 기술기반 확충, 역할분담의 법적 근거 확보 등이 중요함
- 본 연구는 기술기반의 확충에 초점을 두고, 도시침수 예방대책 지원시스템을 아래와 같은 기능을 갖도록 개발하고자 함
  - 전국 행정구역별 도시침수 피해이력 등 기초자료의 일괄 관리
  - 중점관리대상지 도시침수 재해지도 구축·공개
  - 중점관리대상지 영향권 설정 및 위험원인 분석결과 공개
  - 중점관리대상지 대책수단의 의사결정 참고자료 제공
  - 공식문건 발간 및 기술정보 공유

## 2. 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향

- 기후변화 등 장래 시나리오를 고려해 위험도를 분석하고 중장기 관점에서 대책 수립을 지원하는 연구기능이 중시됨
  - 안전도시 조성 등 정부 정책실무에 맞는 위험도 평가기술 개발과 정보 시스템의 구축에 대한 수요가 매우 높음
- 일본, 프랑스, 스위스 등 도시방재분야 선도국가의 법령·지침·실무를 검토한 결과, 중앙정부에서 미리 지방정부가 도시방재계획을 마련할 수 있도록 방법론, 지침, 정보시스템 등의 기술기반을 제공하고 접근을 용이하게 할 필요가 있음
  - 지방정부가 재해 대책수단의 필요성을 공간차원에서 이해하고 재해 영향권을 명확히 설정하도록 국가의 기준을 두고 있음
  - 지방정부가 도시계획 차원에서 방재대책을 엄격하게 적용하도록 법적·실무적 장치를 마련하고 있음

**표 1** 국내·외 도시방재 정책 동향 분석

구분	한국	일본	프랑스	스위스
구속력	지자체(시·군·구)	지자체(도도부현)	광역(region)	주(canton)
수립 절차	X - 별도 규정된 수립절차 없음	O (1) 재해 및 대상지역 선정 (2) 재해위험 정보 구축 (3) 기본방침 작성 (4) 구체적 시책 마련 (5) 계획의 평가	O (1) 지자체장 승인 (2) 방재계획 구상 (3) 기초단체 등 관련 기관 협의 (4) 최종계획 수립	O (1) 재해 평가 (2) 방재목표 설정 (3) 방재대책 계획수립 (4) 비상조치계획 수립
기술 기반	△ - 방재지구 가이드라인 - 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침	O - 방재도시정비계획 수립지침 - 재해지도 포털구축을 통한 공간정보제공	O - 방재계획 지침서, 재해별 지침서 - 재해지도 공개	O - 재해별 지침서 - 재해지도 구축 지원

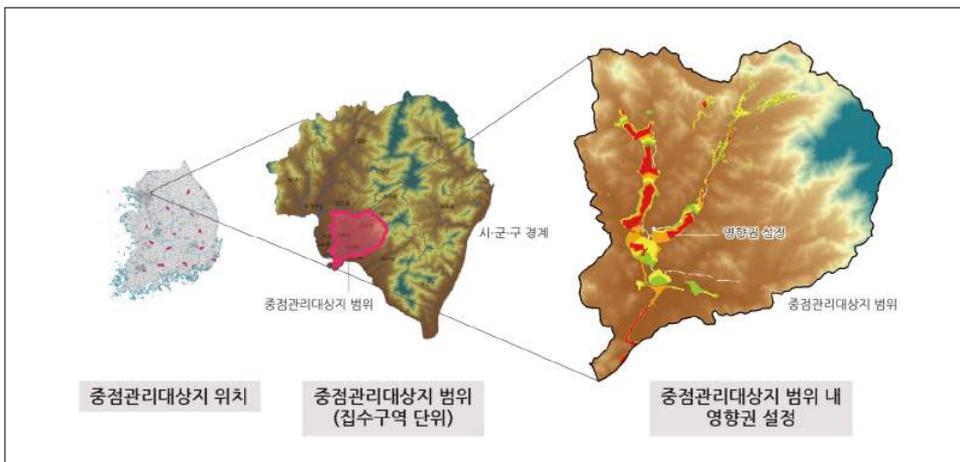
X: 없음, △:불완전함, O: 체계적임

- 도시방재 관련 국내 법령·지침·실무의 문제점은 다음과 같이 분석됨
  - 국토교통부와 국민안전처 간에 도시방재를 위한 정책과 역할이 중복되어 있음
  - 도시방재 정책 실현을 위해 재해예방형 도시계획이 중시되어야 하나, 공간중심의 재해위험 정보가 부족해 현장에 맞는 종합계획을 발굴하는 데 한계가 큼

### 3. 도시침수 예방대책 지원시스템 개발 방향

- 방재분야 학술문헌을 검토한 후 시스템 구축에 필요한 용어를 다음과 같이 정의함
  - 도시침수는 집중호우에 의해 발생하는 자연재해로 발생장소, 원인, 결과에 의해 구체화된 홍수의 한 종류
  - 도시침수 위험도는 재해특성, 노출특성, 취약성에 의해 결정되며, 방어능력을 초과하는 강우 조건에서 침수로 발생될 수 있는 잠재적인 피해규모를 의미
  - 영향권은 영향의 크기와 발생가능성의 두 기준에 따라 구획화된 공간을 의미
  - 중점관리대상지는 (도시침수 위험이 상대적으로 높아 국가차원에서 위험정보 생산, 도시계획 대책수단 발굴 등의 기술지원을 우선적으로 제공함으로써) 방재측면의 실효성 있는 도시계획 수립을 전략적으로 유도하고자 하는 곳으로 정의함

그림 1 중점관리대상지와 영향권의 개념도



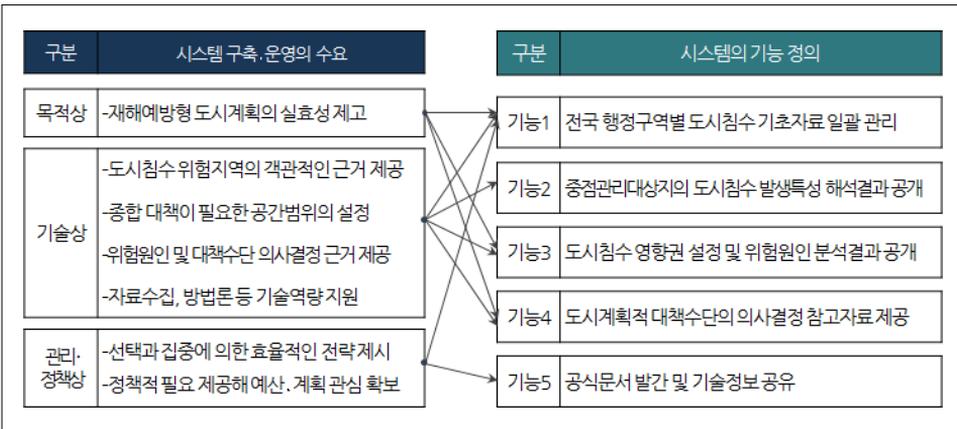
□ 업무협의회, 자문회의, 설문조사 등을 통해 시스템 수요를 다음과 같이 확인함

- 재해예방형 도시계획의 실효성 제고
- 도시침수 위험지역의 객관적인 근거 제공
- 종합대책이 필요한 공간범위의 설정
- 위험원인 및 대책수단 의사결정의 근거 제공
- 자료수집, 방법론 등 기술역량 지원
- 선택과 집중에 의한 효율적인 전략 제시
- 상시 정책적 필요를 제공해 예산·계획의 관심 확보

□ 해외 시스템 운영 사례를 조사한 결과, 위 수요를 충족시키기 위해 시스템은 다음과 같은 기능을 갖추어야 할 것으로 판단됨

- 도시침수 기초자료의 일괄 관리
- 중점관리대상지에 대한 재해특성 해석결과 공개
- 영향권 및 위험원인 조사결과 공개
- 대책수단 의사결정을 위한 참고자료 제공
- 공식문건 발간 및 기술정보 공유를 위한 플랫폼 제공

**그림 2** 시스템의 수요와 시스템의 기능 간의 관련성



- 추후 시스템의 운영 · 활용을 위해 관련된 담당자, 실무자, 전문가의 의견을 수렴해 적절한 시스템의 운영체계를 조사하였으며, 시스템 구조, 화면시안 설계 등 개념설계 결과를 제시함

**그림 3** 시스템 화면시안 예시



#### 4. 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위한 프로토타입

- 시군구 단위의 피해이력 통계자료를 이용해 도시침수 피해여건을 분석하기 위한 피해액 및 피해빈도 지표를 정의하였으며, 적용 결과 다음과 같은 시사점을 도출함
  - 시군구 단위로 볼 때, 도시지역 1km<sup>2</sup>당 연평균 65백만원(3분위값 기준) 초과 시 상대적으로 피해액이 높은 수준에 해당되며, 도시지역 1km<sup>2</sup>당 연평균 0.12 회(3분위값 기준) 초과 시 상대적으로 피해빈도가 높은 수준에 해당됨
  - 피해액과 피해빈도 기준으로 도시침수 피해가 우려되는 총 51개 시군구를 선별하였으며(추후 중점관리대상지 우선선정 후보지), 지역적으로 경기도와 경상 남도에 속한 지자체에서 도시침수 관리가 특히 시급함을 확인함
- 국가적으로 대책이 시급한 지역에 대해 상세 위험정보를 제공하고, 도시계획 단계에서 실효성 있는 대책을 결정할 수 있도록 다음과 같은 방법론 및 절차를 제안함
  - 지표를 이용한 대상 시군구 선별, 침수이력조사, 현장 · 탐문조사, 지형분석 등을 통한 중점관리대상지 선정기준과 공간범위를 설정하는 절차를 제시함
  - 기후변화로 인한 확률강우량 변동을 고려해 침수유발 강우를 재현할 수 있도록 강우 시나리오 생성기법을 제시함
  - 집중호우 시 저지대 침수, 우수 배제 실패, 소하천 범람 등 다양한 원인으로 발생하는 도시침수 현상을 효과적으로 재현하도록 수문해석기법을 간소화함

**그림 4** 도시침수 해석 및 재해지도 개발 방법론 및 절차

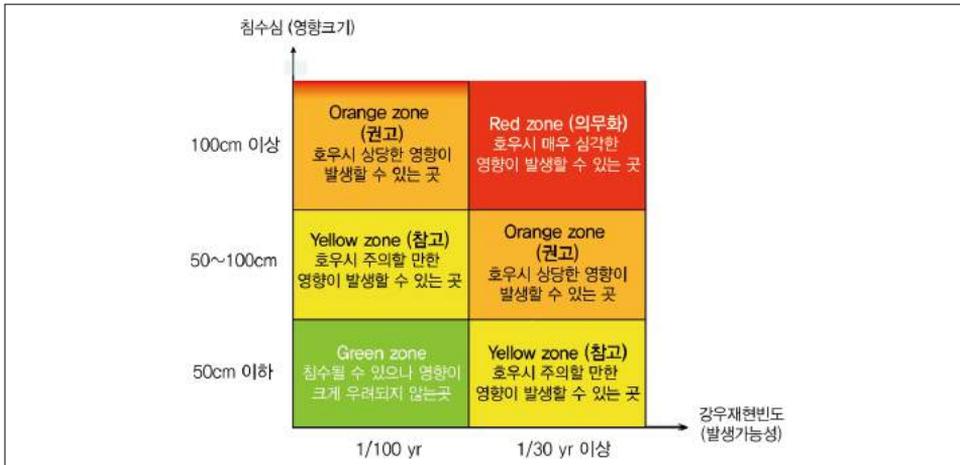


- 잠재적으로 중점관리대상지로 선정 가능한 두 지역(대상지로서의 피해특성과 함께 방법론 검증을 위한 자료수집 가능성을 고려해 남양주시와 창원시의 일부 구역을 선정)에 대해 제안한 방법론을 적용하여 신뢰성과 유용성을 확인함
  - 2차년도 이후 방법론의 안정화를 꾀하면서 다수의 대상지에 확대·적용

## 5. 도시계획적 대책 수립 지원 방법

- 관련부처의 정책결정 또는 지자체의 도시계획 단계에서 중점관리대상지에 대한 침수해석 결과를 실무적으로 활용할 수 있도록 다음과 같은 공간분석 절차를 제안함
  - 국제적으로 통용되는 영향권 설정기준을 토대로 침수해석을 통해 만든 재해지 도로부터 공간을 구체화하는 방법을 제시함

그림 5 도시침수 영향권 구획화 기준



- 재난 위험도 평가 등의 최근 이론을 근거로 영향권이 설정된 지역의 위험원인을 객관적으로 조사하는 방법을 제안함
- 기존의 법률·지침·연구문헌을 토대로 도시침수 방재를 위한 대책수단을 체계화하였고, 영향권의 위험원인 조사 결과와의 연계방안을 강구함

- 위 방법을 남양주시와 창원시 대상지에 적용해 대책수립 결과를 실증적으로 제시함





차례  
CONTENTS

발 간 사 ..... i  
주요 내용 및 정책제안 ..... iii  
요 약 ..... iv

**제1장 연구의 개요 및 목적 1**

1. 연구의 필요성 ..... 3  
    1) 자연재해 관리를 위한 국제여건 변화 ..... 3  
    2) 우리나라의 자연재해 관리의 주안점 ..... 4  
    3) 문제의 인식 ..... 6  
2. 연구의 목적 ..... 8  
    1) 시스템 구축의 목적 ..... 8  
    2) 연차별 목표 ..... 9  
3. 연구의 범위 및 방법 ..... 10  
    1) 연구의 범위 ..... 10  
    2) 연구 방법 ..... 11  
4. 연구의 기대효과 ..... 12  
    1) 정책적 기대효과 ..... 12  
    2) 학술적 기대효과 ..... 12  
5. 선행연구와의 차별성 ..... 13  
    1) 선행연구 현황 ..... 13  
    2) 선행연구와 본 연구와의 차별성 ..... 17

6. 주요 연구내용 .....	18
------------------	----

<b>제2장 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향</b>	<b>19</b>
-----------------------------------	-----------

1. 도시방재 관련 최근 국제 전략 .....	21
1) 2015-2030 센다이 강령 .....	21
2) 2016-2030 UN 지속가능한 개발 목표 .....	24
2. 주요 선진국 정책 동향 .....	26
1) 일본 .....	26
2) 프랑스 .....	29
3) 스위스 .....	33
4) 시사점 .....	37
3. 도시방재 관련 국내 정책 현황 .....	40
1) 도시계획 상의 도시방재 .....	40
2) 자연재해관리 상의 도시방재 .....	42
3) 현 도시방재계획 수립현황 .....	45

<b>제3장 도시침수 예방대책 지원시스템 구축 방안</b>	<b>47</b>
----------------------------------	-----------

1. 용어의 기본개념 .....	49
1) 도시침수 .....	49
2) 도시침수의 위험도 .....	50
3) 도시침수 영향권 .....	53
4) 중점관리대상지 .....	54
2. 시스템 개발·활용의 수요 파악 .....	55
1) 업무협의회·자문회의·설문조사 실시 .....	55
2) 시스템 구축·운영의 수요 정의 .....	63
3. 시스템의 기능 정의 .....	64
1) 해외 시스템 운영사례 조사 .....	64
2) 시스템의 기능 정의 .....	82

4. 시스템 개념설계 .....	85
1) 시스템 운영·개발체계 .....	85
2) 시스템의 구조 및 화면시안 .....	87

**제4장 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위한 프로토타입 99**

1. 도시침수 피해여건 분석 .....	101
1) 피해여건 분석방법 .....	101
2) 피해여건 분석결과 .....	102
2. 중점관리대상지 선정기준 및 절차 .....	108
1) 대상 시·군·구 선별 .....	108
2) 침수이력 조사 .....	109
3) 현장·면담조사 실시 .....	111
4) 중점관리 대상지 범위 확정 .....	113
3. 강우 시나리오 자료 생성기법 .....	115
1) 강우 시나리오 기준 설정 .....	116
2) 편의 제거된 시간단위 강우자료 생성 .....	119
3) 강우빈도 해석 .....	126
4) 강우 시간분포 자료 생성 .....	126
5) 강우 시나리오 자료생성 간소화 방향 .....	128
4. 도시침수의 간소화된 해석방법 .....	128
1) 기초자료 구축 .....	133
2) 침수해석 .....	137
3) 방법론 검증 .....	144
4) 재해지도 개발 결과 .....	147

**제5장 도시계획적 대책 수립 지원 방법 151**

1. 중점관리대상지별 도시침수 영향권 설정 .....	153
-------------------------------	-----

1) 도시침수 재해특성을 고려한 영향권 설정 기준 .....	153
2) 중점관리대상지 영향권 설정 결과 .....	157
2. 영향권의 위험원인 조사 .....	160
1) 노출특성 조사 .....	161
2) 취약성 조사 .....	169
3) 위험도 주제도 개발 .....	175
3. 영향권 내 적용가능한 도시계획적 대책수단 .....	188
1) 도시침수 방재대책의 체계화 .....	188
2) 도시침수 방재대책의 중요 수단 .....	190

## 제6장 정책제안 및 결론

197

1. 정책제안: 시스템 운영·활용 방향 .....	199
1) 운영 방향: 주체별 역할분담 .....	199
2) 활용 방향 .....	203
2. 결론 .....	209
3. 추후연구 .....	211
1) 2차년도 .....	211
2) 3차년도 .....	212
참고문헌 .....	215
SUMMARY .....	227
부록 .....	231

## 표차례

〈표 1-1〉 연차별 연구 목표 .....	9
〈표 1-2〉 도시방재계획 수립에 관한 선행 정책연구 .....	14
〈표 1-3〉 도시침수 해석기법 및 시스템 구축에 관한 선행연구 .....	16
〈표 1-4〉 선행연구와 본 연구와의 차별성 .....	17
〈표 2-1〉 센다이강령의 7가지 목표 .....	22
〈표 2-2〉 재난위험의 이해를 위한 세부내용 .....	23
〈표 2-3〉 17가지 지속가능한 개발 목표 .....	25
〈표 2-4〉 프랑스의 방재계획에서 마련되는 재해지도 특징 .....	31
〈표 2-5〉 프랑스의 영향권 설정기준 및 대책수단 .....	32
〈표 2-6〉 스위스의 영향권 설정기준 및 대책수단 .....	37
〈표 2-7〉 국외 도시방재 정책의 비교 .....	39
〈표 2-8〉 현 도시·군관리계획에서 강조되는 내용 .....	41
〈표 2-9〉 현 풍수해저감종합계획에서 강조되는 내용 .....	43
〈표 3-1〉 사례조사의 시사점 .....	82
〈표 3-2〉 시스템의 수요와 기능 간의 관련성 .....	84
〈표 3-3〉 ‘기술지원’ 기능의 사용자 접근권한 .....	91
〈표 4-1〉 시·도별 평균 피해액 및 피해빈도 .....	107
〈표 4-2〉 남양주시 도시침수 상세기력 조사 결과 .....	110
〈표 4-3〉 창원시 도시침수 상세기력 조사 결과 .....	110
〈표 4-4〉 남양주시의 현장조사 사진 .....	112
〈표 4-5〉 창원시의 현장조사 사진 .....	113
〈표 4-6〉 남양주시와 창원시의 중점관리대상지 비교 .....	115
〈표 4-7〉 본 연구에 사용된 GCMs 실험치 .....	118
〈표 4-8〉 서울관측소 GCMs 모의자료의 편의제거 검증결과 요약 .....	121
〈표 4-9〉 두 지역의 1시간 지속시간에서 장래 강우강도 변화 전망 .....	126
〈표 4-10〉 분석대상 지점의 강우 시나리오별 시간분포 강우자료 .....	127
〈표 4-11〉 도시침수 피해 원인 .....	129

〈표 4-12〉 검토된 침수해석 수리모형의 예 .....	130
〈표 4-13〉 남양주시 대상지의 유출량 검증 결과 .....	145
〈표 4-14〉 창원시 대상지의 유출량 검증 결과 .....	146
〈표 5-1〉 재해도면의 침수심에 따른 영향권 설정 기준 .....	156
〈표 5-2〉 남양주시 대상지의 영향권 등급별 면적 분석 결과 .....	157
〈표 5-3〉 창원시 대상지의 영향권 등급별 면적 분석 결과 .....	159
〈표 5-4〉 남양주시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과 .....	163
〈표 5-5〉 창원시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과 .....	164
〈표 5-6〉 남양주시 대상지의 영향권별 토지이용 노출특성 평가 결과 .....	166
〈표 5-7〉 창원시 대상지의 영향권별 토지이용 노출특성 평가 결과 .....	168
〈표 5-8〉 남양주시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과 .....	170
〈표 5-9〉 창원시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과 .....	172
〈표 5-10〉 남양주시 영향권별 보호대상시설 취약성 평가 결과 .....	173
〈표 5-11〉 창원시 영향권별 보호대상시설 취약성 평가 결과 .....	174
〈표 5-12〉 주요 도시침수 방재대책의 구성 .....	189
〈표 5-13〉 계획적 대책수단(건축물 대책수단)의 주요내용 및 기대효과 요약 .....	191
〈표 5-14〉 계획적 대책수단(토지이용 대책수단)의 주요내용 및 기대효과 요약 .....	192
〈표 5-15〉 시설적 대책수단의 주요내용 및 기대효과 .....	193
〈표 6-1〉 센다이 강령의 첫 번째 중점과제: 재난위험에 대한 이해 .....	202
〈표 6-2〉 센다이 강령의 전문가 그룹 역할 .....	202
〈표 6-3〉 시스템 정보의 구축·갱신을 위한 각 주체의 역할 .....	203

## 그림차례

〈그림 1-1〉 도시침수 위험도 관리를 위한 종합적인 전략 .....	5
〈그림 1-2〉 현 문제의 해결 방향 .....	8
〈그림 1-3〉 주요 연구내용 .....	18
〈그림 2-1〉 방재도시정비계획, 지역방재계획, 도시계획마스터플랜 간의 관계 .....	26
〈그림 2-2〉 방재도시정비계획 수립절차 .....	27
〈그림 2-3〉 일본 홍수해저드맵 사례 .....	29
〈그림 2-4〉 프랑스 재해지도의 사례 .....	31
〈그림 2-5〉 프랑스 홍수에 대한 영향권 지도 사례 .....	32
〈그림 2-6〉 스위스의 방재계획 수립 절차 .....	33
〈그림 2-7〉 스위스의 홍수 재해지표지도의 예 .....	34
〈그림 2-8〉 스위스의 영향권 설정 기준 .....	35
〈그림 2-9〉 스위스 영향권 설정 결과의 예시 .....	36
〈그림 2-10〉 국내 도시방재 관련 법률 .....	44
〈그림 3-1〉 취약성에 따른 재해특성-피해 개념도 .....	51
〈그림 3-2〉 도시침수 위험저감 개념도 .....	52
〈그림 3-3〉 중점관리대상지와 영향권의 개념도 .....	54
〈그림 3-4〉 설문조사 응답자의 구성 .....	57
〈그림 3-5〉 설문조사 결과 .....	60
〈그림 3-6〉 지구위험도 자료플랫폼의 화면 구성 .....	66
〈그림 3-7〉 자료 플랫폼의 홍수로 인한 인구노출 정보 .....	67
〈그림 3-8〉 지구위험자료 플랫폼의 그래프 정보 .....	68
〈그림 3-9〉 CRED EM-DAT의 데이터베이스 화면 구성 .....	69
〈그림 3-10〉 EM-DAT의 고급조회기능 .....	70
〈그림 3-11〉 EM-DAT의 국가별 프로파일 기능 .....	71
〈그림 3-12〉 EM-DAT의 재난리스트 기능 .....	71
〈그림 3-13〉 EM-DAT의 재난추세 기능 .....	72
〈그림 3-14〉 EM-DAT의 참조지도 발간 .....	73

〈그림 3-15〉 EM-DAT의 중요 발간물 공유 .....	73
〈그림 3-16〉 연방재난관리청의 홍수지도 구축 현황 .....	74
〈그림 3-17〉 서비스 센터의 홍수지도 열람 .....	75
〈그림 3-18〉 국토교통성 재해지도 포털 화면구성 .....	76
〈그림 3-19〉 재해지도의 예시 .....	78
〈그림 3-20〉 재난관리를 위한 공간정보 .....	79
〈그림 3-21〉 사전대책수립을 위한 공간정보 .....	80
〈그림 3-22〉 우리마을 재해지도의 예 .....	81
〈그림 3-23〉 시스템 운영 개념도 .....	86
〈그림 3-24〉 전체 시스템 구조도 .....	87
〈그림 3-25〉 웹사이트 접속 화면(시안) .....	88
〈그림 3-26〉 시스템 접속 화면(시안) .....	88
〈그림 3-27〉 시스템 소개의 화면구성(시안) - 시스템 개요 .....	89
〈그림 3-28〉 시스템 소개의 화면구성(시안) - 관리자 문의 .....	90
〈그림 3-29〉 접근권한의 화면구성(시안) .....	90
〈그림 3-30〉 도시침수 기초자료 모듈의 화면구성(시안) - 전국 피해이력 검색 .....	92
〈그림 3-31〉 도시침수 기초자료 모듈의 화면구성(시안) - 행정구역별 도시침수 여건 .....	93
〈그림 3-32〉 도시침수 발생특성의 화면구성(시안) - 강우 시나리오 자료 선택 .....	94
〈그림 3-33〉 도시침수 발생특성의 화면구성(시안) - 재해지도 선택 .....	94
〈그림 3-34〉 영향권 및 위험원인의 화면구성(시안) - 영향권 정보 선택 .....	95
〈그림 3-35〉 영향권 및 위험원인의 화면구성(시안) - 위험원인 선택 .....	96
〈그림 3-36〉 대책수단 의사결정의 화면구성(시안) - 도엽 선택 이후 .....	97
〈그림 3-37〉 문서발간 및 기술정보 공개의 화면구성(시안) - 문서 선택 .....	98
〈그림 4-1〉 시·군·구별 피해액 지표의 도수분포 .....	103
〈그림 4-2〉 시·군·구별 피해빈도 지표의 도수분포 .....	103
〈그림 4-3〉 시·군·구별 피해액-피해빈도의 산포도 .....	103
〈그림 4-4〉 시·군·구별 도시침수 피해여건 유형 분석 결과 .....	106
〈그림 4-5〉 중점관리대상지 선정 절차 .....	108
〈그림 4-6〉 중점관리대상지 공간범위 설정을 위한 지형공간정보 분석 결과 .....	114
〈그림 4-7〉 강우 시나리오 자료 생성 절차 .....	116
〈그림 4-8〉 강우 시나리오 기준 설정 .....	118
〈그림 4-9〉 서울관측소 GCM별 초과확률 비교 분석결과의 예시 .....	120
〈그림 4-10〉 창원관측소 GCM별 초과확률 비교 분석결과의 예시 .....	122
〈그림 4-11〉 비모수 통계적 시간상세화 기법의 개념도 .....	123
〈그림 4-12〉 서울관측소의 장래 연최대강우량 모의결과 .....	124
〈그림 4-13〉 서울관측소 지점의 비모수 통계적 시간상세화 기법의 적용 결과 .....	124

<그림 4-14> 창원관측소의 장래 연최대강우량 모의결과 .....	125
<그림 4-15> 창원관측소 지점의 비모수 통계적 시간상세화 기법의 적용 결과 .....	125
<그림 4-16> 서울관측소 지점의 미래 강우 시나리오값 .....	127
<그림 4-17> 창원관측소 지점의 미래 강우 시나리오값 .....	127
<그림 4-18> 본 연구에서의 도시침수 해석 개념도 .....	131
<그림 4-19> 침수해석 및 재해지도 제작 절차 .....	123
<그림 4-20> 중점관리대상지 침수유역 분할 결과 .....	133
<그림 4-21> 남양주시 하수관로의 직경기준에 따른 유출수문곡선 비교 .....	135
<그림 4-22> 남양주시 하수관로의 직경별 침수 예상 면적 비교 .....	135
<그림 4-23> 남양주시 내수침수 해석지역의 하수관망도 간소화 결과 .....	136
<그림 4-24> 창원시 내수침수 해석지역의 하수관망도 간소화 결과 .....	136
<그림 4-25> 남양주시 확률강우량-유출량 관계곡선 산정 결과: 흥릉천의 예 .....	138
<그림 4-26> 창원시 확률강우량-유출량 관계곡선 산정 결과: 삼호천의 예 .....	138
<그림 4-27> HEC-RAS 시뮬레이션을 통한 중하류 범람해석 절차 .....	139
<그림 4-28> 기후변화에 따른 창원시 HEC-RAS 모의 결과 .....	140
<그림 4-29> 기후변화에 따른 남양주시 대상지 관로유출량 모의 결과 .....	140
<그림 4-30> 기후변화에 따른 창원시 대상지 관로유출량 모의 결과 .....	142
<그림 4-31> 남양주시 대상지 침수해석 결과와 과거 주요 침수발생 위치 비교 .....	145
<그림 4-32> 창원시 대상지 침수해석 결과와 과거 주요 침수발생 위치 비교 .....	147
<그림 4-33> 남양주시 대상지 도시침수 재해지도 .....	149
<그림 4-34> 창원시 대상지 도시침수 재해지도 .....	149
<그림 5-1> ISO 31000 Risk management에서 제시한 위험도 매트릭스 .....	154
<그림 5-2> 본 연구의 영향권 구획화 방법 .....	155
<그림 5-3> 남양주시 대상지의 영향권 설정 결과 .....	158
<그림 5-4> 창원시 대상지의 영향권 설정 결과 .....	159
<그림 5-5> 위험원인 조사 절차 .....	161
<그림 5-6> 남양주시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과 .....	162
<그림 5-7> 창원시 대상지의 거주인구의 노출특성 평가 결과 .....	164
<그림 5-8> 남양주시 대상지의 토지이용의 노출특성 분석 결과 .....	166
<그림 5-9> 창원시 대상지의 토지이용 노출특성 분석 결과 .....	168
<그림 5-10> 남양주시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과 .....	170
<그림 5-11> 창원시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과 .....	171
<그림 5-12> 남양주시의 영향권별 보호대상시설의 취약성 평가 결과 .....	173
<그림 5-13> 창원시의 영향권별 보호대상시설의 취약성 평가 결과 .....	174
<그림 5-14> 위험원인조사 결과: 일패동 내 일패천 상류지역 .....	178
<그림 5-15> 위험원인조사 결과: 일패동 내 일패천 중류지역 .....	179

〈그림 5-16〉 위험원인조사 결과: 일패천과 홍릉천 합류 후 하류지역 .....	180
〈그림 5-17〉 위험원인조사 결과: 홍릉천 중하류부 지역 .....	181
〈그림 5-18〉 위험원인조사 결과: 금곡동과 일패동 경계지역 .....	182
〈그림 5-19〉 위험원인조사 결과: 금곡동 일부 지역 .....	183
〈그림 5-20〉 위험원인조사 결과: 석전동 일부 지역 .....	185
〈그림 5-21〉 위험원인조사 결과: 양덕동의 양덕천 상류에서 중하류 일부 지역 .....	186
〈그림 5-22〉 위험원인조사 결과: 양덕동 양덕천의 산호천 합류부 지역 .....	187
〈그림 5-23〉 도시침수에 대한 원인별 대책수단 .....	196
〈그림 6-1〉 시스템을 활용한 방재계획 개선방안의 예시 .....	205
〈그림 6-2〉 방재계획 구성요소 및 시스템 활용방향의 예시 .....	208

# 연구의 개요 및 목적

01 연구의 필요성	03
02 연구의 목적	08
03 연구범위 및 방법	10
04 연구의 기대효과	12
05 선행연구와의 차별성	13
06 주요 연구내용	18



# 연구의 개요 및 목적

제1장은 자연재해 관리의 국제적 여건 변화를 조사·분석하였고, 이에 맞춰 우리나라의 관리실태를 분석해 향후 발전방향과 본 연구의 필요성을 제시하였다. 도시방재계획의 실효성을 높이기 위한 기술기반, 즉, 시스템 구축을 목적으로 본 연구가 수행되며, 총 3년의 연구기간에 대해 연차별 목표를 단계적으로 제시하고, 당해연도(1차년도)의 연구범위 및 방법에 대해 간략히 소개하였다. 또한 본 연구를 통해 기대되는 효과를 정책적 및 학술적 측면에서 제시하고, 선행연구와의 차별성을 설명하였다.

## 1. 연구의 필요성

### 1) 자연재해 관리를 위한 국제여건 변화

전 세계적으로 물 관련 재해 피해가 지속적으로 증가됨에 따라 '13년 3월 UN 최초로 '물과 재난'이라는 특별세션을 개최하였으며, 이 때 재해로 인한 피해는 지속가능한 개발을 위협하는 수준에 도달한 것으로 선언되었다. 게다가 국내외 많은 연구자들은 기후변화가 하천범람, 도시침수, 가뭄, 토사재해 등 물 관련 재해에 매우 큰 영향을 줄 것으로 예상하고 있으며, 이례적인 수준의 재해 발생이 점차 일상화될 수 있음을 경고하고 있다. 예로써, Hirabayashi 외 (2013)의 연구에서는 기후변화로 인해 2071~2100년 사이에 홍수 유출량의 크기를 분석하였는데, 20세기 동안 재현기간 100년에 해당되는 유출량이 21세기 후반에는 많은 지역에서 재현기간 5~50년의 빈도로 발생할 수 있는 등 재해가 보다 일상화 될 것으로 전망한 바 있다.

재해 발생빈도의 증가 외에도, 급격한 인구증가, 도시지역 공간부족 등의 원인으로 하천변 저지대, 급경사지, 해안 등 재해에 쉽게 영향을 받게 되는 곳에 주거나 경제활동의 밀도가 점차 높아지는 경향 또한 뚜렷한 실정이다. UN DESA (2011)의 세계 도

시화 전망 보고서에 의하면 전 세계 많은 도시가 물 관련 위험에 노출되어 있으며, 이곳에는 2050년까지 지속적으로 인구와 경제활동이 집중되어 위험이 상당히 증가할 것으로 전망되고 있다. 게다가 건축물·기간시설 노후화, 식생감소, 스프롤 현상<sup>1)</sup>, 도시정비 부족 등 현대 도시의 특징은 재해 발생 시 취약성을 더하고 있는 상황이다 (Fernandez와 Sanahuja, 2012; UNISDR-AP, 2012; Lee 외, 2015b).

이러한 배경으로, 평상 시 객관적인 위험정보를 토대로 시설투자, 개발계획 조정 등 사전대책을 마련해 재해가 발생되더라도 재난으로 확대되지 않게 하는, 예방대책 (Prevention)이 날로 그 중요성을 더해가고 있다(UNISDR, 2013). 2015년 새로운 재난관리체계인 “센다이 강령 (Sendai Framework for Action)”이 수립되었는데, 이 강령에서도 첫 번째 중점분야로 ‘재난위험도에 대한 이해’를 강조하고 있다. 이는 국가 또는 지역단위의 예방대책을 지원하고 투자근거를 확보하기 위해 실무적으로 유용한 위험도 평가기술을 서둘러 개발해야 한다는 점을 의미하는 것이다(Lee 외, 2015a, pp. 212~213).

## 2) 우리나라의 자연재해 관리의 주안점

우리나라의 경우, 태풍과 호우로 인해 발생하는 풍수해가 전체 자연재해 피해의 큰 비중을 차지한다(신상영 외, 2011. pp. 1~2). 전 국토의 70% 이상이 산지로 구성된 지형적 요인으로 집중호우 시 하류의 인구와 기반시설이 밀집되어 있는 도시지역으로 유출량이 급속히 증가되어 피해가 발생한다. 뿐만 아니라, 인구에 비해 공간이 협소해 많은 도시지역의 하천변 저지대가 개발되어 있어, 입지적으로 우수배제의 어려움을 갖고 있으며, 노후·지하 건축물, 토지피복 불투수율 증대, 배수시설 용량 부족 등 피해 발생의 중요 요인을 다수 내포하고 있는 실정이다. 그 결과, 재해원인으로서의 ‘집중 강우’와 재해발생 장소로서의 ‘도시지역’이 결합한 ‘도시침수’<sup>2)</sup>는 가장 중요한 자연재해 중 하나로 인식되고 있다.

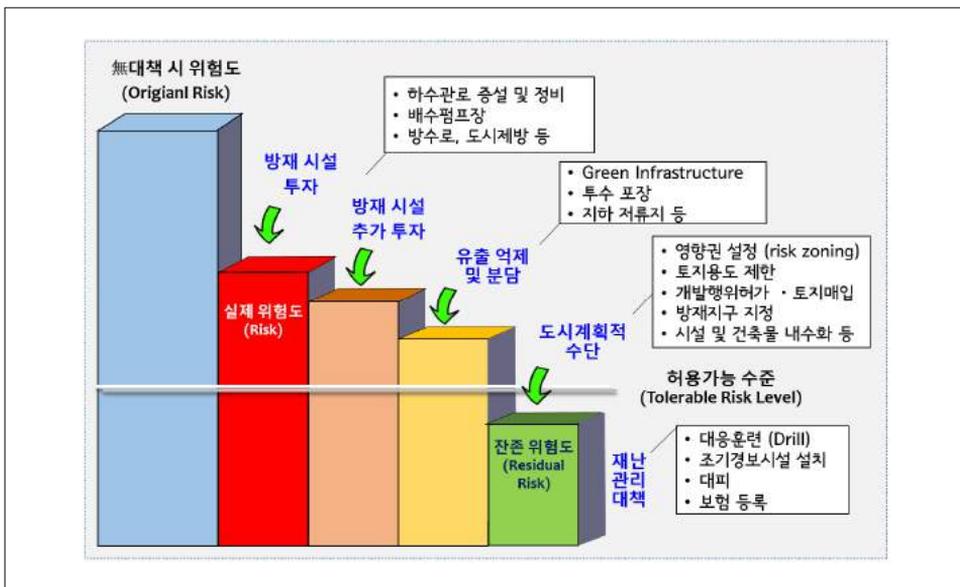
과거 큰 침수피해가 발생할 때 마다 위험을 근본적으로 낮추기 위한 사전예방대책이 국가적으로 필요하다고 반복적으로 강조해온 것이 사실이다(김종원 외, 2006; 이상은

1) 일반적으로 도시의 급격한 팽창으로 대도시의 교외가 무계획·무질서적으로 발전하는 현상을 의미한다.

2) 도시침수란 홍수의 한 종류로써 ‘urban flooding’으로 번역되며, 자세한 용어정의는 제3장을 참고할 것

과 김성훈, 2015). 도시침수 위험을 관리하기 위해 여러 가지 전략이 가능한 데, 그 중에서도 공간적으로 많은 대책수단을 통합하는 도시계획적 전략의 중요성이 커져가고 있다. 특히, 2011~2012 기간 동안 서울을 포함한 수도권 지역의 큰 침수피해를 계기로 중앙정부 차원에서 전문가 및 실무자가 함께 대응전략을 논의하는 가운데, 도시계획적 전략의 필요성이 집중적으로 다루어진 바 있다. 관련된 정책적 논의는 다음 <그림 1-1>과 같이 요약할 수 있다(심우배, 2011; 이상은과 김성훈, 2015). 요약하면, 집중강우 세기가 과거와는 다른 확률적 특성을 보이는 상황에서 침수 자체를 차단토록 방재 시설이나 유출억제시설에 편향되어 투자하는 것은, 대책으로서의 확실성이 낮으며, 평상시 활용도가 낮아 경제적으로도 효율성이 낮을 것으로 판단되고 있다. 하수도과 같은 방재시설이나 투수면적을 늘이는 유출억제시설에 투자가 일정 수준 이뤄져야 하지만, 도시의 개발방식, 이른바, 지구지정, 토지이용, 기반시설, 건축물 규제 등의 수단을 함께 고려해 침수가 발생하더라도 주민 및 경제활동상의 피해가 허용가능한 정도를 넘지 않도록 하는 종합적인 도시계획적 전략이 수반되어야 한다.

**그림 1-1 도시침수 위험도 관리를 위한 종합적인 전략**



이러한 전략을 실현시키기 위해 정부는 두 가지 방향의 정책을 추진해오고 있다. 첫 번째는, 재난관리 차원에서 풍수해저감종합계획을 매개로 도시계획과 내용적 연계를 추진하였다. 이를 위해 국민안전처는 자연재해대책법 제16조제6항을 개정해 시·군 및 시·도의 풍수해저감종합계획 수립을 감독하고, 시·군에서 도시계획을 수립하거나 변경할 때 풍수해저감종합계획을 반영하게 하였다. 두 번째는, 재해예방형 도시계획의 수립, 즉, 사전에 재해취약성을 고려해 도시계획을 마련하기로 하였다. 이를 위해 국토교통부는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제20조제2항 및 제27조제3항을 개정하여 도시계획 수립 시 기초조사의 일환으로 재해의 취약성을<sup>3)</sup> 사전에 분석하고, 이를 토대로 방재지구의 지정 또는 도시방재계획<sup>4)</sup> 상 적절한 대책수단을 반영하도록 하였다.

### 3) 문제의 인식

분석한 결과에 의하면, 도시침수와 관련되어 위험을 사전에 낮추기 위해 추진한 두 가지 정책은 현재 원활히 진행되고 있다고 보기 힘들다. 우선, 재난관리 차원에서 도시계획과 내용적 연계를 추진하는 데의 한계에 대해서는 문채(2012), 옥진아와 류근원(2013) 등의 연구에서 논의된 바 있다. 요약하면, 시·군·안전총괄과 담당자는 풍수해저감대책 수립 시 도시계획에서 제시된 개발사업의 영향을 줄일 수 있도록 배수 펌프장 등 방재시설의 설치 여부를 결정하고 있으나, 소관업무 특성 상 도시지역 공간을 매개로 영향권을 설정하거나 종합대책을 마련하는 데 큰 관심을 두고 있지 않은 실정이다. 도시계획 수립 시에도 위험개선지구 위치, 침수이력 등의 기초정보 외에는 풍수해저감대책을 크게 활용하지 못하고 있는 것으로 지적되고 있다.

두 번째, 재해취약성을 고려해 도시계획을 마련하는 정책 또한 문채(2006), 강양석(2007), 문채(2015) 등의 연구에서 지적한 실무적 한계가 여전히 지속되고 있다. 무엇보다, 시·군 도시계획과 담당자는 방재분야 이해와 관심이 현저히 낮아 도시의 장

3) 재해의 영향을 파악하기 위해 실시하는 재해취약성 분석에는 도시침수와 관련된 폭우 외에도 가뭄, 폭설, 폭염, 강풍, 해수면상승 등 6가지 자연재해를 함께 고려하고 있다.

4) 우리나라에는 별도의 도시방재계획이 없지만, 도시기본계획 또는 도시관리계획의 분야별 계획으로 수립하는 방재계획을 본 연구에서는 편의상 도시방재계획이라 명명하기로 하였다.

기 구상을 함에 있어서 침수위험을 중시해야 할 필요를 충분히 인식하지 않고 있다. 또한 시·군의 도시계획 수립의 위탁을 맡는 설계회사에서도 기초조사 중 하나의 ‘절차’로서 현재 재해취약성 분석을 수행할 뿐임을 알 수 있었다. 방재지구를 지정하고 방재계획을 수립하여 현장의 침수위험에 부합된 토지이용계획, 기반시설 배치, 건축허가 등 도시방재를 위한 실천적인 대책을 강구하려는 정책은 재해예방형 도시계획을 본격화한 지금에 와서도 제대로 추진되지 못하고 있다<sup>5)</sup>. 단적인 예로, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제37조에 따라 재해 발생 시 상당한 피해가 우려되는 경우 방재지구를 지정하도록 하고 있는데, 2014년 말 기준으로 실제 운영되고 있는 방재지구는 서울 5개소, 목포 4개소, 산청 4개소 등 전국적으로 13개소에 총 면적 약 3km<sup>2</sup>에 불과한 실정이다. <sup>6)</sup> 도시침수와 관련된 도시계획적 전략을 위해서는 지자체 도시계획 담당자의 역할이 핵심임에도 불구하고, 현실적으로 별도의 국가지원이 없는 상황에서 추가 업무를 강제하기 힘든 점 또한 확인되었다. <sup>7)</sup> 대책수립을 위해서는 기상, 수문, 토목, 재난관리, 공간정보 등에 대해 일정 수준 이상의 지식과 도구를 학습해야 함에 반해, 담당자의 주 업무와 관련성이 높지 않아 학습의 동기부여가 쉽지 않은 상황이다. 또한 순환보직으로 인해 전문성 축적이 곤란한 상황에서 비효과적인 행정력 소비로 이어질 우려가 매우 커 역량강화 프로그램을 강화하는 것도 바람직한 방향이라 보기 힘들다.

이 같은 현재의 실무적인 여건과 한계를 종합하면, <그림 1-2>와 같이 시·군 담당자에게 분석의 부담을 줄여주고 도시계획 수립 시 반드시 필요한 최소수준의 대책에 대해서는 근거와 함께 구속력을 제공하는 국가차원의 방법이 강구되어야 할 것이다. 이를 위해서는 전문기관의 참여, 시스템 등 기술기반 확충, 역할분담에 대한 법적근거 확보 등이 동시에 이뤄져야 할 것이다. <sup>8)</sup>

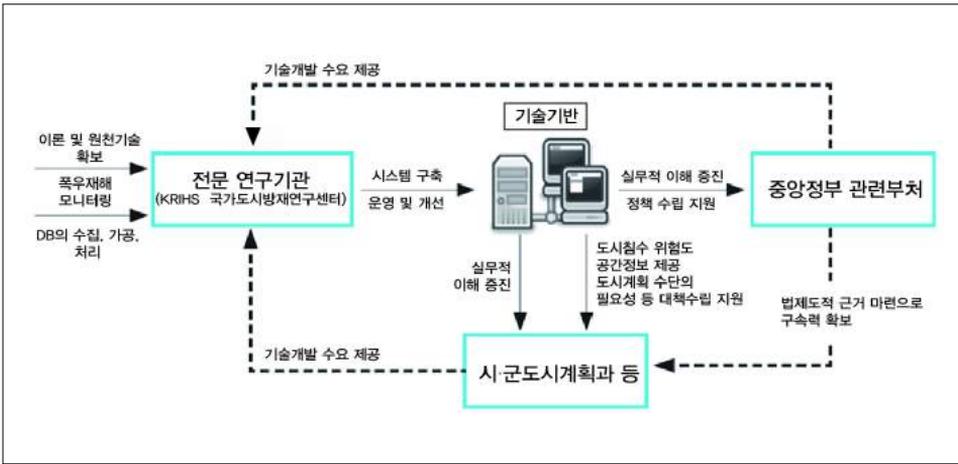
5) 본 연구에서 4개 시·군의 도시관리계획을 샘플로 분석하였는데, 그 결과 도시방재계획의 구성조차 지자체별로 크게 다르며, 대책의 필요성과 같은 원칙적인 내용만을 서술할 뿐 관리계획 수립지침에서 언급하고 있는 구체적인 사항은 발견하기 힘들었다. 자세한 내용은 [부록1]을 참고할 것

6) 통계청(2016), '16. 2. 9일자 검색

7) 관련된 자세한 내용은 제3장에 제시된 시스템 개발을 위한 수요조사 결과를 참고할 것

8) 이러한 방향에 대해서는 샌다이 강령에 제시된 국제 재난관리 방향과도 일치한다고 할 수 있는데, 자세한 내용은 제2장(특히 전문기관의 역할)을 참고할 것

그림 1-2 현 문제의 해결 방향



## 2. 연구의 목적

### 1) 시스템 구축의 목적

본 연구는 지자체에서 도시침수에 대한 도시계획적 대책을 추진하기 위해 담당자 이해·관심 부족, 학습 동기부여, 순환보직으로 인한 전문성 축적 곤란, 내용적 반영의 구축력 부족 등 실무의 문제를 중시해야 한다는 배경에서 출발하였다. 특히, 정부부처와 지자체가 도시침수에 대한 대책수단을 강구하는 데에 연구기관이 보유한 방재분야 전문성을 쉽게 활용할 수 있도록, 본 연구는 시스템<sup>9)</sup>(가칭 ‘도시침수 예방대책 지원시스템’으로 명명)을 구축하는 데 큰 관심을 두기로 하였다. 시스템 개발은 여러 자연재해 중 도시침수에 국한하여, 기존의 재해예방형 도시계획(재해취약성 분석 포함)의 실무적 한계를 보완함과 동시에 지자체의 도시침수 여건에 따라 기술지원을 선별적으로<sup>10)</sup> 제공할 수 있도록 그 목적을 두었다.

9) 본 연구에서 ‘시스템’이라는 용어는 전문기관에서 구축한 정보의 전달 매개체로서의 기술기반을 의미한다.  
 10) ‘선별적’이라는 표현을 한 것은 도시침수에 위험이 특별히 높은 지역에 대해서는 별도로 중점관리대상지로 지정해 국가차원에서 상세한 위험정보, 영향권 설정, 대책수단 검토결과 등을 제시함으로써 도시방재계획의 실효성을 높이고자 하는 취지이다.

도시침수 예방대책 지원시스템의 최우선적 수요자로는 국토교통부 도시정책 담당부서와 지자체 도시계획 담당부서로 정하였으며, 도시방재계획의 실효성을 높일 수 있도록 다음과 같은 목표 하에 시스템을 개발하고자 하였다.

(목표 ①) 전국 또는 관할지역 내 도시침수 위험에 대한 인지수준을 제고시킨다.

(목표 ②) 신뢰성 높은 위험정보를 제공하고, 관할지역 내 도시침수에 대한 적극적인 대책이 필요한 공간범위를 영향권으로 설정해 관리하도록 지원한다.

(목표 ③) 도시계획적 대책수단을 체계적으로 의사결정 하도록 정보를 제공한다.

추가로, 국민안전처 및 지자체 재난관리 담당부서의 활용을 고려해 재난안전정책 및 계획에서의 범용적인 이용을 고려하며, 또한 도시방재 분야 유관업체와 전문가의 수요를 함께 반영해 시스템의 활용성을 제고하고 지속적인 기술발전에 기여하고자 하였다.

## 2) 연차별 목표

도시침수 예방대책 지원시스템은 1차년도에 개념정립 및 방법론 검증, 2차년도에 시스템 구축 및 확대를, 그리고 3차년도에 시스템의 활용 및 제도화의 단계를 통해 총 3년에 걸쳐 개발하고자 하였다.

표 1-1 연차별 연구 목표

연 도	1차년도 ('16)	2차년도 ('17)	3차년도 ('18)
단 계	개념정립 및 방법론 검증	시스템 구축 및 확대	시스템의 활용 및 제도화
목 표	<ul style="list-style-type: none"> <li>정책동향 조사</li> <li>방법론 제시</li> <li>중점관리대상지 선정(2개소) 및 검증</li> <li>시스템 개념 설계</li> <li>시스템 운영·활용을 위한 제도화 방향</li> <li>수요조사·실무활용을 위한 관련부처 및 지자체 협의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>방법론의 안정화</li> <li>방법론 기술서 개발</li> <li>중점관리대상지 분석 확대(최대 8개소)</li> <li>시스템 구축 착수</li> <li>실무활용을 위한 관련 부처 및 지자체 협의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중점관리대상지 분석 확대(최대 8개소)</li> <li>시스템의 기능 고도화 및 자동화</li> <li>실무지원 시범사업 검토<sup>+</sup></li> <li>제도적 근거 확보 방안</li> <li>매뉴얼 및 운영계획 수립</li> </ul>

+ 도시계획을 위해 재해취약성 분석을 수행한 지자체를 대상으로 시스템의 기술지원(도시기반·관리계획의 방재지구 선정 및 방재계획 수립) 가능성을 실증적으로 검토할 수 있도록 1차년도 종료 이후부터 국토교통부 도시정책과와 협의 추진 예정

### 3. 연구의 범위 및 방법

#### 1) 연구의 범위

1차년도는 도시침수 예방대책 지원시스템 구축을 위한 ‘개념정립 및 방법론 검증’의 단계에 해당되며, 이에 따라 연구범위를 다음과 같이 한정하였다. 첫째, 관련 학술문헌을 검토하여 전체 연구에 걸쳐 통용될 위험도 및 영향권에 대한 기본개념을 정립하며, 해외 도시방재 관련 정책동향을 파악하고, 국내 실무 여건을 분석해 시스템 구축·운영과 관련된 시사점을 도출하기로 하였다. 둘째, 시스템 개발방향을 정립하고자 하였다. 이를 위해 전문가, 담당자, 기타 이해당사자들의 의견을 수렴해 시스템의 구축·운영에 대한 수요를 명확히 파악하고자 하였으며, 해외 유사 시스템 사례를 참고하여 시스템의 수요를 충족하는 데 필요한 기능을 정의하였다. 셋째, 선별적인 기술지원을 위해 중점관리대상지의 선정방법을 제시하고자 하였다. 본 연구에서 중점관리대상지란 침수위험이 상대적으로 높기 때문에 국가차원에서 위험정보 생산, 도시계획 대책수단 발굴 등 기술지원을 우선적으로 제공하고 방재측면의 실효성 있는 도시계획을 수립하도록 유도하려는 지역을 의미한다. 대상지는 도시계획의 공간범위를 포괄하고 도시침수의 체계적 대책이 가능토록 침수유역(도시지역에서 빗물이 한곳에 모이는 범위) 단위로 선정하며, 1차년도에는 중점관리대상지의 선정기준과 절차를 제시하고자 한다.

넷째, 침수해석 방법론에 대한 프로토타입을 제시하고 검증하려 한다. 기후변화 장기전망을 고려해 강우 시나리오 자료의 생성기법을 제시하고, 저지대 하수관거 용량부족, 소하천 범람 등 다양한 원인에 의해 발생하는 도시침수에 대해 적용할 수 있는 간소화된 해석기법을 검토한다. 이어서, 추후 중점관리대상지로 선정될 만큼 도시침수 피해가 크고 자료수집이 비교적 용이한 2개소(시범적용대상지)를 대상으로 방법론의 검증 실시한다. 다섯째, 시스템과 연계하여 지자체의 도시계획적 대책수립을 지원하는 방법을 검토하려 한다. 1차년도에는 침수해석 결과를 활용한 도시침수 영향권 설정방법을 제안하며, 영향권에 대한 위험원인조사 방법을 제시하고, 도시침수 피해저감을 위해 적용가능한 다양한 도시계획적 대책수단을 검토하고 위험원인 조사결과를 고려해 대책수단을 체계화하였다.

여섯째, 시스템의 개념설계를 수행하였다. 우선, 도출된 시스템의 기능에 맞춰 전체

시스템의 구조를 설계한 뒤, 각 기능을 구현하기 위한 시스템 개념설계 및 기본화면 구상이 진행되었다. 끝으로, 시스템 운영·활용을 위한 제도화 방향을 제시한다. 1차년도에는 시스템 운영을 위한 중앙정부, 지자체, 연구기관의 주체 간 역할분담 방향과 함께, 도시계획 단계에서 시스템 정보의 내용적 반영을 할 수 있도록 방재계획 수립 방향을 제안하고자 한다.

## 2) 연구 방법

연구방법은 크게 여섯 가지로 구분된다. 첫째, 문헌 조사를 통해 해외 도시침수 등 자연재해 관리 방향과 국내의 도시계획 차원의 도시침수 대책의 실무적 어려움을 파악한다. 아울러, 시스템 구축·운영, 침수예측기법, 위험도 평가기술 등에 대해 최신 학술문헌연구 또한 병행한다. 둘째, 도시침수 피해발생 이력에 대한 행정구역별 통계분석, 중점관리대상지 선정기준 도출 등을 위해 자료분석이 수행된다. 셋째, 기상수문 해석 및 모의가 실시된다. 즉, 기후변화 및 확률강우량을 고려한 강우 시나리오 자료를 구축하며, 도시침수의 다양한 원인을 설명할 수 있도록 수문연계모형을 구축하고 실무 활용성을 높일 수 있도록 간소화<sup>11)</sup>된 기법을 개발하고 검증한다. 또한 이를 토대로 도심침수 재해지도(hazard map)를 제작하고자 한다. 넷째, 공간정보 분석이 수행되는 데, 재해지도를 이용해 영향권을 설정해 공간을 구획화하며, 위험원인 조사의 일환으로 GIS 기법을 활용한 인구, 토지이용, 건축물 등의 노출특성과 취약성을 분석한다. 다섯째는 법제도 조사로서, 국내의 도시방재 관련 법령·지침을 검토하고, 이를 바탕으로 도시침수 대책을 위해 이용 가능한 도시계획적 대책수단을 유형화한다. 여섯 번째, 자문회의, 업무협의회, 설문조사 등 의견수렴 방법을 강구한다. 시스템의 잠재적 수요자인 정부부처 및 지자체 담당자, 유관업체 등과의 업무협의회를 실시해 시스템의 구축·운영 방향을 검토하고자 하였다. 또한 시스템 수요에 대한 폭넓은 의견 수렴을 위해 설문조사를 수행하며, 방법론의 검증 및 유용성을 파악하기 위해 수문, 방재, 도시계획 분야의 전문가 자문회의 등을 실시하고자 하였다.

---

11) 내·외수 해석을 위한 분석대상 공간의 간소화, 분석방법의 간소화, 입력자료 수집·구축의 간소화를 모두 의미한다.

## 4. 연구의 기대효과

### 1) 정책적 기대효과

동 시스템을 구축·운영함으로써 재난관리 업무와 도시계획 업무 간에 실무적으로 존재하는 간격을 줄이는 데에 상당한 정책적 기대효과가 예상된다. 궁극적으로는, 극단적인 경우 세기가 증가될 것으로 예상되는 상황에서 시스템이 제공할 정보는 도시침수에 내성을 갖춘 도시를 만드는 데 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

총 3년의 연구를 통해 도시침수 대응의 시급성이 높은 지역(중점관리대상지로 선정할 필요가 있는 다수의 시범적용대상지)에 대해 도시계획에 필요한 상세 위험정보 및 대책을 제시할 수 있을 것이다. 추후 시스템 개발이 완료되면, 중앙 또는 광역차원에서 본격적으로 선도사업을 추진하면서, 중점관리대상지를 지정·확대하면서 선별적 지원 대책을 추진할 수 있을 것이다. 본 시스템은 도시침수의 위험수준에 따라 차등화(의무화, 권장, 또는 참고)된 대책수단을 제시하고자 하였는데, 중점관리대상지를 포함하는 지자체에서 도시계획을 수립할 때 방재대책의 필요성 여부를 판단하는 데 크게 도움을 제공할 수 있을 것이다. 이 같은 시스템의 운영·지원 전략은 담당자의 행정력 소비가 크지 않으면서, 필수적인 저감대책에 대한 실행력을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

지자체의 도시계획 단계에서의 활용 외에도, 전국 행정구역별 피해이력 등 도시침수 기초자료와 기술정보를 취합·가공함으로써 자료원으로서의 활용가치 또한 높을 것으로 판단된다. 피해이력 등의 자료를 수시 업데이트하면서, 정책 기초자료(시·군·구별 확률강우량 정보, 위험도 프로파일 정보, 중점관리대상지 위치, 정책지도 등)를 정기적으로 발표해 국민안전처 등 타 부처·부서나 다양한 정책연구에 활용케 하고자 한다.

### 2) 학술적 기대효과

우선은 기후변화를 고려한, 신뢰도 높은 강우 시나리오 분석 기법을 제시할 수 있을 것이다. 본 연구는 도시침수 해석에 필수적인 시간단위 이내의 단기 확률강우량 자료를 생성해야 함과 동시에 장기적인 도시방재계획에 필요한 기후변화 영향을 반영해야

하는 두 가지 요구를 동시에 충족시킬 수 있는 방법론을 이론적으로 검토하고자 한다.

또한 다양한 도시침수 원인을 규명할 수 있는 간소화된 침수 해석기법을 제시할 수 있을 것이다. 본 연구에서 새로운 수문해석 기법을 개발하지는 않지만, 도시침수 해석에 있어서 신뢰성과 범용성이 인정되는 SWMM, HEC-RAS 등 기존 모형을 연계하고, 하수관망 간소화 및 공간자료 분석방법을 추가해 넓은 공간범위에 걸쳐 손쉽게 재해지도를 마련할 수 있는 프로토타입을 제안하고자 한다.

아울러 도시침수에 대한 위험원인 조사기법을 개발하고자 한다. 자연재해 위험도 평가에 대한 최근 이론적 발전을 토대로, 도시공간에 내재한 위험을 (1) 침수발생 특성(잠재적인 침수높이) (2) 인구 및 토지이용의 노출도 (3) 노출된 토지 내 건축물, 보호대상시설 등으로 인한 피해민감도(취약성)로 구분하고 개발된 재해지도와 각종 공간정보를 활용해 위험의 원인을 과학적으로 분석하는 방법을 개발·적용키로 하였다.

## 5. 선행연구와의 차별성

### 1) 선행연구 현황

#### (1) 정책연구(<표 1-2>)

선행연구 중 정책연구는 2000년대 초반 이후 국토연구원에서 다수 진행해 오고 있으며, 주로 선진국 도시방재계획 사례 분석을 토대로 도시계획 수립 시 재해위험을 고려하도록 하는 제도 개선방안을 제시한 바 있다. 이 같은 정책연구에서 하천변 저지대, 급경사지 등 재해취약지역의 피해저감을 위해 방재시설, 유출저감시설, 재난관리대책 등 다양한 대책수단을 소개하였는데, 도시계획 관련 법령 및 지침을 개선하는 데 이미 크게 활용된 바 있다. 2010년 이후 극심한 수해가 발생하였고 기후변화 영향이 우려됨에 따라, 선행연구에서는 지자체의 책임과 역할을 한층 더 강조하였고, 도시지역 위험을 평가하고 활용가능한 공간적 대책을 마련하도록 재해예방형 도시계획의 도입을 제안하였다. 하지만 우리나라 도시방재계획을 위한 연구는 아직은 초기 단계로서, 정밀한 재해영향 평가가 아닌, 사회경제적 지표분석을 중심으로 재해에 취약한 지역을 기초조사 한 뒤 방재지구 지정의 당위성을 설명하는 데 초점을 두고 있다.

표 1-2 도시방재계획 수립에 관한 선행 정책연구

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시방재에 관한 연구 (일본의 사례를 중심으로)</li> <li>문체 외(2003)</li> <li>연구목적 : 일본의 방재도시만들기 운영실태 및 사례분석을 통하여 시사점 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 선행연구 조사</li> <li>일본 현장조사(나고야) 및 사례분석</li> <li>전문가 자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>우리나라 도시재해 특성 및 도시방재관련 이론정립</li> <li>일본의 국토방재체계와 도시방재</li> <li>일본의 도시레벨 방재도시만들기 운영실태</li> <li>일본의 지구레벨 방재마을만들기 운영실태</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(Ⅰ), (Ⅱ)</li> <li>김현주 외(2004; 2005)</li> <li>연구목적 : 도시기본계획 수립 시 방재 및 안전계획의 작성 방향과 고려사항 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 인터넷 조사</li> <li>일본(동경도, 오사카부) 현장조사 및 사례분석</li> <li>전문가 자문</li> <li>연구협의회</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>우리나라 도시방재계획의 실태와 현황에 대한 분석</li> <li>일본의 도시방재계획체계에 대한 분석</li> <li>우리나라 방재 및 안전계획의 기본방향 설정</li> <li>도시기본계획에서 방재 및 안전에 대한 고려 방안</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 재해에 안전한 방재도시계획 수립방안 연구</li> <li>심우배 외(2008)</li> <li>연구목적 : 효율적인 방재도시계획 수립방안과 방재도시계획의 실효성 제고를 위해 부문 계획간 연계방안, 단기 제도개선 방안과 중장기 발전방향 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 인터넷 조사</li> <li>현장조사</li> <li>전문가 자문</li> <li>전문가 설문조사</li> <li>협동연구</li> <li>연구협의회 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재해 및 방재도시계획의 개념</li> <li>도시계획 내 방재계획의 현황 및 문제점</li> <li>외국 도시계획측면의 방재계획·제도</li> <li>효율적인 방재도시계획 수립방안</li> <li>방재도시계획 실효성 제고를 위한 부문별 계획 연계방안, 제도개선방안</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(Ⅰ),(Ⅱ)</li> <li>심우배 외(2009; 2010)</li> <li>연구목적 : 기후변화를 고려한 도시 재해위험요소를 분석하여 기후변화 및 재해에 안전한 통합재해대응 도시 구축방향 및 제도개선방안 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 인터넷조사</li> <li>현장 및 관련 공무원 면담 조사</li> <li>전문가 설문조사</li> <li>GIS기법 활용</li> <li>전문가 자문</li> <li>업무협의회 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화가 도시에 미치는 영향 고찰</li> <li>기후변화 대응 재해관리 현황 분석</li> <li>외국의 기후변화 대응 재해관리 사례 분석</li> <li>기후변화에 안전한 통합재해대응 도시 구축방향 및 정책과제 제시</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업 (Ⅰ),(Ⅱ)</li> <li>국토연구원(2015; 2016)</li> <li>연구목적 : 도시계획 수립 지자체를 대상으로 재해취약성 분석 및 도시계획적 저감대책 설계에 대한 기술지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장조사</li> <li>GIS기법 활용</li> <li>전문가 자문</li> <li>분석결과 및 계획수립 검토</li> <li>워크샵 및 설명회 개최</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시계획을 위해 기초조사가 진행되는 10개 지자체를 대상으로 6가지 자연재해의 취약성에 대한 공간분석 실시</li> <li>각 공간(집계구)의 취약성 등급화</li> <li>취약성 등급에 따른 재해예방형 저감대책 제안 및 발굴</li> </ul>

## (2) 기술개발 및 시스템 구축 연구(<표 1-3>)

2000년 대 중반 이후 도시침수가 큰 도시문제로 대두되어 음에 따라, 국토교통부와 舊소방방재청을 중심으로 침수해석 기술을 개발하기 위해 다수의 R&D가 추진되었다. 기상기술(무인강우관측, 극치이론 등), 수문기술(물리적 분포모형, 매개변수 최적화 등), 공간정보기술(원격영상기반 고해상도 지리공간정보 구축) 등의 발전에 힘입어, 국토연구원, 국립재난안전연구원, 한국건설기술연구원 등의 기관은 국내 도시특성에 맞는 정교한 침수해석 기술을 개발하고자 시도하였다. 연구를 통해 상당한 국내 기술력이 확보되었으나, 과도한 매개변수로 인한 자료수집 및 보정의 어려움, 저지대 침수 위주의 지형학적 해석, 높은 수준의 전산장비 요구 등으로 타 국가 또는 업계의 기술에 비해 실용적 우위를 갖지 못하는 한계 또한 지적되고 있다. 국내 도시침수 특성에 맞는 침수해석을 위해서는 새로운 모형 개발이 아닌, 오랜 기간 신뢰성이 확인된 SWMM, HEC-RAS 등의 약점을 보완할 수 있도록 모형 간 연계와 간소화가 오히려 강조되고 있는 상황이다.

위의 R&D에는 침수해석기술의 개발 외에도 도시침수 관련 시스템 구축 또한 포함되어 추진하였다. 선행연구들은 선진국 방재시스템이 가진 기능 가운데, (i) 강우 정보와 연계한 실시간 재해발생 모니터링이나 (ii) 플랫폼을 통해 사용자가 수립한 방재계획을 공유하는 BMP(best management practice)를 운영하는 데 초점을 두었다. 모니터링 시스템은 재난관리 전담부처(국민안전처)나 시군 담당자(안전총괄과 등)에게 재해발생을 감시하고 즉각 현장대응을 돕는 데 큰 가능성을 제시하였다. 하지만 도시침수와 관련되어 기 개발된 BMP 시스템은 시군의 도시계획 담당자에게 잘 활용되고 있지 않은 실정이다. 무엇보다 BMP 시스템은 침수해석 결과, 영향권 설정, 위험원인 분석, 공간특성에 맞는 대책수단 등 담당자에게 필요한 정보가 제공되지 않아 실무적으로 보급·활용된 사례를 찾기 힘든 실정이다. 이러한 한계를 종합해 볼 때, 우리 여건에 맞는 도시방재 계획을 위해 상향식 정보공유 플랫폼이 아닌 전문기관 참여를 통한 선별적 기술지원 시스템이 적합하다고 할 수 있으나, 이러한 시스템 개발은 아직 본격적으로 추진되지 않고 있다고 판단된다.

**표 1-3 도시침수 해석기법 및 시스템 구축에 관한 선행연구**

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시홍수 예경보 및 침수예측 기술</li> <li>한국건설기술연구원(2007)</li> <li>연구목적 : 도시지역 홍수 예경보를 위한 기상수문 신기술 기반의 침수해석 모형 및 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 조사</li> <li>국내외 시스템 사례조사</li> <li>협동연구</li> <li>모형개발</li> <li>시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시홍수 예경보 실용화 기술 개발을 위한 예측모형 적용기술, 단기간 강우 예측 기법 개발</li> <li>도시지역 침수해석을 위한 통합 침수해석 모형(FFC-5) 개발 및 GIS 연계 운영 시스템 구축</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발</li> <li>국토연구원 (2010-2015)</li> <li>연구목적 : 내수침수 해석모형을 토대로 방재도시계획 기술 및 정보공유 플랫폼 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제도 분석</li> <li>침수해석모형 개발</li> <li>도시설계기술 개발</li> <li>통합관리시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화 폭우재해 적응 안전도시 시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 웹기반 폭우재해 정보공유 플랫폼</li> </ul> </li> <li>폭우재해저감 도시설계 실무매뉴얼 제공                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼 제공</li> </ul> </li> <li>폭우재해 저감을 위한 도시계획 법제도 개선방안 제시</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화 및 통합 연계 환경 개발</li> <li>국립재난안전연구원 (2013a)</li> <li>연구목적 : 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화, 침수예측모형 통합연계, 시범적용 및 시스템 GUI개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대상지 현장조사</li> <li>침수예측모형 검증</li> <li>침수예측모형 GUI 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지상공간 침수예측모형/우수관망모형/지하공간 침수예측모형의 고도화</li> <li>도시의 지상-지하공간 침수예측모형 통합 연계환경 개발 및 시범적용</li> <li>도시 지상-지하공간 침수예측모형 GUI 개발</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 및 시범 적용</li> <li>국립재난안전연구원 (2013b)</li> <li>연구목적 : 도시내수침수 특성을 반영한 모니터링 시스템 시범적용 및 실시간 감지 모니터링기법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장 조사</li> <li>지자체 협의</li> <li>모니터링센서 조사</li> <li>네트워크구성 운영방식 조사 및 검토</li> <li>시범적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시내수침수 특성을 반영한 모니터링 시스템의 시범적용을 위한 대상지 및 방법 선정</li> <li>실시간 내수침수 감지 모니터링 기법 개발</li> <li>현장모니터링을 통한 도시내수침수 특성 분석을 위한 시범적용 및 결과 제시</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 도심지 토사재해 예측 3D 시뮬레이션 기술개발 및 통합 관리시스템 구축</li> <li>도심지 토사재해 통합관리 기술 개발 연구단 (2012~2017)</li> <li>연구목적 : 도시지역 내 토사재해를 예측 및 대응을 위한 토사재해 기술 개발 및 실용화, 통합관리시스템 구축 및 법제도 정비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>법제도 분석</li> <li>위험도평가기술 개발</li> <li>시범적용</li> <li>예방 매뉴얼 작성</li> <li>시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지연공간, 지질, 기후 및 식생 환경 데이터의 통합토사재해 인벤토리 구축</li> <li>토사재해 발생 지형공간적 위치 예측 모델 개발 및 검증</li> <li>토사재해 발달 경로, 거리, 토사 유동 및 규모 예측모델 개발 및 검증</li> <li>3D 시뮬레이션 기법을 이용한 도심지 저감대책 기술 지원 시스템 구축</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명 : 국가수문기상재난안전 공동활용시스템</li> <li>기상청 (2013~2020)</li> <li>목적 : 기상재해에 대한 예·경보 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상자료 유통망 체계 구축</li> <li>홍수 예경보 모니터링 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사전 수문기상 예측을 통한 재난 안전관리 체계 구축</li> <li>재난안전 업무를 위한 수문기상 자료 유통망 구축</li> </ul>

## 2) 선행연구와 본 연구와의 차별성

본 연구는 정책연구와 기술개발연구로 구성되어 있는데 각각에 대해 선행연구와 다 음과 같은 차이가 있다. 기존 정책연구는 도시계획 기초조사 단계에서 재해취약성 분 석을 실시하고 그 결과와 연계할 수 있는 대책수단을 소개하고 있다. 이에 반해, 본 연구는 보다 실무현장에서 담당자가 도시방재계획에서 실질적인 대책을 결정하는 데 어떤 어려움이 있는 지를 파악하고, 현장의 도시침수 위험특성에 부합해 선별할 수 있 도록 도시계획적 대책수단의 체계화를 강구하고자 한다. 제도적 개선방향 연구 또한 추후 구축할 시스템의 운영·활용에 초점을 두고 검토하고자 한다.

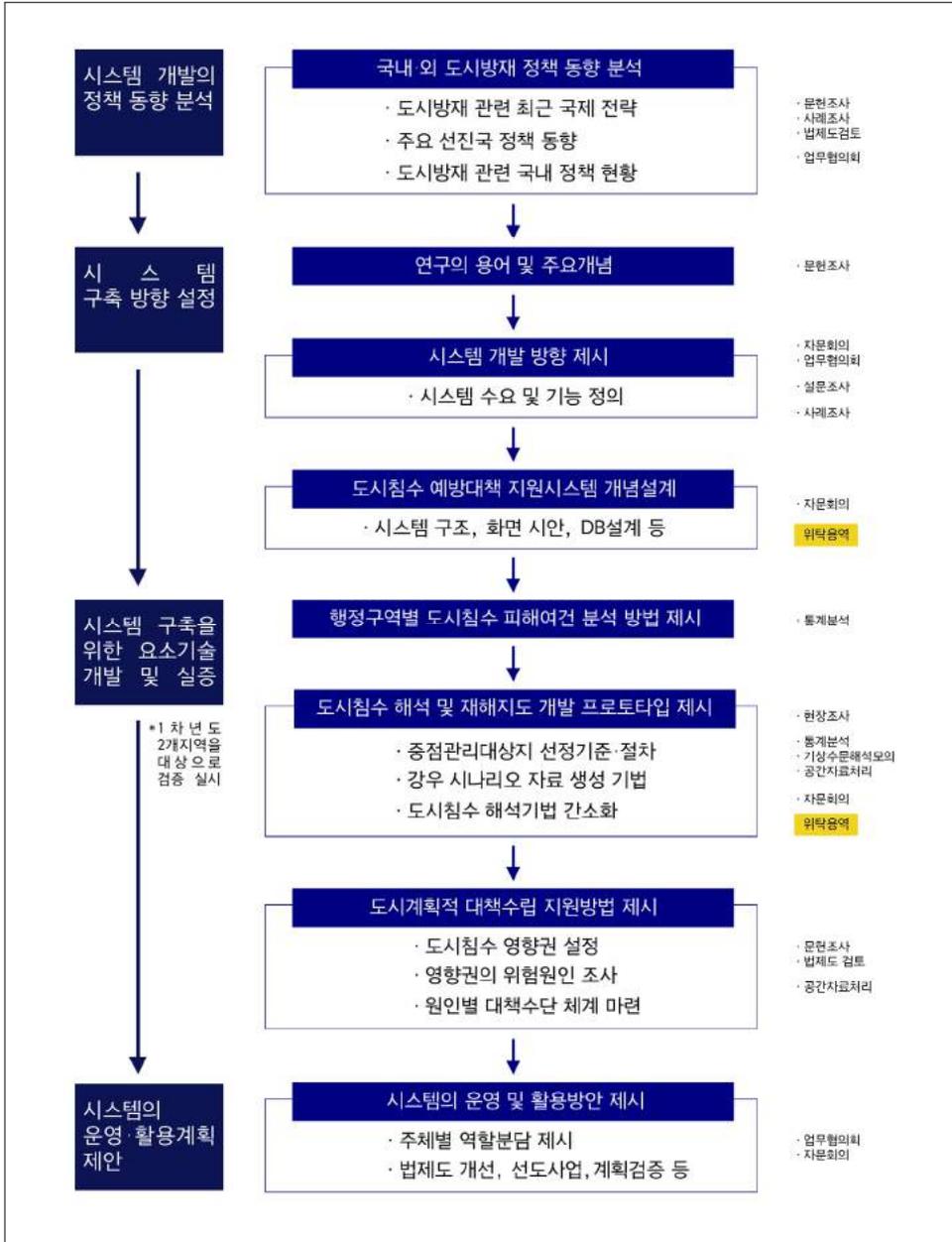
기존의 기술개발 및 시스템 구축 연구와는 달리, 침수해석을 위한 새로운 모형을 개 발하기 보다는 실무 활용성이 높다고 평가되고 있는 보편적인 침수해석 모형을 연계해 단점을 해소하고, 추후 많은 지자체에게 기술지원이 가능하도록 침수해석 기법의 간소 화를 도모하고자 한다. 시스템에 대해서는, 지자체 단위에서 도시침수에 대한 도시계 획적 저감대책을 추진하려는 최우선적 목적에 맞춰 담당자의 관할지역에 대한 위험인 지 수준을 높이고, 특별히 관리가 필요한 대상지에 대해서는 상세 위험도 정보를 제공 하고, 대책수단을 발굴·선정하는 요령을 알려주는 기능을 중시하고자 하였다.

표 1-4 선행연구와 본 연구와의 차별성

구 분	연구목적	연구방법	주요연구내용
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 도시 침수지 역 및 영향권 분석을 통한 정부 재난안전 정책지원 시스템 구현</li> <li>연구목적: 재해예방형 도시계획 수립 시 도 침수에 대한 저감대 책에 있어서 실질적 계획수립을 지원하기 위해, 미래 폭우 시나 리오에 맞춰 도시 침 수지역 및 영향권을 분석하고 실증적인 도 시계획적 수단의 설계 요령 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 인터넷 조사</li> <li>자료조사</li> <li>현장조사</li> <li>전문가 브레인스토밍</li> <li>기상수문해석, GIS분석, 위성영상분석 등 공간분석</li> <li>시스템 구축</li> <li>전문가 자문</li> <li>연구협의회</li> <li>관련 기관 전문가 협동연 구</li> <li>관련부처 업무협약</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시별 침수위험지역에 대한 위험도 프로파일 작성</li> <li>기후변화 영향을 고려한 방재성능 목표설정 및 저감대책 분담전략 제시</li> <li>도시침수 위험지역 공간구획화를 통 한 침수해석 기법의 적용 및 분석</li> <li>도시침수에 대한 노출 및 취약성을 고려한 위험도 평가를 통한 위험도 평가 프로토타입 작성</li> <li>지역별 도시침수 영향권 설정을 통 한 도시계획적 대책 수립 방안 제시</li> <li>시스템의 개선 및 고도화</li> <li>재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 도시정책 및 제도적 근거 확보 방안 제시</li> </ul>

## 6. 주요 연구내용

그림 1-3 주요 연구내용



CHAPTER 2

# 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향

01 도시방재 관련 최근 국제 전략	21
02 주요 선진국 정책 동향	26
03 도시방재 관련 국내 정책 현황	40



## 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향

시스템 개발에 앞서 도시침수 관리 정책의 방향을 파악하기 위해 세 가지 조사를 수행하였으며, 제2장에 그 결과를 서술하였다. 첫째, 도시방재와 관련된 최근 UN차원의 국제전략 및 아젠다를 검토하였고, 이를 토대로 향후 10~20년 동안 각 국 정부에서 방재분야에서 이행하기로 합의된 사항을 중심으로 정책방향과 정책과제를 파악하였다. 둘째, 도시방재분야 선도국가를 중심으로 관련 법령·지침을 조사하였다. 일본, 프랑스, 스위스를 대상으로 도시침수 등 홍수위험을 저감하기 위해 재난관리와 도시계획을 통합·연계하는 방식과 수단을 파악하는 데 중점을 두었다. 셋째, 도시방재와 관련된 국내 법령·지침과 실무여건을 분석하였다. 아울러 앞서 검토한 해외 정책 동향과 비교하면서, 도시방재의 개선사항, 특히, 실천적인 도시방재계획을 마련하는 데 있어 현행 문제점을 명확히 정의하고자 하였다.

### 1. 도시방재 관련 최근 국제 전략

재난관리 또는 도시방재와 관련되어 최근 수립된 국제전략으로 UN 재난관리사무소 (UN International Strategy for Disaster Reduction)에서 주도하여 2015년 합의된 센다이강령(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)과 UN 총회(UN General Assembly)에서 주도하여 2015년 발표된 지속가능한 개발목표(Sustainable Development Goals)를 검토하였다.

#### 1) 2015-2030 센다이 강령

센다이 강령은 2015년 3월의 제3차 세계재난위험경감 총회(3rd UN World Conference on Disaster Risk Reduction)에서 기존의 효고행동강령(Hyogo Framework for Action)의 후속으로 마련된 것으로, 재난감소를 위한 각 국 정부의 행동지침

에 대한 약속을 담아 UN 제69차 총회에서 채택되었다. 기존의 효고행동강령은 정부와 대중의 인식 증가, 재난관리 제도 및 기관 설립, 조기경보 시설의 보급, 재난대비·대응책 마련 등에 있어서 큰 성과가 있었지만, 위험을 감소하기 위한 실질적인 투자나 충분한 개발규제로 이어지지 못한 것으로 평가되고 있다(UNISDR, 2013). 특히, 많은 국가에서 재해로 인한 경제적 손실이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있는데, 이는 도시화 및 경제성장이 가속화됨에 따라 자연재해에 인명과 경제활동의 노출이 급격히 증가된 것이 주요 원인으로 간주되고 있다. 이에 따라 센다이 강령을 통해 정부의 책임을 고양하도록 이행목표를 상향 조정하고 더 높은 수준의 구축력을 제공하기로 하였다.

따라서 센다이 강령의 목적은 노출특성 및 취약성을 감소시키는 데 필요한 경제, 시설, 법, 사회, 보건, 문화, 교육, 환경, 기술, 정책 등 가용수단을 결집하여 현재의 위험뿐만 아니라 새로운 위험에 대해서도 사전에 예방하고자 하는 것이다. 또한 대응과 회복을 고려한 대비책을 마련하고 사회복원력을 증진하고자 하였다. 센다이 강령에는 성과달성 목표(target)를 설정하고 있는데, 정부의 책임을 높이기 위해 2030년까지 향후 15년간 <표 2-1>과 같은 7가지 성과달성 목표를 설정하였으며 개별 지방정부에서 전 지구 수준까지의 노력을 상향식으로 평가할 예정이다.

**표 2-1** 센다이강령의 7가지 목표

- (a) 상당한 수준의 재난 사망자 감소: 2005-2015년 기간 대비 2020-2030년 기간 동안 인구 10만명당 재난 사망자 수 측정
- (b) 상당한 수준의 재난 영향인구의 감소: 2005-2015년 기간 대비 2020-2030년 기간 동안 인구 10만명당 영향인구 수 측정
- (c) 직접적인 경제피해의 감소: GDP 대비 경제 피해액 측정
- (d) 보호대상시설의 피해 및 기초서비스 (의료 및 교육시설 포함) 중단을 막기 위한 복원력 증진
- (e) 2020년까지 중앙정부와 지방정부 모두 재난위험도 감소를 위한 전략 수립
- (f) 개발도상국가의 원활한 이행을 위해 국제협력·지원
- (g) 일반 대중에게 조기경보 시스템, 위험정보 및 평가에 대한 접근성 증진

센다이 강령은 각국 정부의 우선이행과제(Priority for Action)로 위험도 평가, 공간정보 개발, 도시계획 수단 고려, 중앙-지방-연구기관 협력 등 본 연구와 관련된 사항을 제시하고 있다. 첫 번째 우선이행과제로 “재난위험의 이해(understanding disaster

risk)”를 선정하였으며, 재해특성, 인구·재산의 노출특성, 취약성 등 위험도에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 정책과 실무를 추진하도록 정하고 있는데, 본 연구와 관련해 <표 2-2>의 사항을 포함하고 있다.

**표 2-2 재난위험의 이해를 위한 세부내용**

- ✓ 자료수집 및 분석: 다양한 이용자의 수요를 고려해 위험도 정보의 수집·분석·관리·활용의 방법을 개선하고 보급을 확대
- ✓ 주기적인 평가: 재해특성, 노출특성, 취약성, 위험도 등에 대한 현재 수준(baseline)을 이해하고, 주기적으로 평가를 시행
- ✓ 업데이트 및 정보 확산: 정책결정자, 일반대중, 위험한 곳에 위치한 지역사회를 위해 위험지도 등의 공간정보를 구축하고 주기적으로 업데이트 시행
- ✓ 정보이용: 자유로운 이용·접근을 위해 GIS기반의 정보 시스템 구축
- ✓ 정보 시스템의 활용: 재난위험감소를 위한 교육, 기술지원, 경험공유 등 다양한 목적으로 활용
- ✓ 과학과 정책의 연계: 효과적인 의사결정을 위해 과학기술자, 정책결정자, 타 이해당사자간의 대화와 협력 증진
- ✓ 과학기술 역량 제고: 위험도, 취약성, 노출특성 등을 평가하기 위한 기술과 모형 개발 등 역량 강화
- ✓ 위험정보의 활용: 위험도 정보를 재난위험 감소를 위한 각종 정책에 활용

두 번째 우선이행과제는 “위험도 관리에 대한 거버넌스를 강화(Strengthening disaster risk governance to manage disaster risk)”하는 것인데, 본 연구와 관련되어 국가·지역 단위에서 토지이용, 도시계획, 건축물 기준, 환경관리, 보건·안전기준 등 법제도에 포함된 방재 규정 준수를 위한 이행절차, 인센티브 등의 수단을 마련하도록 권고하고 있다. 또한 국가 법체계 하에서 재난위험의 우려가 있는 곳은 주거지 이전이나 예방대책을 마련하는 정책을 추진하도록 강조하고 있다. 세 번째 우선이행과제로는 “재난 위험도 감소를 위한 투자(Investing in disaster risk reduction for resilience)”를 선정하였는데, 위험도 평가를 토지이용과 관련된 정책이나 사업에 반영토록 하는 사항을 두고 있다.

센다이 강령에서는 정부의 이행과제 뿐만 아니라 다양한 이해당사자의 역할을 규정하고 있다. 이 중 학계, 연구소 등에 소속된 전문가 그룹에게 재난위험도를 구성하는 요소와 중·장기 시나리오를 개발하고, 범 국가, 국가, 지역에서 각각 적용할 수 있는 연구를 추진하며, 지방정부와 지역사회의 대책수립을 지원하고, 과학에 기인한 의사결정이 되도록 정책-과학간의 가교를 형성할 것을 당부하고 있다.

## 2) 2016-2030 UN 지속가능한 개발 목표

UN 지속가능한 개발 목표는 2012년 브라질 리오에서 개최된 지구정상회담(Earth Summit)의 보고서인 “The Future We Want”에 따라 UN총회(General Assembly)의 주도로 수립되었다. UN총회는 저개발국가의 가난해결을 위해 그동안 추진해 온 밀레니엄개발목표(MDGs)를 넘어, UN 회원국 모두의 지속가능한 개발을 위한 공동의 목표를 2030년까지의 목표연도에 맞춰 구체화하기로 하였다. 이를 위해 인류의 보편적인 문제, 지구 환경문제, 경제·사회문제를 다루기 위해 범정부 개방실무그룹(Open Working Group)을 구성하였으며, 이를 토대로 시민사회를 포함한 다양한 이해당사자들과 함께 2년에 걸쳐 활발한 논의를 진행하였다. 최종적으로, 모든 국가의, 모든 영역에 적용되는 17가지 공동목표로 구성된 제안서를 마련한 뒤, 2015년 9월 제70회 유엔총회를 통해 채택하였다.

2012년 지구정상회담 보고서에 별도 분야로 구분되었듯이, 지속가능한 개발 목표를 위한 당초 구상에는 재난위험도 감소와 관련해 별도의 목표를 마련하고자 하였다. 하지만 재난은 여러 분야에 걸쳐 연계가 되어야하기 때문에 별도로 구분을 하기 보다는 각 분야의 목표에 관련 내용을 반영하기로 하였다. 특히, 11번째의 도시 및 주거 목표(Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilience and sustainable)와 13번째의 기후변화 대응 목표(Goal 13. Take urgent action to combat climate change and its impacts)에서 관련 내용을 자세히 다루고 있다. 11번째 도시 및 주거지 목표에서는 본 연구와 관련하여 두 가지 이행과제를 반영하고 있다. 첫째는 다섯 번째 이행과제(Target 5) 내용으로, 2030년까지 재난에 의한, 특히 물과 관련된 재난에 대한 사상자수와 영향인구의 수를 감소시키고, GDP 대비 직접경제손실을 크게 감소시키며, 취약한 곳의 주민을 보호하기로 하였다. 또한 추가 이행과제(Target b)로, 2020년까지 도시와 거주지역에 기후변화 저감·적응과 함께 샌다이 강령에 맞춰 포괄적인 재난위험도 감소를 추진할 수 있도록 정책과 계획을 마련하기로 하였다. 13번째 기후변화 대응 목표에서도 두 가지 이행과제가 본 연구와 관련되어 있다. 첫 번째 이행과제(Target 1)에서 모든 국가에 기후 관련 재해에 대한 복원력과 적응능력을 강화시키기로 하였으며, 두 번째 이행과제(Target 2)에서 기후변화와 관련된 대책을 국가적 정책, 전략, 각종 계획에 반영하기로 하였다.

**표 2-3 17가지 지속가능한 개발 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

주: \*는 본 연구와 관련성 높은 목표를 의미함

최근 마련된 두 가지 국제 전략을 살펴본 결과, 도시방재 관련 정책에 향후 다음과 같은 사항들이 강조될 것으로 판단된다. 첫째, 기후변화 등 다양한 장래 시나리오를 고려하여 재난 위험도를 분석하고, 중장기 관점에서 대책 수립을 지원하는 연구가 중시될 것으로 판단된다. 둘째, 중앙정부·지방정부의 정책실무 수요에 맞춰 위험도 평가기술을 시급하게 실용화 시켜야 할 것이다. 셋째, 안전한 도시 및 주거지 조성을 위해 현재 토지이용, 건축물 등에 부속된 노출특성과 취약성의 감소가 재난관리의 핵심으로 강조될 것이다. 끝으로, 실무자, 지역사회, 일반대중에 대한 재난 위험도에 대한 정보의 접근성을 개선시키고, 위험수준에 대한 공간적 이해를 제공하며, 주기적 업데이트를 통하여 도시의 위험수준을 체계적으로 모니터링하기 위해 정보시스템의 구축이 정책적으로 크게 요구될 것으로 전망된다.

## 2. 주요 선진국 정책 동향

일본, 프랑스, 스위스 등 도시방재계획의 선도국가 사례를 통해 국외 정책 동향을 다음과 같이 살펴보았다.

### 1) 일본

일본은 도시방재와 관련된 공간계획을 마련하려는 국토교통성 도시국 방침에 따라 1997년 이후 방재도시정비계획을 수립하기로 하였으며, 이를 위해 방재도시정비계획 수립지침을 마련한 바 있다. 지침 상, 방재도시정비계획의 역할은 <그림 2-1>과 같이 재해대책기본법에 의해 마련되는 지역방재계획의 단기시책과 도시계획법에 의해 마련되는 도시계획마스터플랜의 장기적인 도시 미래상을 양방향에서 연결하는 것이라 할 수 있다. 즉, 지역 재난관리(지역방재계획)에 있어서 중장기적인 방향성을 제공할 뿐만 아니라 장기적인 도시계획에서도 재해예방에 필요한 대책을 중요하게 반영하도록 장치를 둔 것으로 해석할 수 있다.

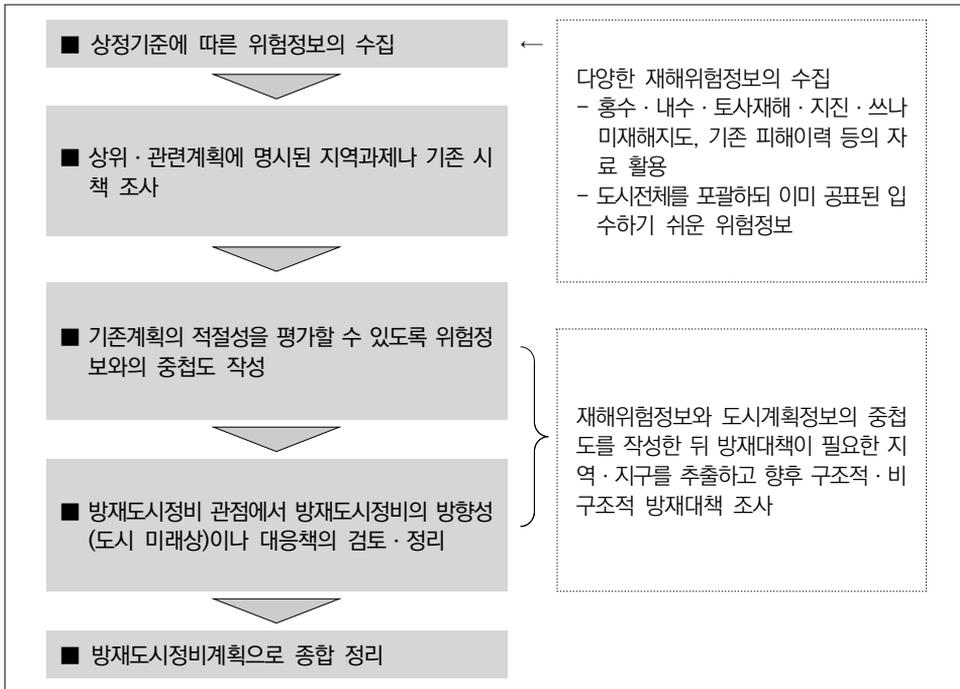
**그림 2-1** 방재도시정비계획, 지역방재계획, 도시계획마스터플랜 간의 관계

<p>지역방재계획 (재해대책기본법에 의거한 계획) 〈주로 단기적인 시책 포함〉</p>	<p>시민의 생명, 신체, 재산을 재해 등으로부터 보호하기 위하여 방재에 관한 업무나 대책 등을 정한 것</p>
<p>↑</p>	
<p>방재도시정비계획 (1997년 도시국 통지에 의거한 실무계획)</p>	<p>방재라는 긴급과제에 대응하기 위하여 재해에 강한 공간정비와 재해 시의 피난이나 응급활동을 지원하는 공간정비를 목적으로 한, 방재도시정비의 기본방침 및 구체적 시책을 정한 것</p>
<p>↓</p>	
<p>도시계획마스터플랜 (도시계획법에 의거한 계획) 〈주로 장기적인 도시미래상 제시〉</p>	<p>도시 및 각 지역의 미래 시가지상을 시민들이 알기 쉬운 형태로 제시하고 지역에서의 토지이용, 시설배치, 지구계획 등의 방향을 제시하기 위한 것</p>

출처: 일본 국토교통성(www.mlit.go.jp) 자료 저자 재정리

방재도시정비계획 수립지침에서는 지자체 담당자가 계획을 수립할 때 대상재해를 결정하고, 재해 위험정보를 이용해 문제를 파악하며, 방재도시정비를 위한 기본방침과 구체적인 시책을 마련하는 일련의 절차를 정하고 있다. 방재도시정비에서의 도시나 지구단위의 문제를 파악하고, 대응시책을 마련함에 있어서 위험정보를 체계적으로 수집하고 분석하도록 <그림 2-2>와 같은 절차를 제시하였다.

**그림 2-2 방재도시정비계획 수립절차**



출처: 일본 국토교통성(www.mlit.go.jp) 자료 저자 재정리

1단계는 대상재해를 결정하는 것이다. 이를 위해 최근의 재해 위험정보를 수집하고 발생빈도나 피해규모, 기존계획에 포함된 재해대책, 지구의 공간특성 등을 고려하여 방재도시정비계획에 전제가 되어야 할 재해 및 대상지역을 설정하도록 한다. 또한 피해규모, 피해빈도, 시급성 등이 서로 다른 재해도 다단계로 검토하도록 정하고 있다. 2단계는 상위·관련 계획에 명시된 지역과제나 기존 시책을 조사하는 것이다. 기존 도시계획, 도시나 지구 단위의 과제 등을 조사한 뒤 재해위험 정보와 중첩시켜 방재 시가

지정비 지도 등을 작성하도록 명시하고 있다.<sup>1)</sup>

3단계는 방재도시정비의 기본방침을 작성하는 것이다. 도시 및 지구 단위의 과제 이외에 시정촌 및 국가·도도부현의 방재관련 계획과 대책에 명시된 기존의 시책을 참고하여, 도시정비 시 방재의 중요성을 명확히 인식하고 다양한 주체와의 협동이 가능토록 중장기적인 방재도시정비의 목표를 마련하고 기본방침을 작성하도록 요구하고 있다.

4단계는 방재도시정비의 구체적인 시책을 마련하는 것으로, 중요한 시책은 예산확보로 즉각 연결될 수 있도록 시책의 중점화를 강조하고 있다. 마지막으로, 5단계는 계획의 평가체계를 정하도록 하고 있는데, PDCA방식으로 지속적인 계획평가를 할 수 있도록 수정·경신의 시기나 방재도시정비계획에 명시된 시책의 진척을 향후 모니터링하도록 방침을 정하는 것이다.

일본의 경우에 도시계획법에 그 근거를 두고 있는 것은 아니지만, 국토교통성의 통지와 지침 마련을 통해 기초단체에서 방재도시정비계획을 수립하고 있으며, 도시계획 등에서 구체적인 대책수단을 반영·시행하게 하는 실무적인 접근법을 취하고 있는 것으로 파악되었다. 이는, 국토교통성이 중요한 자연재해에 대한 재해지도를 전국적으로 구축하였고, 토지이용도, 도시계획도 등과 중첩·비교할 수 있도록 기술기반을 제공함으로써 자치단체가 방재도시정비계획 시 구체적인 대책수단을 쉽게 강구할 수 있기 때문이다.

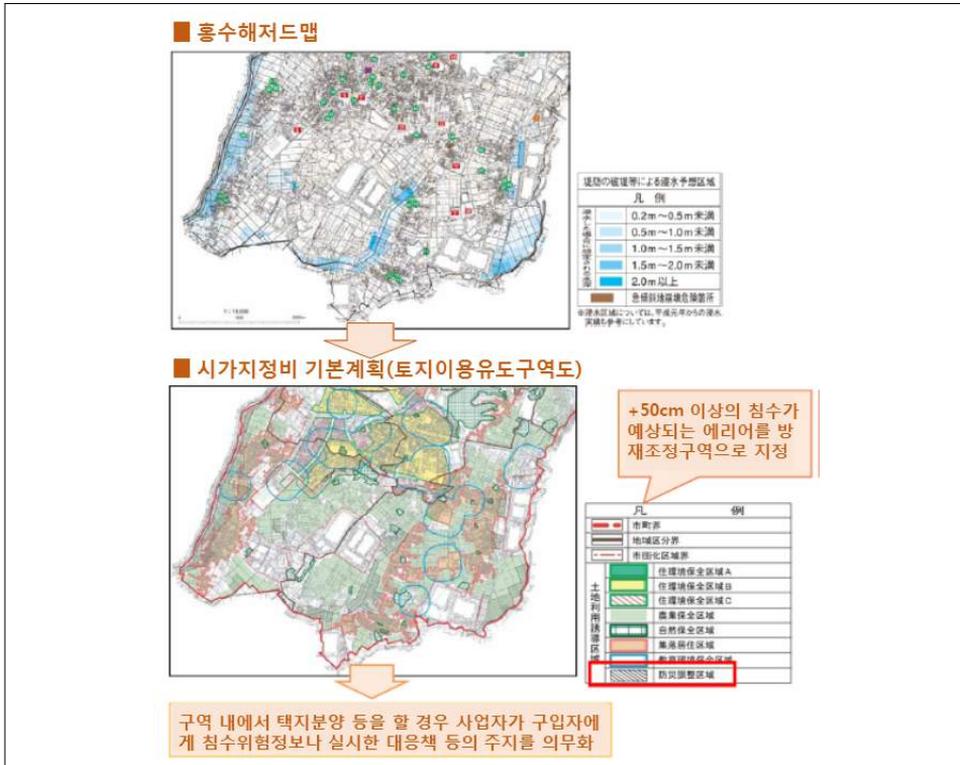
<그림 2-3>은 재해 위험정보를 활용한 방재도시정비계획을 마련한 요시시(愛知県)의 사례를 보여주고 있다. 주민에게 재해위험을 주지시키는 것을 목적으로 홍수 재해 지도에서 50cm 이상의 침수가 예상되는 구역을 방재조정구역으로 정하고 있다. 만일 방재조정구역 내에서 택지분양 등을 할 경우 사업자는 구입자에게 침수위험정보나 실시해야 할 대책을 주지시키는 것을 의무화하고 있다. 공간과 관련한 대책은 재해지도를 근간으로 도시차원과 지구차원의 대책으로 구분하여 접근하고 있는데, 도시차원에서는 방재시설, 도로, 하수도 등 주로 구조적 대책을, 지구차원에서는 주거밀집지역,

---

1) 일본에서 지자체가 이러한 업무를 담당할 수 있는 배경에는, 국토교통성 차원에서 홍수, 산사태, 지진, 쓰나미 등 다양한 자연재해에 대해 위험을 전국적으로 평가하고 산하의 국토지리원에서 재해지도를 제작해 시스템을 운영하고 있어 지자체는 관내의 재해지도를 쉽게 습득할 수 있기 때문이라 할 수 있다. 관련된 국토교통성의 시스템에 대한 자세한 정보는 제3장을 참고할 것

상점가 등 구체적 구역이나 건축물과 관련된 비구조적 대책을 중시하고 있는 점을 알 수 있다.

그림 2-3 일본 홍수해저드맵 사례



출처: www.mlit.go.jp/toshi ('16. 7. 5. 검색)

## 2) 프랑스

프랑스의 경우 환경법(Code de l'environnement, Article 562-1)에 의거해 홍수, 산사태, 지진, 산불, 화산폭발, 태풍 등 자연재해를 사전예방하기 위해 광역단체(region) 차원에서 별도의 방재계획(Plan de prévention des risques naturels prévisibles, PPR)을 수립하고 있다. 광역차원에서 방재계획을 수립하는 것 자체 보다는, 광역차원에서 구체적인 도시방재 대책을 다루고 있는 것이 인상적이다. 여기에는, 심각한 자연재해가 예측되는 지역을 사전예방하기 위해 위험지역(zones de danger)의 범위를 지

정하고, 위험지역 내 공사, 개발, 농업, 임업, 상업, 산업 등의 활동을 금지하고 있다. 위험지역을 지정하기 전에 이미 승인된 활동에 대해서는 방재계획에서 적절한 조치를 마련하고 있으며, 심각한 수준은 아니지만 재해 발생위험이 있는 곳에도 예방지역(zones de précaution)의 범위를 지정하고 금지 또는 요구사항을 정하고 있다. 방재계획을 통해 예방대책이 마련될 경우 기초단체(commune)는 5년 내에 의무적으로 추진해야 하며 위험의 정도에 따라 기간은 당겨질 수 있다. 만일, 시행기간 내 대책이 수립되지 않으면 광역단체장은 소유자 및 이용자에게 자체 비용으로 조치하도록 요구할 수 있다. 또한 재해가 주민과 재산에 심각한 위협을 미칠 수 있다고 판단되면, 공공의 이익을 위해 사유지 토지매입(expropriation pour cause d'utilité publique) 또한 명령할 수 있다.

광역단체의 사회기반시설 담당부서인 DDE(departmental directorate for infrastructure)는 계획수립을 위해 먼저 단체장 승인을 받은 뒤 방재계획을 구상하고, 각 사항에 대해 기초단체, 유관기관, 공공의 의견을 수용하도록 협의를 진행해 최종계획을 발표하는 절차를 따르고 있다. 방재계획이 환경법에서 규정되어 있기 때문에 기본 지침서와 재해별 계획수립 가이드라인은 환경부 주도로 마련되고 있다.<sup>2)</sup>

방재계획은 재해 발생가능 지역, 즉, 위험지역과 예방지역의 범위를 설정하여 개발 및 규제 등을 금지하는 계획으로, 토지이용 및 건축물 규제를 위해 공간구획화가 필요하며, 이를 위해 다양한 재해지도를 구축하고 있다. 첫 번째로 과거 재해이력 지도가 있는데 스케일 1:10,000~1:25,000에서 지역 내 과거에 발생한 자연재해 이력을 표시하고 있다. 두 번째는 위험지도이며 100년 빈도의 기준에서 재해영향이 발생하는 공간범위를 스케일 1:10,000~1:25,000(단, 지반침하의 경우 1:5,000) 수준으로 제시하고 있다. 세 번째는 취약성 지도인데, 지역 내 재해에 위험이 큰 건축물 종류, 토지이용방식(도시지역, 거주인구, 범람원 등), 재해관리 중요요소(기반시설, 통신시설, 학교, 병원 등)에 관한 사항을 스케일 1:10,000~25,000 수준으로 나타내고 있다. 마지막으로 영향권 지도를 개발하는 데, 여기에는 위험지도와 취약성 지도를 중첩해 영

2) 관련된 자료는, 방재계획 기본 가이드라인 (Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement 1997a), 홍수위험 방재계획 방법론 가이드라인 (Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement 1999), 지진위험 방재계획 방법론 가이드라인 (Ministère de l'équipement 2002), 해일위험 방재계획 방법론 가이드라인 (Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement 1997b) 등을 참고할 것

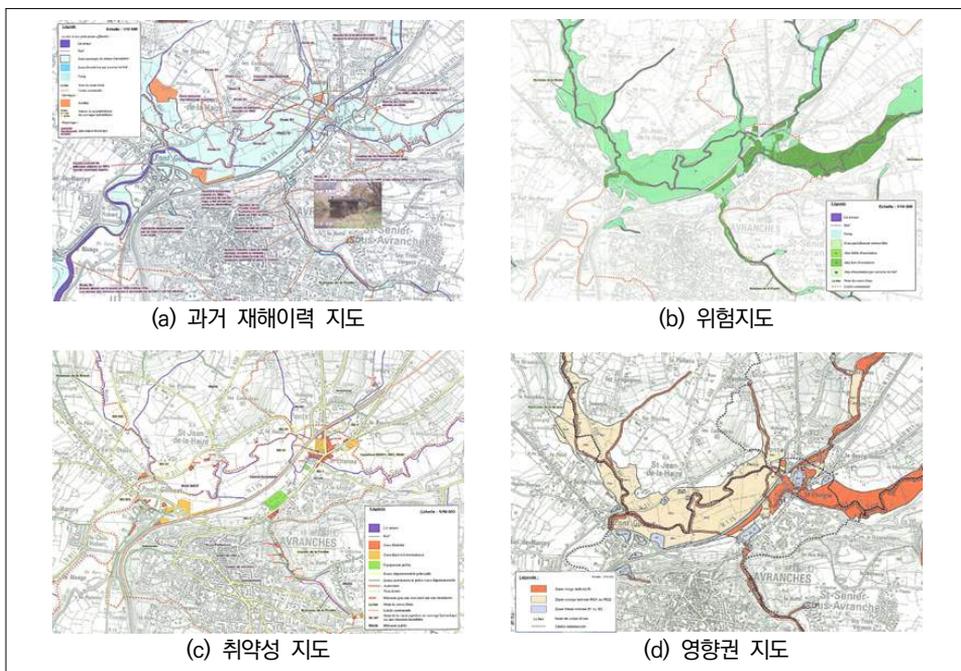
향권 내 피해영향이 우려되는 객체를 종합적으로 제시하고 있다. 영향권 지도에서는 피해가 우려되는 정도를 고려해 Red zone, Blue zone, White zone의 총 3단계로 공간을 구획화하고 있으며, 각 권역에 적합한 구체적인 대책수단을 제안하고 있다.

**표 2-4 프랑스의 방재계획에서 마련되는 재해지도 특징**

구 분	내 용
목적	토지이용계획 내 방재지구 설정, 토지이용계획 및 건축물의 규제, 시설물 대책 수립, 비상조치계획 수립 등을 위해 작성
주체	광역단체 (region)
구성	사전재해도면, 과거 재해이력 도면, 위험도 도면, 취약성 도면, 영향권 도면, 비상조치 도면 등
내용	재해 및 위험의 상세정보 기술
결과물	지도 및 기술 보고서
수혜자	정책 수립, 지역 내 토지이용계획 수립, 보험회사 등에서 활용

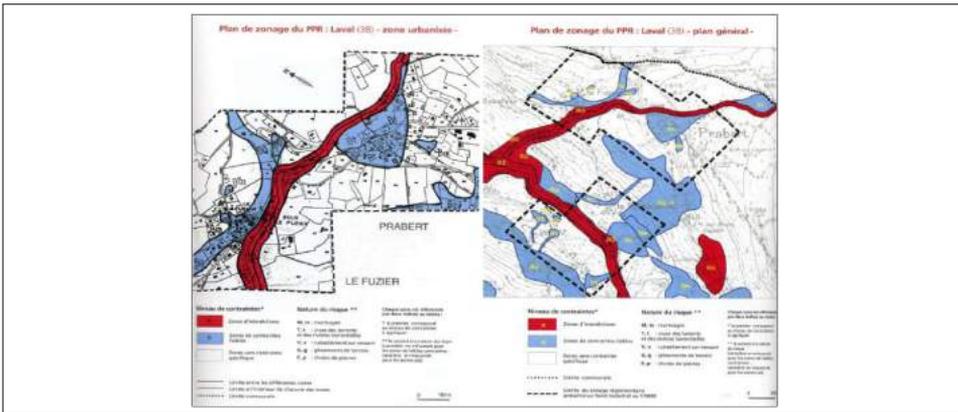
출처: Mate and Metl (1997), Loat(2010) 자료 저자 재정리

**그림 2-4 프랑스 재해지도의 사례 : 아브랑슈(Avranches)**



출처: <http://www.manche.gouv.fr> ('16. 9. 12. 검색)

**그림 2-5** 프랑스 홍수에 대한 영향권 지도 사례: 르 푸지어(Le Fuzier)



출처: Mate와 Metl (1997)

〈표 2-5〉는 홍수위험 방재계획 방법론 가이드라인을 참고로 홍수와 관련된 프랑스의 영향권 설정방식을 요약한 것이다. 영향권을 설정할 때 침수위와 함께 유속을 고려하고 있다. 또한 각 영향권에 따라 토지이용, 건축물 등에 대한 규제수준을 상세히 규정하고 있음을 알 수 있다.

**표 2-5** 프랑스의 영향권 설정기준 및 대책수단

영향권 구분 및 설정기준		대책 수단
Red zone (높은 수준의 피해 우려 지역)		대부분의 개발을 금지(여건, 지역상황에 따라 개발에 대한 규제 조정 가능)
설정 기준	침수심 > 1.0m + 유속 > 2m <sup>2</sup> /s	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도심지 내 홍수예방, 보호, 안전을 위해 개발 제한 및 위험지역 통제</li> <li>- 입체적 토지활용: 농촌, 산림, 체육공간, 여가공간 등</li> <li>- 필수 교통수단, 기본 인프라시설(전기, 가스 등) 개발은 허용</li> <li>- 급류 발생 지역의 경우, 캠핑장, 공공공간 등 재건축이 불가능하며, 이미 건물이 존재할 경우 홍수 경보, 대피절차 등을 마련</li> </ul>
Blue zone (중간 수준의 피해 우려 지역)		개발에 적합토록 규제(특정조건하에 따라 규제)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침수심 &lt; 0.5cm + 유속 &gt; 2m<sup>2</sup>/s</li> <li>• 0.5cm &lt; 침수심 &lt; 1.0m + 0.5m<sup>2</sup>/s &lt; 유속 &lt; 2m<sup>2</sup>/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재해에 노출된 지역의 경우, 개발을 제한(특히 건물 피해 및 범람 발생의 위험이 있는 지역의 경우 엄격히 규제)</li> <li>- 영향권 내 적합한 토지이용 및 건축물 규제안을 적용</li> <li>- 직접적으로 노출되지 않은 지역(고원, 계곡)도 개발 및 건축물을 규제</li> <li>- 방어지역(제방, 댐 등) 내에도 건축물 금지(지역 여건에 따라 조정)</li> </ul>
White zone (낮은 수준의 피해 우려 지역)		규제하지 않음(제약 없음)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침수심 &lt; 0.5cm</li> <li>• 0.5m<sup>2</sup>/s &lt; 유속 &lt; 2m<sup>2</sup>/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시 우수유출량 제어나 산사태 방지 등을 위해 저수지, 우수지, 배수시설 등의 방어시설을 검토할 수 있음</li> </ul>

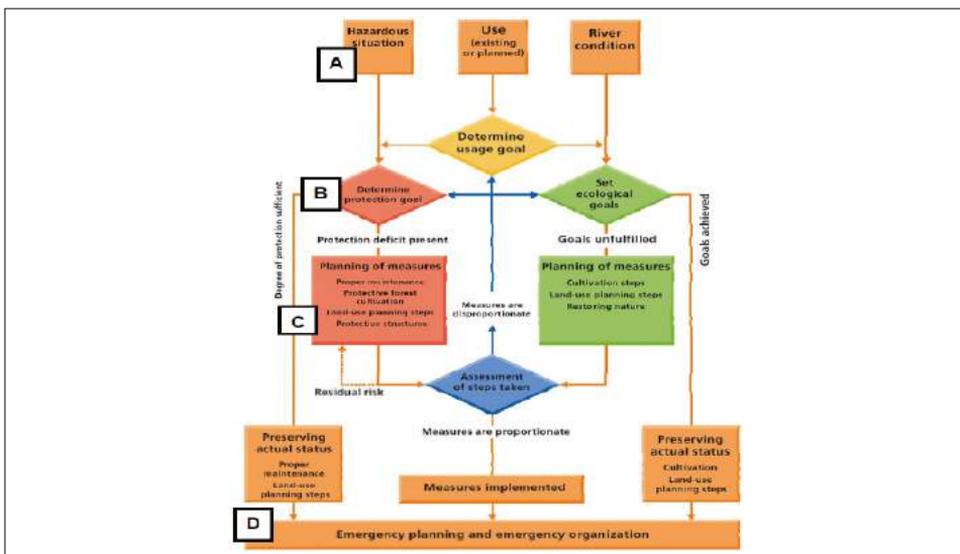
출처: Mate and Metl (1997) 자료 저자 재정리

최근 프랑스는 구조적 대책수단 보다는 비구조적 대책수단을 더욱 중시하고 있는데 이는 재해 발생지역 내 재해보험과 관련된 보상문제로 인해 이전보다 건축물과 토지이용의 규제 필요성이 크게 높아졌기 때문인 것으로 파악된다.

### 3) 스위스

스위스의 경우, 증가하는 자연재해 피해로부터 인명과 재산을 보호하기 위해 1991년 개정된 수공학 및 산림에 관한 연방법(Federal Acts on Hydraulic Engineering and on Forestry)에서 도시방재 등을 위해 위험관리계획(risk management planning)을 수립토록 규정하고 있다. 본 법은 자연재해로부터 인간의 삶과 높은 가치의 재산을 보호하고, 현재 그리고 장래의 토지이용과 생태계의 보호를 목표로, 주(canton)가 계획 수립의 주체가 되며 지방정부는 이를 개발계획에 반영하도록 규정하고 있다. 위험관리 계획은 홍수, 산사태, 낙석, 지진 등의 자연재해를 포함하고 있으며, <그림 2-6>과 같이 재해평가, 방재목표 설정, 방재대책 계획 수립, 비상조치 계획 수립 등의 절차에 의해 마련된다.

그림 2-6 스위스의 방재계획 수립 절차

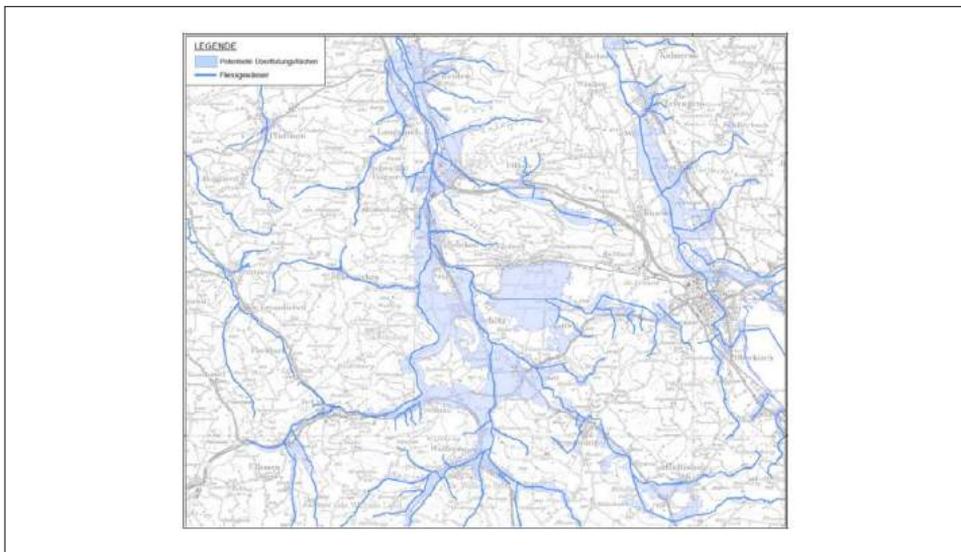


출처: Loat, 2010

계획수립 주체인 주정부(canton)는 연방정부의 예산지원을 받아 위험관리계획의 수립 초기단계에서 광역차원에서 재해에 대한 종합평가를 실시하며, 재해지도를 작성한 뒤 공간계획, 방재대책 계획, 응급계획, 예산·보험계획, 소규모 대책계획 등 여러 가지 분야별 세부계획에 활용하고 있다. 이를 위해 환경부에서는 재해별 지침서를 발간해 재해지도에 대한 기술적 사항을 마련하고 있다.<sup>3)</sup>

스위스의 재해지도는 여러 가지 종류로 구성되는데, 먼저 과거 피해이력과 정확도가 비교적 낮은 분석 결과를 종합해 1:25,000~1:50,000 해상도의 재해지표지도(hazard index map)를 만들어 잠재적으로 위험한 지역을 개략적으로 선별하는 데 활용하고 있다. 재해지표지도는 재해위험이 상대적으로 높아 정확한 재해지도 작성과 대책이 시급한 공간범위를 조사하기 위한 것으로 해석할 수 있다<sup>4)</sup>.

**그림 2-7** 스위스의 홍수 재해지표지도의 예



출처: Loat, 2010

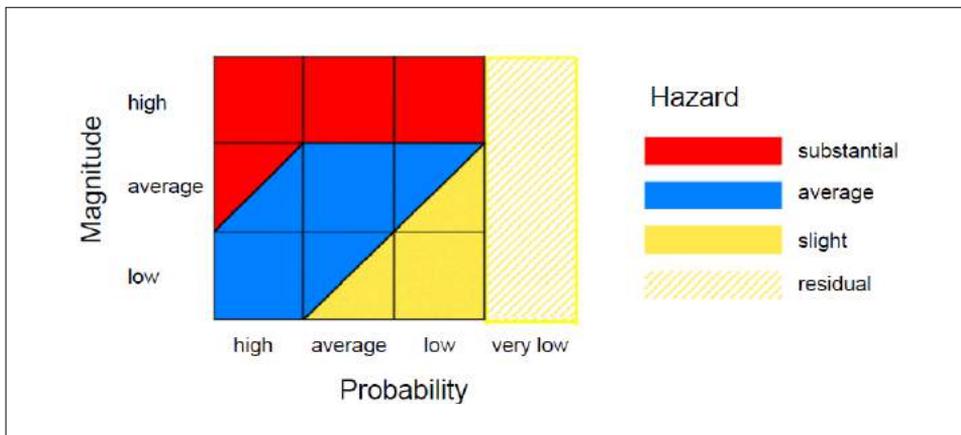
3) 관련된 자료는, 홍수 위험관리 가이드라인 (FOEN, 1997), 지진, 낙석, 토석류 위험관리 가이드라인(FOEN, 2016 개정), 산사태 위험관리 가이드라인 (FOEN 1984) 등을 참고할 것

4) 본 연구의 중점관리대상지라는 공간범위를 선정하는 작업과 유사한 취지로 해석할 수 있음

재해위험이 높다고 판단되는 지역에 대해서는 재해특성을 분석하는 데, 이 단계에서는 각 공간별로 주어진 빈도조건에서 재해의 세기를 산정한 뒤 세기지도(intensity map)를 작성한다. 여기서, 세기는 높음(high), 평균(average), 낮음(low)의 3단계로 구분하는 데, 도시침수와 같이 정적인 홍수의 경우에는 0.5m와 2m의 침수위를 기준으로 구분하고 하천범람과 같이 동적인 홍수의 경우 0.5m<sup>2</sup>/s와 2m<sup>2</sup>/s의 홍수유량을 기준으로 구분하고 있다. 빈도는 높음(high), 평균(average), 낮음(low), 매우 낮음(very low)의 4단계로 구성되는 데, 재해로 인한 영향이 발생하는 재현기간을 1-30년, 30-100년, 100-300년, 300년 이상으로 구분해 적용하고 있는 것을 알 수 있다.

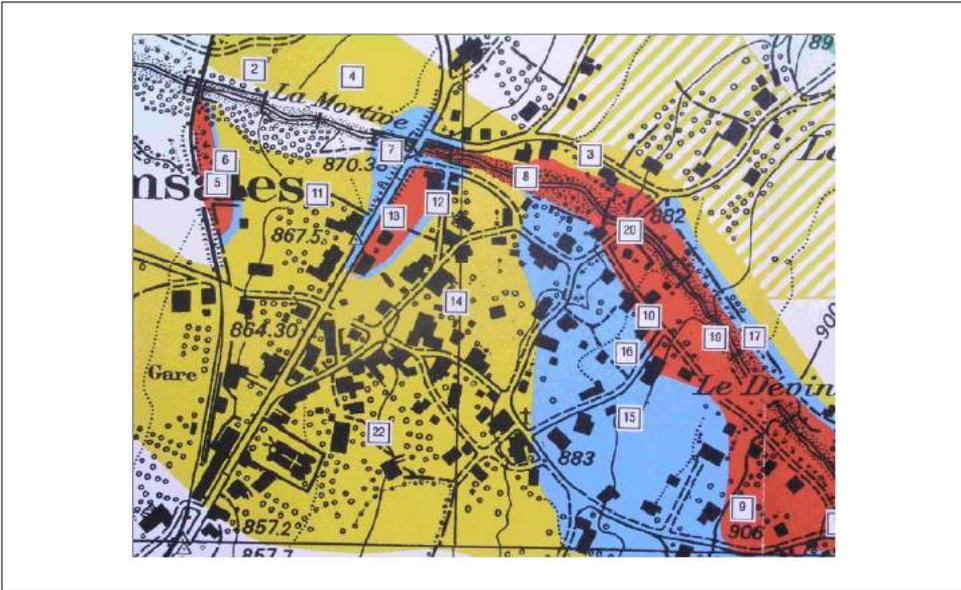
이어서, 4가지 빈도 기준의 세기지도를 이용해 <그림 2-8>의 기준에 따라 영향권을 설정하고 있다. 영향권은 Red zone, Blue zone, Yellow zone, White zone(Yellow-white hatched zone 별도 구분)의 총 4~5가지로, 각 zone은 순차적으로 상당한 위험이 예상되는 지역, 중간정도의 위험이 예상되는 지역, 경미한 위험이 예상되는 지역, 아무런 영향이 없거나 위험을 무시해도 되는 지역(Yellow-White Hatched zone은 위험이 조금이나마 잔존하는 지역)을 의미한다.

**그림 2-8** 스위스의 영향권 설정 기준



출처: Loat, 2010

그림 2-9 스위스 영향권 설정 결과의 예시



출처: Loat, 2010

〈표 2-6〉은 영향권에 따라 설정한 개발규제의 기본원칙을 나타내고 있다. Red zone은 건축활동을 금지하거나 크게 제한하고 있으며, Blue zone은 건축활동이 요구 조건을 충족할 경우 개발을 허용한다. 또한 Yellow zone의 경우 규제가 크지 않지만, 학교, 병원 등의 민감한 시설의 입지는 제한하고 주민에게 위험을 알리도록 하고 있다. White zone은 어떠한 제약도 존재하지 않는다. 스위스는 급격한 인구·경제 성장으로 거주지, 산업 및 기술, 교통, 관광기반시설 등이 상당부분 위험지역 내에 개발되었기 때문에, 위험이 높은 지역에는 구조적 대책 시행을 의무화하는 강력한 조치가 이뤄지고 있는 상황이다. 아울러 이미 위험지역에 위치한 거주지역의 위험을 관리할 수 있도록 조기경보 시스템, 피난지도 등 대책수단을 포함한 비상조치 계획을 수립하고 있다.

**표 2-6 스위스의 영향권 설정기준 및 대책수단**

영향권 구분 및 설정기준		대책 수단
Red zone(상당한 위험이 우려되는 지역)		금지 지역(prohibited area)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사람이 건물 밖과 안에서 위험한 정도</li> <li>• 급속한 건물 파괴 위험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발금지 및 건축활동 규제</li> <li>- 개발금지에 대한 범위를 지정</li> <li>- 현존하는 건물은 유지할 수 있지만 증축은 불가</li> </ul>
Blue zone(중간정도의 위험이 우려되는 지역)		규제 지역(restricted area)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사람이 건물 밖에서는 위험하나 건물 안에서는 위험하지 않은 정도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설은 허용하나, 제한적으로 규제 강화</li> <li>- 규제의 범위, 건축양식 등 제한</li> </ul>
Yellow zone(경미한 위험이 우려되는 지역)		경보 지역(warning area)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물 밖에서 작은 위험이 발생하나 생명이 위험받지 않은 정도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정 규제가 존재하지 않음(민감한 기반시설 제외)</li> <li>- 위험지역에 대한 경보 범위 내에서 사람들이 거주</li> </ul>
Yellow-white hatched (거의 위험하지 않은 정도)		경보 지역(warning area)
설정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잔여(잔류) 위험이 우려되는 지역</li> <li>• 갑작스러운 폭우시 위험한 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공공건물(병원, 학교 등)의 조성 불가</li> </ul>
White zone(아무런 영향이 없거나, 무시해도 될 정도의 위험이 발생하는 지역)		규제하지 않음(제약 없음)

출처: Loat(2010) 자료 저자 재정리

#### 4) 시사점

도시방재계획에 있어서 선도국가로 알려진 세 국가의 정책동향을 살펴본 결과, <표 2-7>과 같이 몇 가지 공통점이 눈에 띄게 발견되었다. 첫째, 개발계획 주체인 기초단체에게 방재계획 수립을 전적으로 맡겨 두지는 않고 있다. 국내의 경우, 지자체 스스로 도시계획 수립 시 재해취약성 분석을 실시하지만 상위 행정체계를 통해 그 결과의 타당성이나 도시계획 내 분석결과의 반영 여부를 체계적으로 검토하지 않는 점과 비교해 큰 차이가 있는 것이다. 둘째, 중앙정부에서 미리 지방정부에서 도시방재계획을 수립하는 데 필요한 방법론, 지침, 정보시스템 등의 기술기반을 확보하고 쉽게 접근할 수 있도록 하고 있다. 셋째, 재해에 대한 영향권을 명확히 설정할 수 있는 기준을 정하고 있으며 공간중심으로 대책수단의 필요성을 이해할 수 있도록 하고 있다.

무엇보다 지방정부가 도시계획에 방재측면을 엄격하게 고려하도록 법적으로든 또는

실무적으로든 이를 감시하기 위한 장치를 두고 있는 점을 알 수 있다. 일본에서 지자체 도시계획 담당자가 자체적으로 별도의 방재도시정비계획을 마련한 뒤 이를 지역방재계획과 도시계획마스터플랜에 연결시키도록 한다던지<sup>5)</sup>, 유럽에서 광역단체가 연방의 예산을 받아 방재계획을 작성한 뒤 기초단체의 대책이행을 의무화 시키는 규정은 같은 맥락으로 해석된다.

---

5) 일본의 지역방재계획과 도시계획마스터플랜은 각각 우리의 풍수해저감종합계획과 도시기본계획에 해당된다.

표 2-7 국외 도시방재 정책의 비교

구분	일본	프랑스	스위스
관련 법령	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (법) 국토교통성 도시국의 통지사항</li> <li>• (계획) 방재도시정비계획</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (법) 환경법(Code de l'environnement, Article)</li> <li>• (계획) 방재계획(PPR)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (법) 수공학 및 산림에 관한 연방법</li> <li>• (계획) 위험관리계획(risk management planning)</li> </ul>
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해에 강한 공간장비 및 재해 발생 시 피난이나 응급활동을 지원하는 공간장비를 도모를 위한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 홍수, 범람, 산사태, 지진, 산불, 화산폭발, 태풍 등의 자연재해를 사전에 예방하기 위한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연재해로부터 인간의 삶과 자산을 보호하고, 현존 및 미래 토지이용 및 생태계 보호를 위한</li> </ul>
수립절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상재해의 결정 → 상위·관련계획에 명시된 지 역과제나 기존 시책 조사 → 기본방침 작성 → 구체적 시책 마련 → 계획의 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계획 시행 승인 → 방재계획 구상 → 지자체 및 관련 조직 협의 → 최종 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해평가 → 방재목표 설정 → 방재대책 계획 수립 → 비상조치 계획 수립</li> </ul>
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토교통성 통지 및 지침을 기반으로 기초자치 단체에서 방재도시정비계획 수립</li> <li>• 도시방재와 관련된 기술적·제도적 기반 마련 (재해지도, 대책수단 등 전국적으로 구축 완료)</li> <li>• 도시단위는 주로 구조적대책, 지구단위는 비구 적대책 수단을 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본지침서 및 주요 재해별 계획수립 가이드라인 인 구축</li> <li>• 다양한 종류의 재해지도 마련: 과거 재해이력 지도, 위험지도, 취약성 지도, 영향권 지도</li> <li>• 영향권 설정: Red zone, Blue zone, White zone</li> <li>• 영향권별 대책수단 수립하며, 최근 비구조적 대 책수단에 우선권 부여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 재해별 계획수립 가이드라인인 구축</li> <li>• 계획 초기단계에서 재해에 대한 종합적 평가 실시</li> <li>• 다양한 세부계획 활용을 위해 재해지도 작성</li> <li>• 재해지표지도(hazard index map) 작성, 세기 지도(intensity map) 작성</li> <li>• 영향권 설정: Red zone, Blue zone, Yellow zone, White zone(Yellow-white hatched zone)</li> <li>• 구조적 대책수단 중시, 비상조치계획 수립</li> </ul>

### 3. 도시방재 관련 국내 정책 현황

본 연구에서 관심을 갖는 재해종류, 공간범위, 대책수단 등을 고려할 때 우리나라 도시침수 관련 도시방재 정책은 “도시계획 상의 도시방재”와 “자연재해관리 상의 도시방재”로 양분되어 있다고 볼 수 있다.<sup>6)</sup> 도시계획 중심의 정책은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의해 국토교통부에서, 자연재해 관리 중심의 정책은 자연재해대책법을 근간으로 국민안전처에서 각각 주관하고 있다. 각각에 대한 법제도 및 실무 현황은 다음과 같이 조사되었다.

#### 1) 도시계획 상의 도시방재

국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서는 크게 광역도시계획, 도시·군기본계획, 도시·군관리계획, 지구단위계획의 체계를 따라 국토교통부 및 지방자치단체(주로 도시계획과)가 도시방재 대책을 실천·반영하는 역할을 규정하고 있다.

광역도시계획은 부문별 계획에서 방재계획을 포함하도록 규정하고 있다.<sup>7)</sup> 여기서는, 광역계획권이 가지고 있는 방재 상 취약점을 분석하고 대책방안을 제시하도록 규정하고 있다. 또한 해안·하천·지천 등에 대한 방재기능의 확보방안과 친환경적 이용방안을 검토하고 있다. 상습적으로 재해가 발생하는 지역에 보전용도를 부여(기 개발용도 지정된 경우 대체 지정 방안 강구)하도록 하며, 저지대는 우수지로 지정하는 방안을 검토하도록 한다. 또한 방재사업에 투자의 높은 우선순위를 두도록 권고하고 있다.

도시·군기본계획은 방재 및 안전의 부문별 계획에서 방재계획을 수립하고 대책을 제시하도록 하고 있다.<sup>8)</sup> 방재계획 수립 시에는 시·군·구에서 작성한 풍수해저감종합계획을 충분히 고려하도록 강조하고 있다. 또한 기반시설 및 토지이용에 있어서 비상 시 피해 최소화를 위한 대책을 강구하고, 상습침수지역의 경우 우수지 및 녹지 확보 등과 같은 저류용량을 확보하는 예방대책을 수립할 것을 정하고 있다.

6) 유역 전반에 대한 하천 치수중심의 대책을 수립하는 유역종합치수계획은 제외

7) 광역도시계획수립지침(국토교통부지침 제642호, 2015.12.29. 일부개정) 제3장제4절 참고

8) 도시·군기본계획수립지침(국토교통부훈령 제569호, 2015.8.3., 타법개정) 제4장제10절 참고

매 5년 마다 도시공간의 활용방식 등을 정하는 도시·군관리계획의 경우, 용도지구계획 시 방재지구를 지정할 수 있으며, 경관 및 안전계획 분야 내에서는 방재계획을 수립토록 규정하고 있다. 도시·군관리계획수립지침 제3편제2장제6절에 따르면, 침수 등으로 재해 위험이 예상될 경우 예방대책을 마련하기 위해 자치단체장이 방재지구를 지정할 수 있으며, 만일 동일한 재해가 최근 10년 이내 2회 이상 발생하여 인명피해를 입은 지역으로 향후 동일한 재해로 상당한 피해가 우려되는 곳은 의무적으로 지정하여야 한다. 방재지구 의무지정 대상구역의 경계는 다양한 도시계획 수단을 강구할 수 있도록 피해지역을 둘러싼 충분한 면적을 확보하고, 대책 수립 시 인근 공원, 녹지, 학교, 공공청사 등 가용자원을 활용하도록 언급하고 있다.<sup>9)</sup> 도시·군관리계획수립지침의 제6편제2장제2절에서는 방재계획과 관련해, 도시·군기본계획에서 제시된 방재계획을 구체화하고 토지이용이나 기반시설의 안전을 확보할 수 있도록 실질적인 대책을 마련하도록 규정하고 있다. 특히, 재해에 취약한 지역과 장소를 조사한 뒤 <표 2-8>의 사항을 포함한 대책을 강구하도록 하고 있다.

**표 2-8** 현 도시·군관리계획(방재계획)에서 강조되는 내용

- 범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설의 충분한 확보
- 취약지대에 인구가 밀집되지 않도록 하는 토지이용계획 수립
- 자연배수, 우수지 확보 등의 저지대 대책 수립
- 수해상습지역의 운동장·공원 등 공공용지 확보를 통한 피해 최소화 방안
- 하천이나 강변도로 계획(재현기간 100년 권장)
- 하천복개 시 우수단면 확보 방안

지구단위계획에서는 계획구역 내 기반시설 설치 시 방재시설을 포함하도록 하도록 규정하고 있다.<sup>10)</sup> 여기서 도시침수와 관련된 방재시설에는 우수지와 방수설비에 한정하고 있다.

현행 도시계획 상의 도시방재 정책을 살펴보았을 때, 도시침수의 위험지역을 구체적으로 조사해 토지이용, 건축허가, 방재시설 등을 종합적·구체적으로 강구하고

9) 추가적으로, 방재지구가 지정되면 건축법 제11조(“상습적으로 침수되거나 침수가 우려되는 지역에 건축하려는 건축물에 대하여 지하층 등 일부 공간을 주거용으로 사용하거나 거실을 설치하는 것이 부적합하다고 인정되는 경우”에 해당)에 따라 건축위원회에서 건축허가를 하지 않을 수도 있다.

10) 지구단위계획수립지침(국토교통부훈령 제78호, 2016.12.8., 일부개정) 제4장제10절 참고할 것

대책수단을 최종적으로 확정하는 단계는 도시·군관리계획 단계에서 방재지구 지정과 방재계획을 통해 이뤄진다고 볼 수 있다.

## 2) 자연재해관리 상의 도시방재

자연재해대책법은 사전재해영향성검토, 자연재해위험개선지구 수립, 풍수해저감 종합계획 제도로 구분해 각종 방재대책을 마련토록 규정하고 있다. 이 법률에 따라 국민안전처와 지방자치단체(주로 안전총괄과)는 해당지역 방재목표를 설정하고 자연재해로 인한 위험을 관리하는 역할이 주어지고 있다.

자연재해대책법 제4조에 따라 사전재해영향성검토는 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발 사업으로 인한 재해유발 요인을 사전에 예측·분석하고 이에 대한 대책을 마련하는 것을 목적으로 한다. 개별 사업에 대한 재해영향 분석으로, 도시공간에 대한 계획과는 차이가 있으므로 도시방재 정책과는 다소 거리가 있다고 할 수 있다(옥진아·류근원, 2013. p.18).

자연재해대책법 제12조에 근거한 자연재해위험개선지구는 상습침수지역과 같이 지형여건 등으로 재해가 발생할 우려가 있는 곳을 의미한다. 도시계획상의 토지이용을 구분하는 지구의 성격이라기보다는, 정비사업을 강제하기 위한 장소로서의 성격을 지닌다. 즉, 지구지정이 이뤄지면 정비계획을 마련해 국민안전처에 보고하고, 국고보조를 통해 정비사업을 추진하며 이후 지구를 해제하는 절차를 따르는 것이다. 자연재해대책법 제12조제6항에서는 지구지정이 필요함에도 불구하고 시·군·구에서 이를 따르지 않을 경우 국민안전처나 광역단체가 지구지정을 권고할 수 있도록 하고 있으며, 이 경우 시·군·구는 특별한 사유가 없는 한 이를 따라야 하는 강제성이 부여되어 있다. 2011년과 2012년 폭우로 도시지역에 대규모 피해가 발생한 것을 계기로 자연재해대책법 제14조의3과 제15조가 전문개정 되었는데, 여기서는 시·군·구에서 정비사업을 시행하기 위해 토지 등의 수용·사용을 할 수 있도록 하고, 건축, 형질변경 등의 행위를 제한할 수 있도록 규정을 두고 있다.<sup>11)</sup>

11) 자연재해위험개선지구(침수위험지구)로 지정되어도 방재지구와 마찬가지로 건축법 제11조("상습적으로 침수되거나 침수가 우려되는 지역에 건축하려는 건축물에 대하여 지하층 등 일부 공간을 주거용으로 사용하거나 거실을 설치하는 것이 부적합하다고 인정되는 경우"에 해당)에 따라 건축위원회에서 건축허가를 하지

자연재해 관리차원에서 재해 위험지역을 분석하고 대책을 마련하여 중장기 계획을 수립하는 것은 자연재해대책법 제16조의 풍수해저감종합계획을 통해 이루어진다고 볼 수 있다. 풍수해저감종합계획은 시·군·구별로, 그리고 시·도별로 풍수해의 예방 및 저감을 위해 매 5년 마다 수립하는 종합계획이며 국민안전처에서 이를 승인·확정하고 사업시행계획에 대해서 국고보조를 지원하도록 규정되어 있다. 자연재해대책법 시행령 제3조에 따라, 종합계획은 <표 2-9>의 사항을 포함하도록 하고 있다.

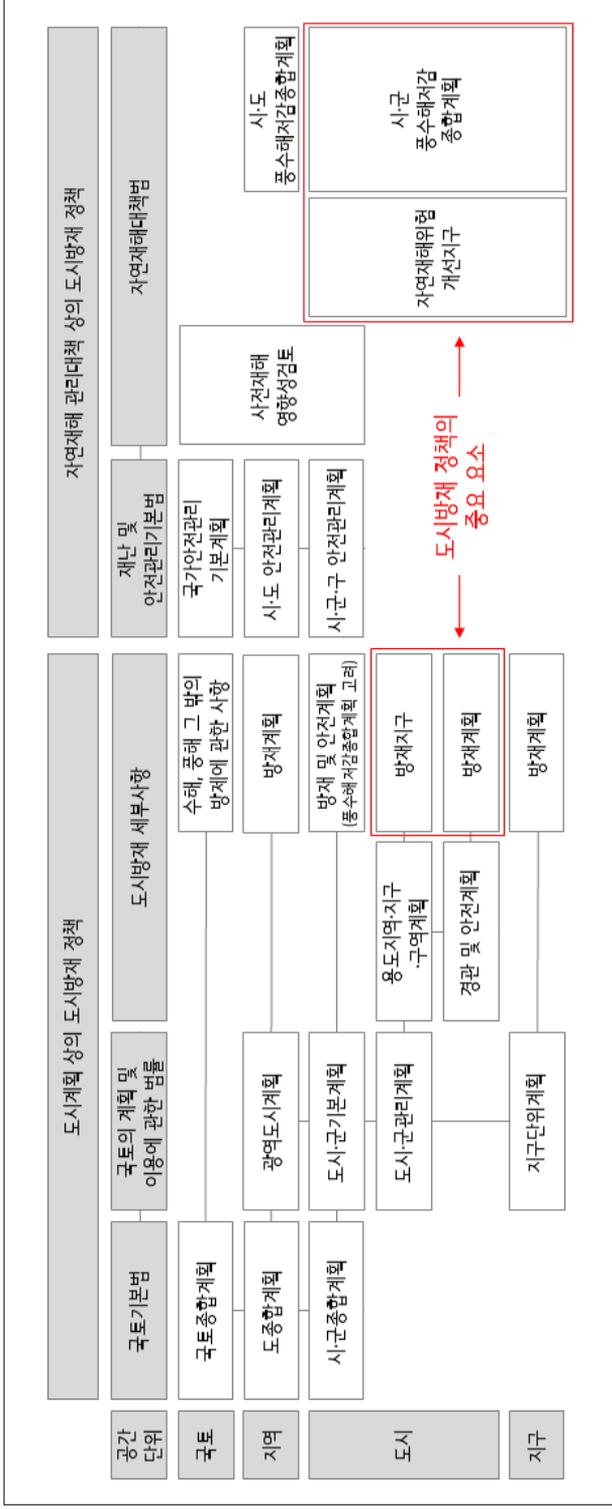
**표 2-9 현 풍수해저감종합계획에서 강조되는 내용**

- 지역적 특성 및 계획의 방향·목표에 관한 사항
- 유역, 하천, 기상, 방재시설 등 재해발생 현황 및 위험요인 실태에 관한 사항
- 풍수해 재해복구사업의 평가·분석에 관한 사항
- 지역별, 시설별 풍수해 위험 분석에 관한 사항
- 법 제18조의 지구단위 홍수방어기준을 적용한 저감대책에 관한 사항
- 풍수해 저감을 위한 자연재해위험개선지구 지정 및 정비에 관한 사항
- 풍수해 예방 및 저감을 위한 종합대책 등에 관한 사항
- 풍수해저감종합계획 세부 수립기준에서 정하는 사항

자연재해대책법 제16조제6항에서는 풍수해저감종합계획과 도시계획 간의 연계에 대해서도 언급하고 있는데, 각 자치단체의 재난관리 담당부서(안전총괄과)에서 풍수해저감종합계획을 마련한 뒤 도시계획 담당부서(도시계획과)가 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획을 수립 또는 변경하는 경우 시·군 종합계획 및 시·도 종합계획을 반영하도록 규정을 두고 있다. 국토교통부, 국민안전처 두 부처에서 각각 관할하는 도시방재 관련 법률의 위계를 비교하면 <그림 2-10>과 같이 나타낼 수 있다.

않을 수도 있다. 아울러, 건축법 제49조에 따라 국가·지방자치단체 또는 공공기관이 건축하는 건축물은 침수 방지 및 방수를 위해 건축물의 1층 전체를 필로티 구조로 하고, 침수 방지시설을 의무적으로 설치해야 한다.

그림 2-10 국내 도시방재 관련 법률



### 3) 현 도시방재계획 수립현황

국토교통부와 국민안전처 부처에서 각기 관할하는 두 법률의 규정을 살펴보았을 때, 도시방재 정책은 상당히 중복되어 있으며 부처 간의 역할 또한 명확히 구분되어 있지 않고 있다. 두 법률의 도시방재 정책은 자치단체의 자율적인 계획과 사업에 의존하고 있음에도 불구하고, 자치단체의 각 부서에 포함된 사무범위를 넘어서는 역할을 규정하고 있어 실무자간의 혼란을 발생시킬 수 있기 때문이다. 그 결과 지방자치단체의 도시방재와 관련되어 수립되는 계획(도시관리계획의 방재계획과 풍수해저감종합계획)은 다음과 같은 문제점이 있는 것으로 지적되고 있다.

첫째, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의해 수립되는 도시방재계획은 철저한 분석과 구체적인 대책 마련이 이뤄지지 못하고 있다(옥진아·류근원, 2013. p.28). 지역의 재해특성, 입지, 공간범위를 충분히 조사·반영하지 않으며, 지구지정 및 계획수립에 있어서도 위험도 조사를 토대로 대책을 수립하기보다는 지침에 나타나 있는 기본원칙 수준의 획일적 방재계획이 마련되는 경향이 있다. 풍수해저감종합계획에 포함된 재해정보 조차 방재계획에 충실히 반영되지 않고 있다.

둘째, 풍수해저감종합계획 또한 도시계획을 검토하고는 있으나, 결정된 도시계획에 필요한 방재시설 설치 위주로 대책을 제시하고 있다(문채, 2012. p.170). 이는 재난관리 담당부서의 고유사무를 중심으로, 지역별 방재성능목표 설정, 방재시설에 대한 방재성능 평가 등 주로 시설물을 통한 재해의 방지 또는 방어를 위한 계획을 수립하는 데 초점을 두고 있기 때문이다. 자연재해위험개선지구 또한 위험범위를 설정한 뒤 지원 사업으로 해제하는 데 관심을 두고 있으므로 배수펌프장 설치 등 사업 추진이 비교적 용이한 지역과 대책수단이 중시될 수밖에 없는 상황이다. 자연재해대책법 규정과는 별개로, 담당부서 고유사무가 서로 다른 상황에서 타 부서 계획을 고려하거나 침범하는 데 현실적인 어려움이 상존하는 것이 원인이라 판단된다.<sup>12)</sup>

셋째, 재해예방형 도시계획을 위해 필요한 정보는 현재 풍수해저감종합계획을 통해 구할 수도 없고, 도시계획 담당부서에서 직접 마련하기에도 높은 수준의 기술역량을 갖추어야 하는 어려움 또한 제기되었다. 매우 포괄적인 가치를 수용해야 하는

12) 제3장에 포함된 설문조사 결과 참고

도시계획 특성상 담당부서에서 도시침수와 관련된 공간정보 또한 형식(축척, 공간 영역 등), 분석내용(공간구획화), 대책수단(공간특성별 대책의 입지·배치, 의견수렴 방식 등)에서 환경, 생태 등 타 분야 도시계획과 조화를 이뤄야 하는 어려움이 있다.

넷째, 위의 한계로 인해 시·군 도시계획에서는 사전절차로서 재해취약성분석을 수행하지만, 방재지구를 지정하거나 방재계획을 제시할 때 재해위험에 대한 공간적인 이해를 갖추거나 현장에 적합한 종합계획을 체계적으로 발굴하지 못하는 상황이다. 실행력 있는 대책을 발굴하고 추진하지 못하는 이유에 대해 오히려 도시계획의 사전 기초자료 조사에 해당되는 재해취약성 분석 결과의 정확성을 문제로 지적하고 있다.

CHAPTER 3

# 도시침수 예방대책 지원시스템 구축 방안

01 용어의 기본개념	49
02 시스템 개발·활용의 수요 파악	55
03 시스템의 기능 정의	64
04 시스템 개념설계	85



# 도시침수 예방대책 지원시스템 구축 방안

제3장은 총 3년의 연구를 통해 도시방재계획의 실무지원을 위한 시스템 구축 방안을 설명하였다. 먼저 방재분야 관련 이론을 바탕으로 시스템을 구축하는 데 활용되는 도시침수, 위험도, 영향권, 중점관리대상지 등의 용어에 대한 개념을 본 연구 목적에 맞춰 정의하였다. 유관부처의 업무협의회, 자문회의, 설문조사를 실시한 뒤 시스템의 개발·활용의 수요를 목적, 기술, 관리·정책 차원으로 구분해 구체적으로 명시하였다. 또한 해외 시스템의 운영사례를 조사·분석하였고, 이를 참고로 시스템 수요를 충족시키기 위해 시스템이 갖추어야 할 기능을 체계적으로 도출하였다. 끝으로 사용자 친화적으로 시스템 기능을 구현하기 위해 시스템의 개념설계를 실시하였다. 이를 위해, 적절한 운영체계를 검토하였으며, 이어서 시스템 구조, 화면시안 설계, DB설계 등을 진행하였다.

## 1. 용어의 기본개념

### 1) 도시침수

도시침수(urban flooding)는 집중호우에 의해 발생하는 자연재해로 발생장소, 원인, 결과로 구분해 구체화된 홍수의 한 종류로 다음과 같이 정의할 수 있다(Dasgupta 외, 2015; EU 6차FP FLOODsite 사업단<sup>1)</sup>). 우선, 도시침수의 발생장소에 대한 특성을 살펴보면, 일반적으로 도시지역(urban area) 또는 인공적으로 조성한 공간(built environment)이라 할 수 있다. 하지만 협의에서의 도시침수라고 할 때에는 도시지역 내 인구밀집지역을 지칭하며 토지피복상 투수능력 부족으로 발생하는 침수특성을 갖고 있다. 본 연구는 도시침수에 대한 공간분석에 관심을 두고 있기 때문에 도시지역에 대한 객관적인 기준이 필요하다. 이에 주거·지역, 공업지역, 상업지역, 위락시설지역, 교통지역, 공공시설지역을 포괄한 토지피복상의 시가화 지역으로 간주하기로 하였다.

1) <http://www.floodsite.net/> ('16년 8월 7일 검색)

도시침수의 발생원인에 대한 특성을 살펴보면, 도시침수는 집중호우에 의해 촉발되지만, 이 보다는 배수의 어려움으로 인해 배수시설 용량부족을 주요 원인으로 간주된다. 이러한 배수시설에는 하수관거, 펌프장 외에도 인공수로, 자연하천 등의 통수용량을 함께 고려하기도 한다. 고려한 배수시설을 토대로 원인을 내·외수로 구분할 수 있다. 즉, 노면에 내린 강우의 하수관거로의 유입지연과 저지대 적체현상(surcharge), 관거 이송용량 부족으로 인한 배수 지체현상(overloading), 하천수위 증가에 의한 관거 역류현상(backwater) 등 도시공간 내부문제(내수)와 함께, 인근 하천유량이 통수용량을 넘어 발생하는 범람인 도시공간 외부문제(외수)로 나눌 수 있다.

도시침수의 발생결과에 대한 특성 또한 타 자연재해와 차이가 있다. 도시침수는 범람·적체된 유량이 일정기간 인위적인 공간을 침범함으로 인해 토지, 자산, 지하 시설물, 도로 등이 물에 잠겨 공적·사적 재산피해와 주민생활·경제활동에 큰 지장을 준다. 하지만 일반적으로 유량의 속도나 침수의 수위가 그리 높지 않아 인명피해는 그리 크지 않는 특징이 있다.

## 2) 도시침수의 위험도

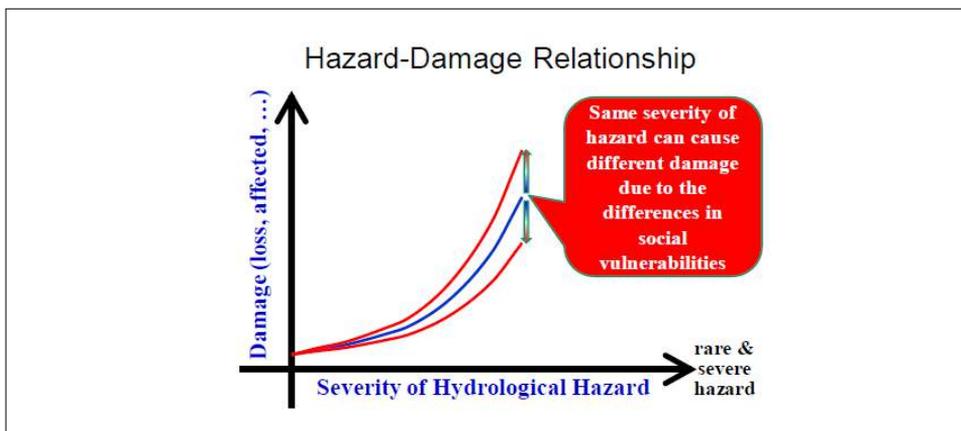
자연재해 위험도(risk)에 대해서는 국제적으로 합의된 용어를 활용할 수 있는데, 2009년 UN 재난관리사무소는 용어집을 발표해 위험도와 관련된 용어를 다음과 같이 정의하고 있다. 위험도는 특정공간에서 특정기간 동안 재해에 의해 초래될 수 있는 잠재적인 피해규모(potential disaster loss)라고 할 수 있으며, 이 위험도는 세 가지 차원, 즉, 재해특성(hazard), 노출특성(exposure), 취약성(vulnerability)의 요소에 의해 결정되는 것으로 정의하고 있다. 이 중 재해특성은 사회에 수용하기 힘든 극단적인 현상<sup>2)</sup>이 발생함으로 촉발된 위협(threat)인데, 이 위협의 크기는 세기, 심도, 발생속도, 지속시간, 영향면적 등 물리적 척도를 통해 표현할 수 있다. 노출특성은 자연재해와 사회시스템간의 근접성(proximity)이라고 할 수 있다. 즉, 발생한 재해로 인해 사회시스템이 공간적으로 얼마나 밀접하게 영향 받는 지를 의미하는 것으로, 재해에 영

2) 홍수, 가뭄, 지진 등이 발생하는 그 자체는 자연현상의 일부로 보나, 이러한 현상이 예를 들어, 재현기간이 20~30년 이상으로 사회시스템에 실제 위협이 되는 경우를 재해라고 부름. 따라서 사회시스템에 따라 재해에 대한 판단 기준도 차이가 있음

향을 받는 공간에 포함된 사람, 자산, 생산활동 등 객체의 수로 그 크기를 표현할 수 있다(Barredo 외, 2007, p. 13). 앞의 재해특성과 노출특성이 물리적인 차원에서 관찰 또는 평가할 수 있는 위험도의 구성요소라면, 취약성은 사회시스템의 내재된 속성이라 할 수 있다. 해당 지역에서 노출된 객체가 갖고 있는 피해 민감성으로 사회, 경제, 환경, 문화, 기술 등 관련 속성들을 총칭하는 개념이며, 피해 민감성의 크기는 재해특성 발생과는 무관하게 해당 공간이 가지고 있는 고유 속성으로 정의된다(Birkmann, 2007; Lee 외, 2015b; Lee and Vink, 2015).

O'keefe 외(1976)는 1940~1970년까지의 전 세계 많은 재난사례를 토대로 재해위험은 외부위험인 재해특성 보다는, 주로 노출특성이나 취약성과 같은 사회 시스템 그 자체에 의해 기인하는 점을 이미 1970년대에 발표한 바 있다. 하지만 이 사회 시스템에 대한 연구는 아직까지도 크게 관심을 받지 못하고 있는 상황이다. 이에 따라 UNESCO 8차 IHP 전략계획에서는 동일한 세기의 자연재해가 발생하더라도 취약성에 따라 피해 크기에 큰 차이가 발생한다는 점을 다시 한 번 환기하며, 재해특성-피해 관계를 통해 취약성의 구체적인 개념을 <그림 3-1>과 같이 정의하고 있다. 또한 위험도에 대해 보다 포괄적으로 접근해야 하며, 취약성의 개념적용이 방재분야 연구와 실무에 핵심이 되어야 함을 강조하고 있다.

**그림 3-1** 취약성에 따른 재해특성-피해 개념도

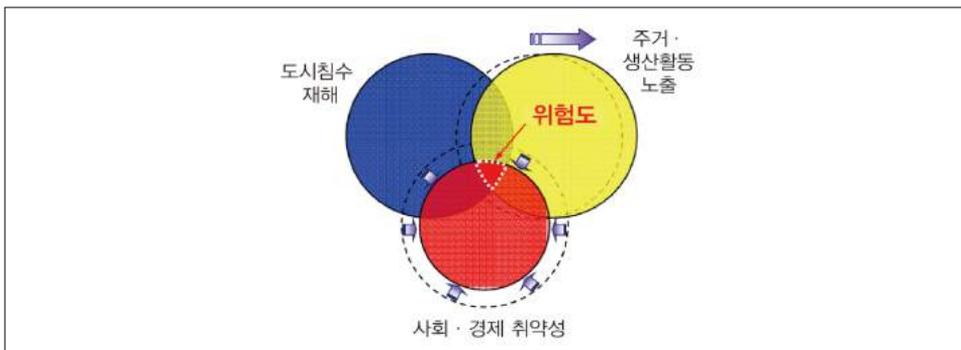


출처: UNESCO, 2013

UN 재난관리사무소 및 학술연구에서 제시한 자연재해 위험도 개념에 근거해, 본 연구에서 사용될 도시침수 위험도 개념을 다음과 같이 정의하였다. 우선 도시침수의 위험도는 방어능력을 초과하는 강우 조건에서 특정 공간에 침수로 발생할 수 있는 잠재적인 피해규모로 간주하였다. 위험도 구성요소 가운데, 재해특성은 해당 강우 조건에서 내수침수 또는 외수범람으로 인해 특정 공간에 발생하는 침수위로, 노출특성은 해당 강우 조건에서 특정 공간에 포함된 인구와 토지이용이 침수에 의해 노출된 정도로 정의하였다. 끝으로 도시침수의 취약성은 해당 공간 고유의 피해민감성으로서 침수영향을 받게 되는 객체의 구성(specification)에 의해 결정된다. 본 연구에서는 다양한 객체 가운데, 피해에 민감한 취약 건축물과 보호대상시설의 수에 초점을 두고자 하였다. 취약 건축물은 노후건축물과 지하건축물의 수로 파악하고, 보호대상시설에는 전기공급시설(발전, 변전 등), 가스공급설비(가스공급시설, 액화석유가스 충전시설 등), 공공청사, 종합의료시설, 수질오염방지시설(폐수종말처리시설), 폐기물처리시설, 지하시설 및 지하로 등과 같이 침수대책이 특별히 중요한 계획시설로 한정하였다.<sup>3)</sup>

<그림 3-2>는 위의 용어 정의를 토대로 도시침수 위험 저감을 위한 본 연구의 접근법을 도식화하고 있다. 즉, 재해특성(파란색 원)을 낮추는 데에 한계가 있기 때문에, 가능하면 사전에 침수가 발생하는 곳을 피하도록 토지이용계획을 마련하거나(노란색 원), 침수가 발생해도 피해가 크지 않도록 취약성(빨간색 원)을 줄이는 것을 의미한다.

**그림 3-2 도시침수 위험저감 개념도**



3) 뒤에서 살펴볼 샌다이 강령, SDGs 등에서 재난으로부터 보호하도록 강조된 시설을 고려하였고, 서울연구원 외 (2015)의 “폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼”과 국립방재교육연구원 (2010)의 “도시공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정 연구” 또한 참고하여 선정하였다.

### 3) 도시침수 영향권

영향권(spatial boundary of impact 또는 risk zone)은 도시침수와 관련해 경계(警戒)를 두기 위해 설정하는 공간범위로서, 본 연구에서는 EU 회원국가를 중심으로 활용되고 ISO 표준으로 반영된 개념을 적용키로 하였다. 유럽위원회에서는 2010년 “Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, SEC (2010) 1626”라는 제목으로 기술문건을 발표한 바 있다. 해당문건은 영향권 설정 시 재해특성 평가 결과를 이용해 공간구획화하는 방향을 제안하고 있으며, 표준은 아니지만 지침 수준에서 회원국 간에 일관성을 유지할 것을 권고하고 있다. 영향권은 영향의 크기(relative impact)와 발생 가능성(relative likelihood)의 두 기준에 따라 입체적으로 구획을 설정하는 방법을 개념적으로 제시하고 있다.<sup>4)</sup> 영향의 크기의 경우 침수위, 유속 등 재해특성의 구분, 발생 가능성의 경우 재현기간, 발생빈도 등의 구분을 의미한다. 또한 영향의 크기와 발생 가능성의 두 기준을 적용해 재해에 대한 영향을 매우 높음(very high), 높음(high), 중간(mediaum), 그리고 낮음(low)의 네 가지로 등급화하며, 이에 맞춰 각 영향권을 Red zone, Orange zone, Yellow zone, Green zone으로 각각 명명하고 있다.

앞에서 정의한 위험도 개념과 유럽위원회의 영향권 설정 관련 지침을 종합해, 본 연구는 영향권을 다음과 같이 정의하고자 하였다. 우선, 영향의 크기로는, 크지 않은 영향발생이 가능한 침수위인 50cm 이하(성인의 무릎 수준 이내), 상당한 영향발생이 가능한 침수위인 50~100cm 사이, 매우 심각한 영향이 가능한 침수위인 100cm 초과(성인의 허리 또는 아동의 신장 초과)의 세 가지로 구분하고자 하였다.<sup>5)</sup> 영향의 발생 가능성의 경우 방재시설 설계 등을 위한 일반적인 방어목표에 해당되는 재현기간 30년 강우조건과 전 세계적으로 권장되는 위험도 관리목표에 해당되는 재현기간 100년 강우조건의 두 가지로 구분하기로 하였다.<sup>6)</sup> 침수의 영향 크기나 발생가능성 각각의 기준을 이용하여, 도시침수 영향의 크기에 따라 Red zone, Orange zone, Yellow zone, Green zone의 네 등급으로 구획화된 공간을 본 연구에서는 영향권이라 명명한다.

4) 구체적인 내용은 제5장에서 자세히 소개하였다.

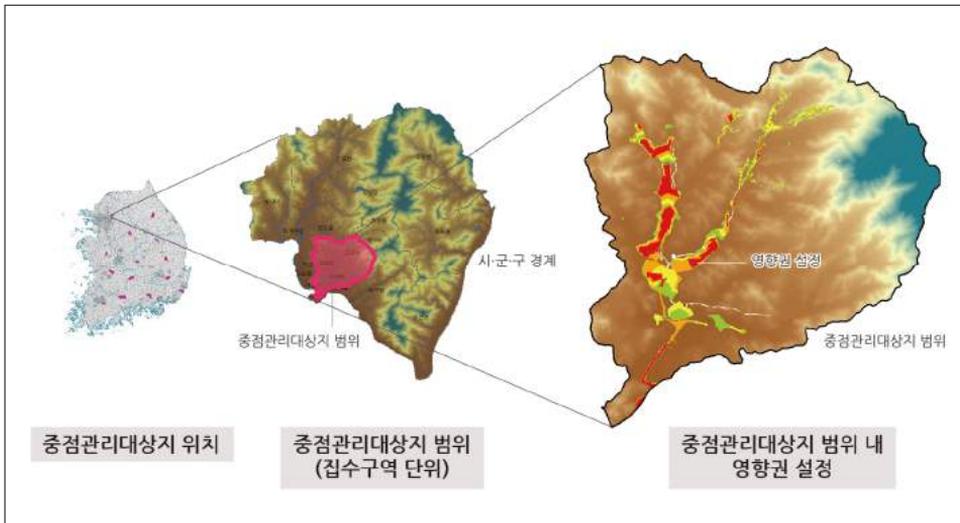
5) 영향의 크기에 대한 구분방식은 해외사례를 참고로 단순화 하였으며, 자세한 내용은 제2장을 참고할 것

6) 영향의 발생가능성에 대한 구분방식 또한 해외사례를 참고로 하였으며, 자세한 내용은 제2장을 참고할 것

#### 4) 중점관리대상지

중점관리대상지는 지자체 기술지원을 위해 본 연구에서 전략적으로 사용하는 개념으로, “도시침수 위험이 상대적으로 높아 국가차원에서 위험정보 생산, 도시계획 대책수단 발굴 등의 기술지원을 우선적으로 제공해 방재측면에서 실효성 있는 도시계획 수립을 유도하고자 하는 곳”으로 정의된다. 이 대상지는 도시계획의 공간범위를 포괄하고 도시침수의 체계적인 종합대책이 가능토록 관리대상지는 도시지역을 중심으로 빗물이 한곳에 모이는 범위, 즉, 집수구역 단위로 선정키로 하였다. 국가차원에서 대책이 시급한 지역을 최대한 객관적으로 선정함과 동시에, 전국적으로 세분화된 공간에 대한 침수기록 자료의 부족 문제를 해결하고자, 먼저 시·군·구 단위에서 피해가 큰 지자체를 선별한 뒤 해당 지자체 재해기록, 현장조사, 지형분석 등을 종합해 대상지 범위를 확정하는 전략을 취하고자 한다.<sup>7)</sup> 중점관리대상지와 영향권의 관계는 다음 <그림 3-3>과 같이 나타낼 수 있다.

그림 3-3 중점관리대상지와 영향권의 개념도



7) 구체적인 내용은 제4장에서 자세히 소개하였다.

## 2. 시스템 개발·활용의 수요 파악

### 1) 업무협의회·자문회의·설문조사 실시

#### (1) 유관부처 업무협의회<sup>8)</sup>를 통한 의견 수렴

협의회를 통해 지자체 기술지원 전략, 기술기반 구축 계획, 중점관리대상지 선정방식, 침수해석 및 위험도 평가 기술의 적용방법, 대책수립, 시스템의 운영방식 등 다양한 논의를 실시하였다. 특히, 회의를 통해 시스템 수요와 관련해 다음과 같은 의견을 수렴하였다.

도시방재정책이 재해예방형 도시계획이라 일컫는 도시계획 내 방재계획을 근간으로 하고 있어, 우선 도시·군관리계획 수립지침을 보완·개선하는 데에 도움이 되는 방향으로 시스템을 개발할 필요가 있음을 알 수 있었다. 이를 위해, 현재 지자체에서 자체적으로 진행하는 재해취약성 분석과 함께, 중앙정부 차원의 기술지원의 일환으로 동 시스템을 사용하는 방향을 제안하였으며, 시행령 등의 근거를 두는 방법은 분석기술 및 시스템 안정화와 시범사업을 수행한 이후 장기적으로 추진하기로 하였다.

시스템 구축 시 중점관리대상지를 포함하는 지자체를 명시하거나 침수해석 결과를 일반인에게 공개하는 데에 주의를 당부하였다. 또한 대상 지자체를 일방적으로 선정해서 발표하기 보다는 호우피해의 빈도와 피해액에 대한 기준만을 발표하고, 이 기준을 넘는 경우 해당 지자체와 협의를 거쳐 중점관리대상지의 공간범위를 결정하고 시스템을 통해 기술지원을 제공하는 방향이 적합한 것으로 논의되었다. 침수해석 및 위험도 평가 결과 또한 주민의 재산권 침해로 이어지지 않도록 시스템 운영 시 접근권한 제한 등의 적절한 정보 공개방식을 검토하기로 하였다.

재해취약성 분석 결과에 대한 담당자 설문조사 후 특정 지자체와 함께 시범사업을 추진하는 등 시스템 활용에 대한 구체적인 전략을 마련하기로 하였다. 특히, 국가적으로 침수위험이 높은 지역에 중앙-지방-연구기관이 역할을 분담해 해당 지자체에 집중적인 대책을 마련하는 데 활용하는 방안을 제안하였다.

8) '16년 6월 중 세종정부청사에서 국토교통부 담당부서와 국토연구원 국가도시방재연구센터 간의 업무협의회 실시

## (2) 전문가·실무자 자문회의 실시

지자체 담당자, 유관업체 종사자 등 현장의 수요자를 대상으로 자문회의<sup>9)</sup>를 실시하여, 시스템의 잠재적 사용자에게 희망하는 자료 제공범위, 기술지원 방법, 시스템의 활용방식 등 수요를 문의하였으며 다음과 같은 의견을 수렴하였다.

현재는 도시계획 단계에서 구체적인 방재계획을 마련하고자 하여도, 자료별 운영·관리 주체가 서로 상이하고 자료에 대한 접근이 어려우며 침수해석, 경계지역 범위 설정, 위험원인 조사 등 기술역량에 대한 한계가 매우 큰 것으로 파악되었다.

물론 방재계획 수립 시 풍수해저감종합계획을 전혀 고려하지 않는 것은 아니지만, 풍수해저감종합계획 자체가 위험지점을 정비사업을 통해 해소하는 데 초점을 두고 있음에 반해, 도시계획에서는 다소 넓은 공간범위의 위험을 분석한 뒤 방재지구를 지정하고 다양한 수단을 포함한 대책을 마련하는 데 관심이 있어 풍수해저감종합계획을 직접 활용하기 힘들다는 의견이 많았다. 게다가 지가하락 등의 문제가 발생되기 때문에 객관성이 담보된 근거 없이 방재지구를 지정할 수 없는 지자체 담당부서의 현실적인 입장을 확인할 수 있었다.

지자체나 설계회사가 방재지구 등 침수대책 마련이 필요한 곳의 범위를 자체적으로 설정하는 데 큰 부담이 있으며, 상위 행정부서나 전문기관에서 확실한 근거를 제공해주는 것이 중요함을 알 수 있었다. 만일 추후 전문기관에서 시스템을 통해 기초자료, 침수해석 결과, 위험원인 분석 결과, 방재대책 권고사항 등을 제공한다면 담당자와 설계회사에서 방재계획을 구체화시키는 데 발생하는 부담을 크게 줄일 수 있는 것으로 파악되었다. 아울러 보안문제 때문에 기초자료 공개가 힘들더라도, 수집된 자료를 가공개 시스템을 통해 보다 수요자 맞춤형으로 제공하는 방법도 검토하도록 요청받았다.

본 연구에서 국가적으로 집중관리가 필요한 지역을 ‘중점관리대상지’로 선정한 뒤 상세한 위험정보를 제공하는 방식을 염두하고 있는데, 대책이 불필요한 지자체에게 과도한 예산·행정낭비를 막고, 종합적인 대책이 시급한 지자체에 집중할 수 있어 좋은 전략이 될 수 있다는 의견을 확인할 수 있었다. 시스템을 구축·운영하게 되면 도시방재계획의 내용을 보다 구체화하고 행정부담과 절차를 줄일 수 있는 장점이 있기 때문

9) '16년 9월 중 국토연구원 회의실에서 지자체 담당자 및 도시계획 관련 엔지니어링 회사의 업무종사자를 대상으로 자문회의 실시

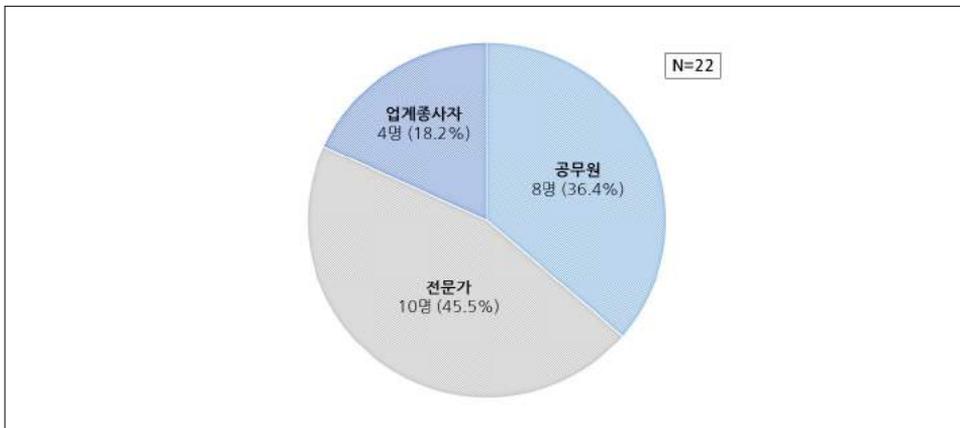
에, 관련 법령·지침을 개정할 수 있도록 심도 있는 정책연구도 수반되어야 한다는 의견도 제시되었다.

### (3) 설문조사 실시 결과

#### ① 설문조사 개요

전문가·실무자 자문회의를 통해 파악된 수요를 확인하고, 추가 요청사항을 수렴하기 위해 시스템의 잠재적인 사용자와 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 재해 예방형 도시계획 제도를 위해 국토연구원의 국가도시방재연구센터와 컨설팅, R&D사업, 전화문의, 업무협의, 자문회의 등 정보교류 경험이 있는 자 가운데 총 66명 무작위로 선별해 설문 대상자를 확정하였다. 국토연구원 온라인 설문조사 시스템(Cemms 2009)을<sup>10)</sup> 활용해 '16년 9월 12일에서 9월 30일의 기간 동안 실시하였다. 총 66명의 대상자 가운데 22명(응답률 33%)이 설문에 응답하였는데, 응답자는 공무원은 8명(36.4%), 전문가는 10명(45.5%), 업계종사자는 4명(18.2%)으로 구성된다(상대적으로 업계종사자에 대한 의견 반영이 부족).

그림 3-4 설문조사 응답자의 구성



10) <http://mailer.krihs.re.kr/>

## ② 설문조사 결과

- 도시침수 관련 기초자료 수집의 용이성(<그림 3-5(a)>와 <그림 3-5(b)>)  
응답이 대부분 ‘보통이다’에서 ‘매우 어렵다’ 사이인데, 자료를 내부적으로 축적해오고 있는 업계에 비해 전문가 그룹은 대부분 매우 어렵다고 응답하였다. 기초자료 수집이 어려운 원인에 대해서는 국토교통부(강우, 하천, 토지특성 등), 환경부(장래 강우전망, 하수도시설 등), 국민안전처(피해이력, 위험지구 등)로 자료운영주체가 상이하게 구분되어 있을 뿐만 아니라, 각 부처·부서에서 자료공개와 협조가 원활하지 않아 일반 전문가는 접근하기 힘들었던 것으로 이해되었다.
- 도시침수 기초자료, 해석결과 등의 자료를 일괄적으로 관리하고 제공할 필요(<그림 3-5(c)>)  
1건의 부정적인 응답을 제외하면, 자료의 일괄관리에 대한 필요성은 전반적으로 높은 수준으로 파악되었다.
- 도시계획에서 풍수해저감종합계획의 활용(<그림 3-5(d)>와 <그림 3-5(e)>)  
응답자의 80% 이상이 본인 업무를 위해 풍수해저감종합계획을 참고한 경험이 있었는데, 공무원, 전문가, 업계종사자 모두 해당 계획만으로 충분치 않은 것으로 답변하였다. 그 불충분한 이유에 대해서는, 도시방재계획을 위해 필수적인 토지이용, 계획시설, 규제대책 등의 정보를 구할 수 없다는 점을 공통적으로 지적하였으며, 특히 전문가들은 도시방재계획에서 필요한 재해지도, 근거자료 등을 풍수해저감종합계획으로부터 얻을 수 없었다고 답변하였다.
- 도시계획에서 풍수해저감종합계획을 충분히 반영하지 않는 이유(<그림 3-5(f)>)  
도시계획의 타 분야 계획과 충돌이 발생하기 때문이라는 응답이 다수였다. 그 밖에도, 풍수해저감종합계획의 기초자료 협조가 이뤄지지 않는 점, 도시계획에서 방재관련 전문성이 낮아 이를 활용하기 힘들며 불필요한 행정소비가 요구된다는 점, 도시계획에서 방재계획에 대해서는 구체적인 지침이 마련되어 있지 않은 점 등이 비슷한 비율로 답변되었다.
- 도시계획에서 구체적인 방재계획을 마련하기 위한 제도 개선사항(<그림 3-5(g)>)  
다수 응답자들이 국토계획법령 상 근거와 지침이 강화되어야 할 뿐만 아니라, 도

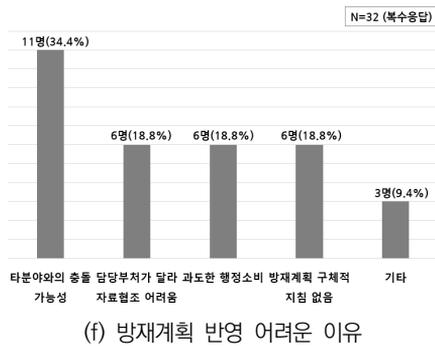
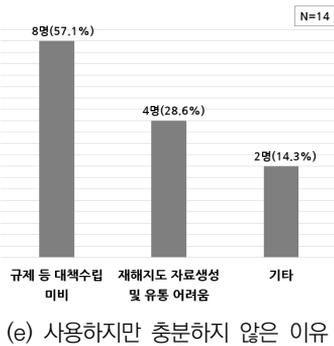
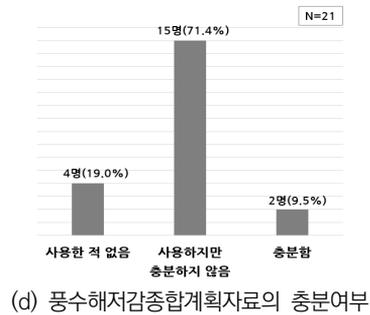
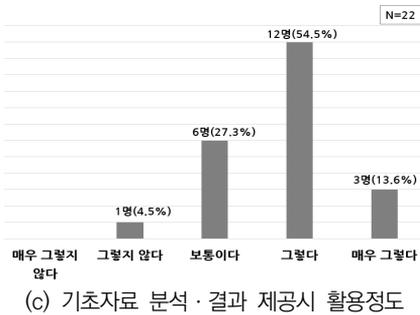
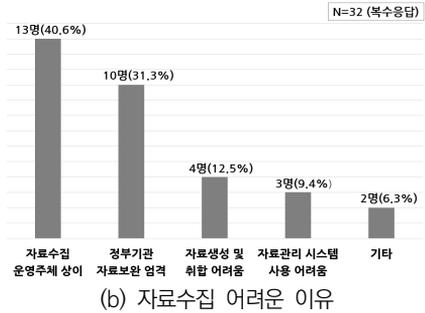
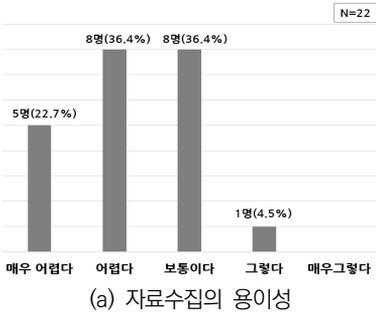
시·군관리계획 수립지침에서도 구체적인 사항과 절차가 마련되어야 한다고 답변하였다.

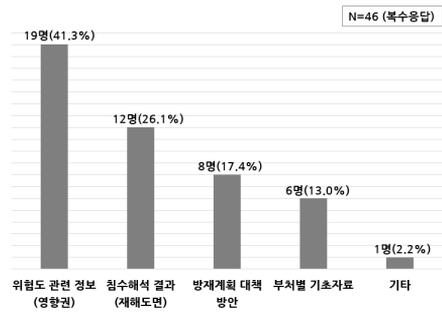
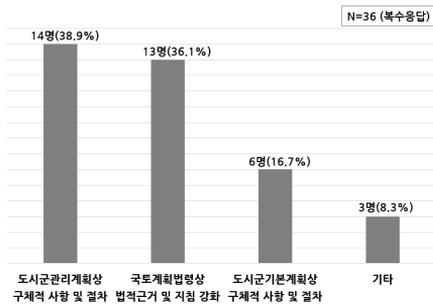
- 도시침수 관련 시스템 구축에 대한 전반적인 정보 니즈(<그림 3-5(h)>)  
전체적으로 다양한 정보를 구축하길 요청하였는데 그 중에서도 도시계획에 직접 활용할 수 있도록 영향권 설정, 위험원인조사 결과 등 위험정보에 대한 수요가 가장 높음을 확인할 수 있었다. 객관적인 근거를 가질 수 있도록 침수해석 결과와 방재계획 대책수단에 대한 수요 또한 높음을 알 수 있었다.
- 도시침수 관련 시스템 구축 시 기초자료의 세부적인 정보 니즈(<그림 3-5(i)>)  
시·군 등 행정구역별 재해이력, 침수흔적도 등을 체계적으로 활용할 수 있도록 통계, 도면 등으로 가공된 자료에 대한 수요가 매우 높았다. 풍수해저감종합계획, 중소하천 기본계획, 상황보고서의 쉬운 접근에 대한 수요 또한 높았으며, 강우정보, 수치지도, 하수관망도, 토지이용현황도 등 타 부처가 자체 유통망을 지닌 자료의 경우 수요가 그룹별로 크게 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 기초자료에 대해 파악한 정보 니즈를 종합할 때, 단순히 부처별로 발표하는 자료를 일괄 유통하는 것은 수요가 높지 않으며, 정책적으로 활용가능토록 이를 가공하여 지식·정보화 할 필요가 제기되었다.
- 도시침수 관련 시스템 구축에 대한 침수해석 자료의 세부적인 정보 니즈(<그림 3-5(j)>)  
방재계획을 위해 침수해석 모의 또는 침수위 등급화 자료에 대해서 응답자의 약 80%가 상당한 수준(매우 높거나 높은 수준)의 필요성·활용성을 인식하고 있었다.
- 도시침수 관련 시스템 구축에 대한 영향권 설정 및 위험원인조사 결과의 세부적인 정보 니즈 (<그림 3-5(k)>)  
방재계획에서 지구지정이나 대책수립의 범위를 조사하기 위해 영향권이 설정되어 있는 공간자료에 대해 응답자의 80% 이상이 높은 수준의 수요를 지니고 있는 것으로 확인되었다. 위험원인 조사 결과 또한 높은 수준의 응답률을 보이고 있는데, 위험원인에 맞게 대책을 수립해야 하기 때문인 것으로 해석되었다. 위험원인 조사 결과 중에서도 침수예상지역에 포함된 취약시설이나 토지이용 등 노출특성에 대

한 정보 수요가 매우 높은 것으로 확인되었다.

- 도시침수 관련 시스템 구축에 대한 대책수단 정보의 니즈 파악(<그림 3-5(1)>) 약 70%의 응답자들은 시스템을 통해 영향권 내 활용 가능한 대책수단에 대한 지식정보에 높은 수요를 지닌 것으로 파악되었다.

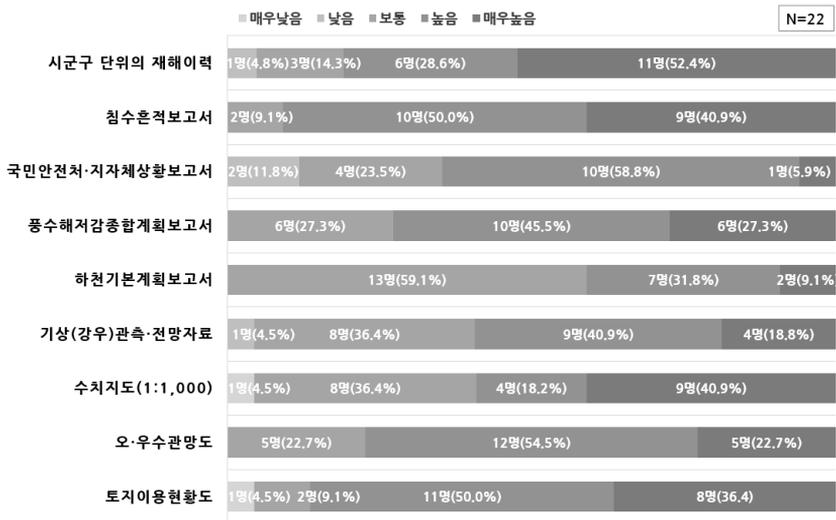
**그림 3-5 설문조사 결과**



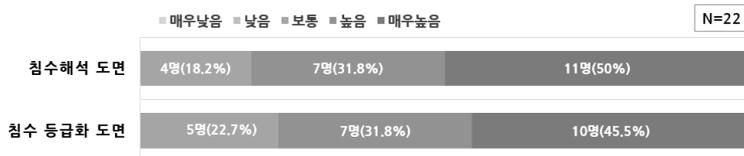


(g) 구체적인 방재계획 수립을 위해 필요한 사항

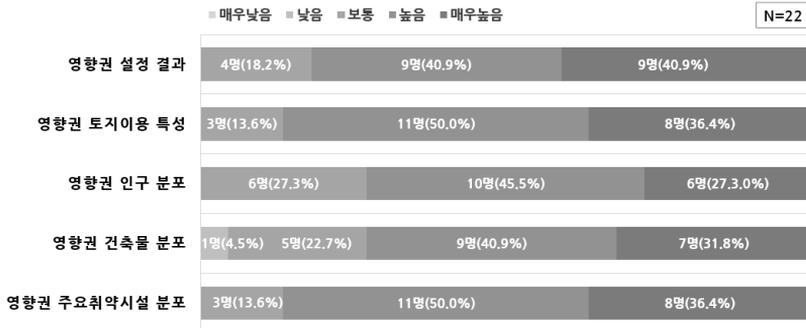
(h) 본 시스템에서 얻고자 하는 정보



(i) 업무수행 시, 기초자료의 필요성 및 활용성



(j) 업무수행 시, 침수해석 자료의 필요성 및 활용성



(k) 업무수행 시, 위험도 관련 자료의 필요성 및 활용성



(l) 업무수행 시, 방재대책 수단 자료의 필요성 및 활용성

### ③ 본 설문조사의 한계

메일링 서비스에 기초한 온라인 설문조사의 방법을 활용한 결과 설문 응답률이 30%로 낮게 나타나 다양한 의견을 충분히 수렴하지 못한 점이 한계라 할 수 있다.<sup>11)</sup> 이로 인해 공무원이나 전문가에 비해 업계 종사자의 의견 반영이 상대적으로 부족하였다.

11) 현재 국토연구원 설문조사 시스템(<http://mailer.krihs.re.kr>)의 접속 주소 내 'mail'이라는 단어가 포함되어 있어, 본인의 메일계정이 상용메일의 접속을 차단하고 있는 설문응답자의 경우, 설문조사 시스템에 접속할 수 없는 기술적인 문제가 발견되었다.

## 2) 시스템 구축·운영의 수요 정의

국내·외 정책동향 뿐만 아니라, 본 연구에서 실시한 업무협의회, 자문회의, 설문조사 결과를 종합적으로 검토하였을 때, 도시침수 위험관리를 위해 시스템의 구축·운영에 있어서 수요를 다음과 같이 정의할 수 있다.

### (1) 목적상의 수요

시스템은 재해예방형 도시계획의 실효성 제고를 위한 수단이 될 수 있도록 방재지구를 지정하고 방재계획을 마련하는 데 실질적으로 필요한 정보를 제공해야 한다.

### (2) 기술상의 수요

첫째, 기후변화 등 기상변화를 고려해 도시침수 위험이 높은 곳에 대한 공간상의 이해를 객관적으로 제공할 수 있어야 한다.

둘째, 도시침수로 인한 위험수준을 체감할 수 있는 방식으로 등급화하고 영향권의 범위를 설정해 토지의 활용·규제 등의 종합대책에 필요한 공간범위를 설정할 수 있어야 한다.

셋째, 영향권으로 설정된 고위험지역의 침수발생 원인, 토지이용·건축물·공공시설 등의 입지와 관련된 노출특성, 개발에 내재된 피해민감성 등의 위험원인을 객관적으로 규명하고, 위험원인에 맞게 중시되어야 할 대책수단에 대한 전문가 의견을 제공함으로써, 대책수단을 실무적으로 결정하는 데 근거를 제공할 수 있어야 한다.

넷째, 각 부처별·기관별로 생산되고 있는 각종 기초자료를 취합한 뒤 실무자, 전문가, 유관회사 등에서 쉽게 인식·활용 가능하도록 가공하고 접근성을 개선하며, 자료 수집이 용이하고 신뢰성이 검증되어 있으며 쉽게 확보할 수 있는 기술을 중심으로 조사 방법론의 프로토타입 개발해 기술역량을 지원할 수 있어야 한다.

### (3) 관리·정책상의 수요

첫째, 선택과 집중에 의한 효율적인 전략을 추진할 수 있도록, 국가차원에서 특별히

위험이 우려되는 곳을 중심으로 기술지원의 범위를 확대함으로써 지자체에게 기술적으로 과도한 부담을 줄여주되, 필수적인 대책에 대해서는 일정 수준의 추진·이행의 책임을 갖도록 해야 한다.

둘째, 정책적으로 방재분야에 대한 예산·계획의 중요성을 상시 환기시킬 수 있어야 한다. 이를 위해 주기적인 평가 보고서, 정책지도 등을 발표함으로써 정책결정자 또는 담당자에게 관심을 기울이게 하고 대책추진의 당위성을 이해하게 하며, 도시침수 위험 수준을 체계적으로 모니터링하기 위한 기반을 마련해야 한다.

### 3. 시스템의 기능 정의

본 절에서는 앞서 정의된 시스템 수요를 구현하기 위해 시스템이 갖추어야 할 기능을 검토하고자 하였다. 이를 위해 먼저 해외 유사목적의 지진 시스템 운영사례를 조사한 뒤, 본 연구에서 활용 가능한 시스템의 기능을 파악·도출하였다. 총 네 가지 시스템을 조사하였는데, 처음 두 가지 시스템은 국제 재난관리 전략 추진을 위해 UN기관의 지원 하에 구축·운영되고 있으며, 나머지 두 가지 시스템은 미국과 일본에서 방재분야의 각종 정책·계획을 지원하고 주민보호를 위해 오랜 기간 발전시켜 온 국가단위의 대표적인 방재시스템에 해당된다.

#### 1) 해외 시스템 운영사례 조사

##### (1) UNEP/GRID-Geneva의 지구위험도 자료플랫폼

###### ① 시스템의 개발 개요

UNEP/GRID-Geneva<sup>12)</sup>는 1998년 이후 PREVIEW(Project of Risk Evaluation, Vulnerability Indexing and Early Warning) 사업을 통해 자연재해에 대한 위험정보

---

12) UNEP/GRID-Geneva은 1985년에 설립된 UNEP의 환경정보센터로서 지구의 자원정보 데이터베이스(GRID)를 구축해 지구단위에서 환경정책을 위한 의사결정을 지원하고, 환경이나 각종 위협에 대한 조기경보 기능을 제공하는 기관이다.

관리 시스템의 초기버전을 개발한 바 있다. 이후 UNDP(BCPR, 2004)의 개발도상국 위험도 감소 전략보고서, UNISDR(2009; 2011; 2013; 2015)의 지구촌 위험도 평가 보고서, UNEP의 2008-2018 계속사업 등에 참여해 WMO, UNESCO 등 UN 산하 많은 기구와 외부 전문기관과 함께 PREVIEW 시스템을 지속적으로 업데이트 해오고 있다.

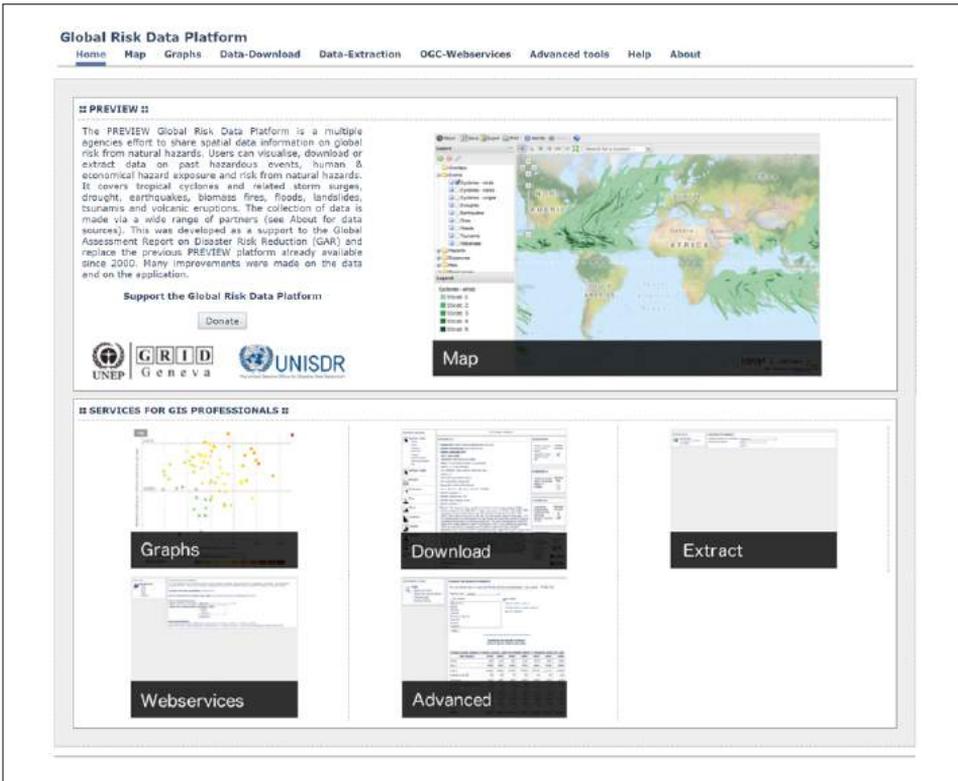
지난 몇 년간 MDGs나 SDGs<sup>13)</sup> 등 전 세계적인 개발 아젠다를 설정하고 국가별 전략 및 원조계획을 마련하는 시점에서, 지구촌 자연재해 감소를 위해 UN 회원국과 UN 시스템 내부의 정치경제적 동기를 제공하고자 기존 시스템을 지구위험도 자료플랫폼(Global Risk Data Platform)으로 발전시켜 오고 있다. 자료플랫폼의 자료 구축을 위해서 UN산하 전문가 그룹이 서로 역할을 분담하고 있으며, 2년마다 발표되는 UNISDR의 지구위험평가 보고서에 맞춰 자료 업데이트를 진행해오고 있다.

자료플랫폼은 각종 자연재해의 위험을 지구영역에서 격자단위로 평가한 뒤 이 정보를 다양한 사용자의 정책결정에 활용할 수 있도록 시각화하고 있다. 웹상에서 지도와 그래프 등 시각 정보를 보여줄 뿐만 아니라, 지리공간 정보의 표준양식에 맞춰 가공된 공간자료를 내려 받게 함으로써 사용자들이 자신의 GIS 도구로 자유롭게 이용·응용하도록 서비스를 제공하고 있다.

---

13) MDGs(Millennium Development Goals)는 밀레니엄개발목표를, SDGs(Sustainable Development Goals)는 지속가능한 개발목표를 각각 의미한다.

그림 3-6 지구위험도 자료플랫폼의 화면 구성



출처: <http://preview.grid.unep.ch/> ('16년 8월 7일 검색)

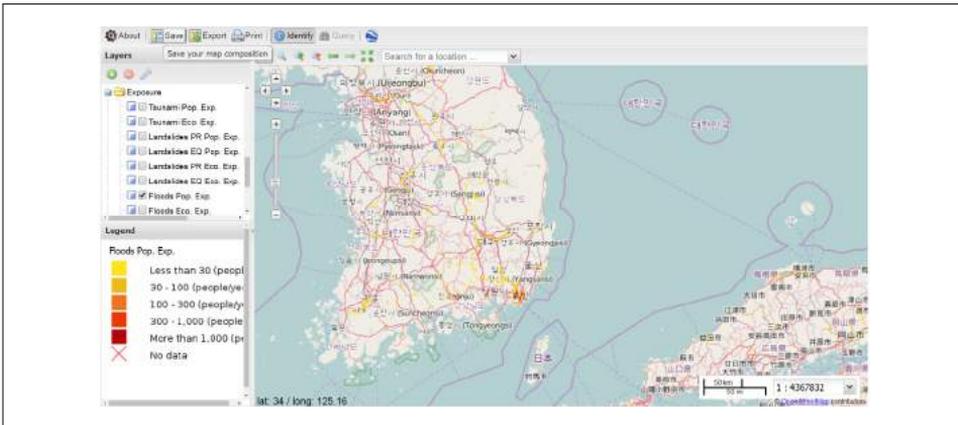
## ② 시스템의 정보 및 기능

공개되는 격자단위 공간정보는 사업에 참여한 각 전문기관에 의해 태풍, 폭풍해일, 가뭄, 지진, 화재, 홍수, 산사태, 쓰나미, 화산 등 각 자연재해별로 위험도 평가를 실시해 산정한 것으로, 크게 재해이력, 재해특성, 노출특성, 위험도의 네 가지 종류로 구분하고 있다.

재해이력 정보 가운데 홍수의 경우 콜로라도 대학의 다탘머스 홍수 관측소(Dartmouth Flood Observatory)에서 집계한 기록을 바탕으로 1997년에서 2007년까지 하천범람이 발생한 위치를 표시하고 있다. 재해특성 정보 가운데 홍수의 경우 재현 기간 25년, 50년, 100년, 200년, 500년, 1,000년 등 6가지 조건에서 하천범람에 의한 침수위 분석결과를 제공하고 있다. 또한 노출특성 정보로는 재해에 대한 인구 노출

과 생산액 노출을 구분하여 공개하고 있는데, 재해특성 자료를 각각 인구분포지도와 GDP지도와 중첩해 영향 받는 객체의 수를 산정한 것이다. 홍수의 경우 하천범람으로 침수가 발생한 위치에 대해 연평균 인구노출과 연평균 생산액 노출을 산정하였으며, 이때 미국 오를리지 연구실의 LandScan™의 인구지도와 세계은행의 GDP 전자지도가 사용되었다. 위험도 정보는 인간에 대한 위험과 경제적인 위험으로 구분해 공개하고 있다. 홍수의 경우 인간에 대한 위험도는 UNDP(BCPR, 2004)와의 연구에서 도출한 노출특성과 사망률 간의 회귀식을 통해 격자별 정보를 만들었으며, 경제적인 위험은 생산액 노출특성에 의해 연평균 손실액을 추정한 정보를 제공하고 있다.

**그림 3-7** 자료 플랫폼의 홍수로 인한 인구노출 정보



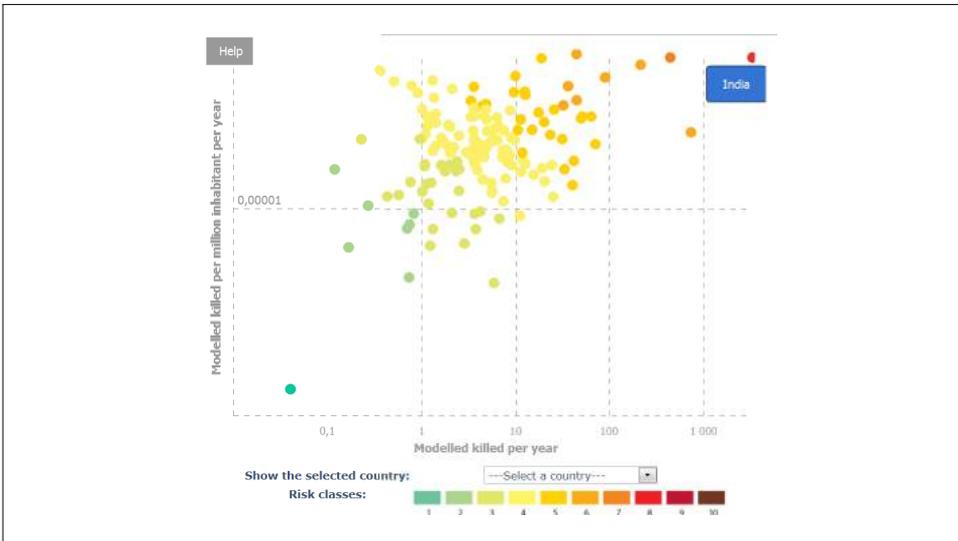
출처: <http://preview.grid.unep.ch/> ('16년 8월 7일 검색)

위와 같은 전자지도 외에도, 재해별로 각 국가의 상대적인 위험도 수준을 쉽게 파악할 수 있도록 그래프를 제공하고 있다. 홍수의 경우 위험도, 취약성 등의 국가별 순서를 <그림 3-8>과 같이 배치하고, 조회기능을 통해 해당 국가가 어느 수준인 지를 확인할 수 있게 도움을 주고 있다.

특징적인 점은, 공개된 자료가 갖는 정치적 민감성이나 분석의 정확성에 대한 우려가 있음에도 불구하고 특별한 권한제한 없이 기초자료를 공개하고 있다는 점이다. 지구단위 검증자료 수집의 어려움, 수치해석모형의 기술발전 부족, 현장의 취약성에 대한 복잡성 등 분석 정확도에 영향을 주는 요인이 많지만, 이러한 단점을 감추기 보다

는, 해당국가 담당자나 전문가 그룹에서 기초자료를 쉽게 접근하도록 하여 보다 정교한 후속연구를 수행케 하는 전략을 채택한 것이라 보인다.

**그림 3-8** 지구위험자료 플랫폼의 그래프 정보



출처: <http://preview.grid.unep.ch/> ('16년 8월 7일 검색)

## (2) 벨기에 재난역학연구센터의 EM-DAT

### ① 시스템의 개발 개요

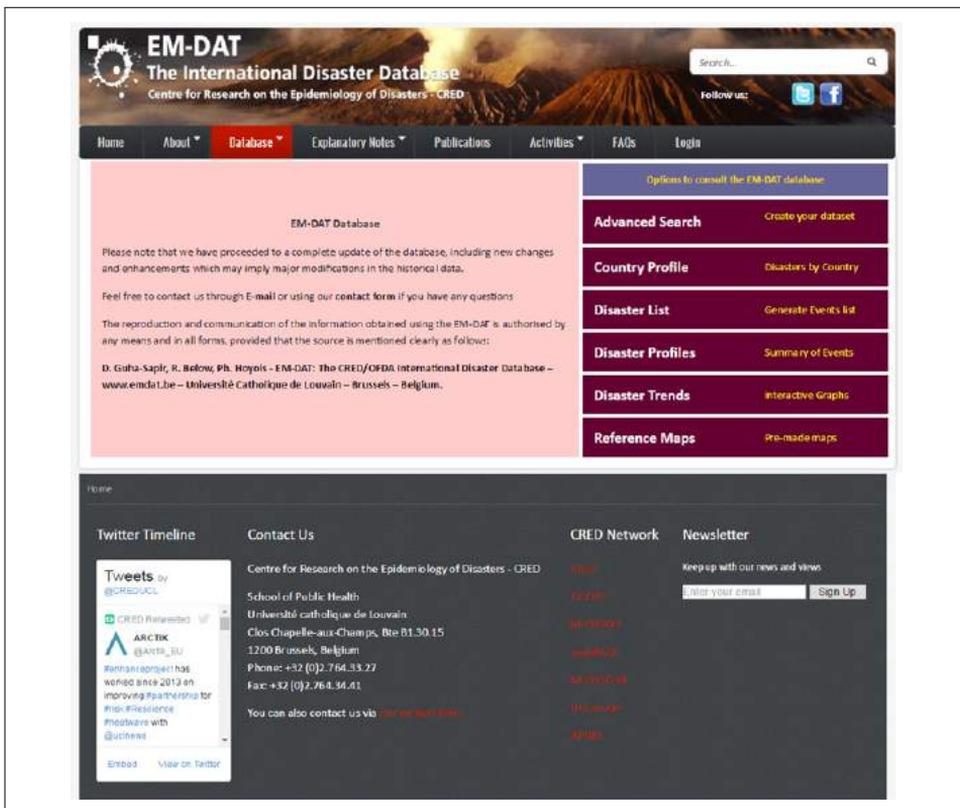
WHO와 벨기에 정부는 1988년부터 전 세계 재난으로 인한 비상사태의 이력자료를 루뱅 카톨릭 대학교(Université Catholique de Louvain)에 위치한 재난역학연구센터(Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)<sup>14</sup>에서 관리하도록 하였으며, 이를 위해 EM-DAT(emergency events database)라는 데이터베이스 중심의 온라인 시스템을 운영해오고 있다. 특히, 1990년대 UN의 국제 자연재난감소의 10개년 사업(International Decade for Natural Disaster Reduction) 동안 각종 프로그램에 참

14) 재난역학연구센터는 WHO의 협력센터로써 80년대부터 WHO 지구촌 응급대비 및 대응 프로그램을 추진하며 UN-DHA(United Nations Department of Humanitarian Affairs), 유럽연합의 인도주의사무소(European Union Humanitarian Office), 미국 국제개발처(United States Agency for International Development), 국제적십자연맹 등과 함께 정보 네트워크를 구축하고 있다.

여하여 본격적으로 자료 구축을 추진해오고 있다.

WHO와 벨기에 정부가 EM-DAT를 운영하는 이유는 재난피해 국가에 대한 국제적 또는 국가적 차원의 인도주의 대책을 지원하기 위함이다. 즉, EM-DAT를 통해 확보된 자료를 토대로 취약지역의 우선순위를 객관적으로 평가함으로써 재난대비와 관련된 국제원조 등을 올바르게 추진하게 하려는 개발배경을 가지고 있다. EM-DAT의 핵심 기능은 방대한 자료를 수집·집계·공개하고 자료의 분석결과를 공식적으로 발표하는 데에 있다. 이를 위해 1900년 초부터 현재에 이르기까지 전 세계적으로 발생한 2만2천 건 이상의 재난에 대한 상세정보를 축적하고 있다. 국가의 공식 재난통계 외에도 UN 산하 구호기관, 비정부단체, 보험회사, 연구보고서, 언론정보 등 다양한 자료원을 통해 이력자료를 마련하고 있다.

그림 3-9 CRED EM-DAT의 데이터베이스 화면 구성



출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

## ② 시스템의 정보 및 기능

EM-DAT는 수집된 재해이력을 단순히 집계하고, 열람하는 데 그 기능을 제한하기 보다는 정책적 활용을 높이고 관련 연구를 발전시키기 위해 부가적으로 몇 가지 기능을 갖추고 있다.

고급조회기능(advanced search)은 1900년에서 현재까지 특정 조건에 포함되는 재난에 대한 상세이력을 대륙, 국가 등 지역별로 검색할 수 있도록 하고 있다. 검색조건으로는 기간뿐만 아니라 재난의 종류를 선택할 수 있는데, 재난의 종류에는 자연적 재난, 사회적 재난, 복합적 재난 등의 대분류뿐만 아니라 매우 상세한 재난의 종류를 선택할 수 있다.<sup>15)</sup> 상세이력에 대해서는 연도별 발생횟수, 사망자수, 부상자수, 영향인구수, 이재민수, 피해액 등의 수치정보를 웹상 표출하고 기초자료를 텍스트 파일의 양식으로 내려 받을 수 있도록 구축되었다.

그림 3-10 EM-DAT의 고급조회기능

Year since	Occurrence	Total deaths	Injured	affected	Homeless	Total affected	Total damage ('900 \$)
1965	1	223	249	221000	23214	344050	36505
1966	1	95	85	131904	65630	197619	1500
1969	1	408	409	227264	0	227673	23400
1970	1	28	0	7000	0	7000	0
1972	2	747	829	801900	328000	1120329	72434
1977	2	315	1003	78000	0	78000	33000
1978	1	27	0	2000	0	2000	400
1984	1	186	187	350904	0	351171	163000
1987	1	90	0	0	154000	154000	22000
1990	1	127	27	169233	0	169260	38000
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>4637</b>	<b>2891</b>	<b>2529144</b>	<b>229968</b>	<b>3261963</b>	<b>2460879</b>

출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

국가별 프로파일 기능(country profile)은 선택된 국가와 재난종류에 대한 두 가지 요약정보를 보여주고 있다. 첫째로는, 역사상 최악의 재난에 대한 자세한 정보를 확인할 수 있는데, 즉, 사망자 수, 영향인구 수, 또는 경제피해 규모에 있어서 가장 심각한 10가지 재난의 재해유형, 발생일자, 피해크기를 보여주고 있다. 둘째로는, 각종 재해

15) 예로써, 홍수는 자연적 재난 하위의 수문학적 재난의 하나로 분류되는데, 홍수 또한 연안홍수, 돌발홍수, 하천홍수 등으로 세분류되어 있음

의 상세분류에 따라 재난통계를 확인할 수 있는데, 예를 들어, 하천범람의 경우 1900년 이후 재난발생 횟수와 사망자, 영향인구, 피해액 등의 수치정보가 웹상 표출되고 기초자료를 텍스트 파일의 양식으로 내려 받을 수 있도록 하고 있다.

그림 3-11 EM-DAT의 국가별 프로파일 기능



출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

재난리스트(disaster list) 기능은 선택된 국가의 재난피해의 상세정보를 원 자료의 형태로 열람할 수 있게 하고 있다. 기간, 국가, 재난종류를 선택하면 1900년 이후에 발생한 각 사상별로 발생일, 종료일, 발생위치, 상세 재해분류, 부차적으로 발생한 재난, 사망자, 영향인구, 피해액, 재난등록번호 등을 확인할 수 있다.

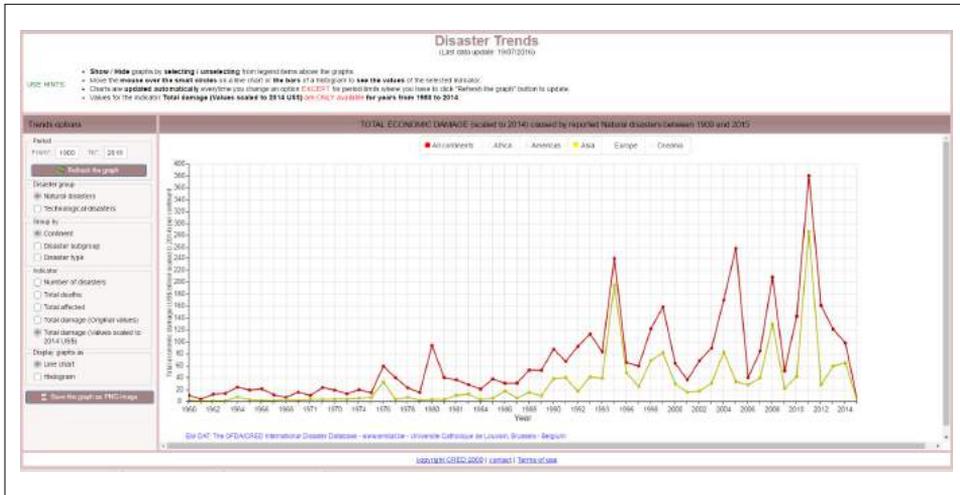
그림 3-12 EM-DAT의 재난리스트 기능



출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

재난추세(disaster trend) 기능은 재난관련 추세 그래프를 웹상에서 자동으로 그릴 수 있게 하는데, 사용자 필요에 맞게 기간, 재난종류, 발생위치, 피해양상 등의 조건을 선택할 수 있게 한다.

그림 3-13 EM-DAT의 재난추세 기능

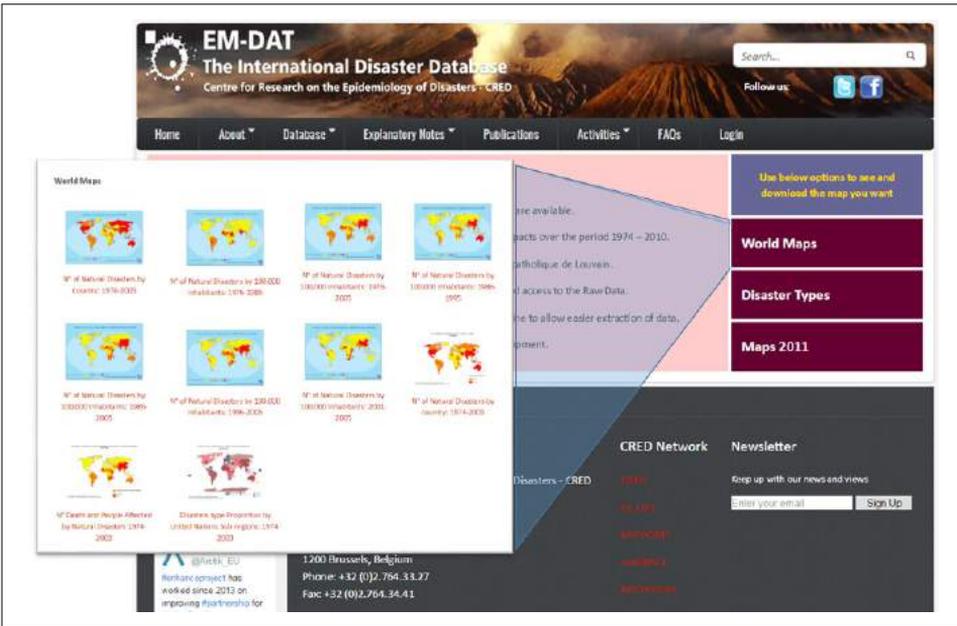


출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

EM-DAT는 비교적 충실한 자료를 확보하고 있는 1974년에서 2010년의 기간에 대해 국가단위의 세 가지 참조지도를 작성해 발표하고 있다. 세계지도(world map)는 재해의 대분류별로 각 국가의 발생횟수와 피해크기를 서로 비교할 수 있도록 개발되었고, 재난지도(disaster types)는 재해의 중분류별로 구분해 각 국가의 발생횟수를 보여 주고 있다. 아울러 지도 2011(map 2011)을 선택하면 특정년도의 자연재해 피해를 국가단위로 비교하는 지도를 작성해 배포하고 있다.

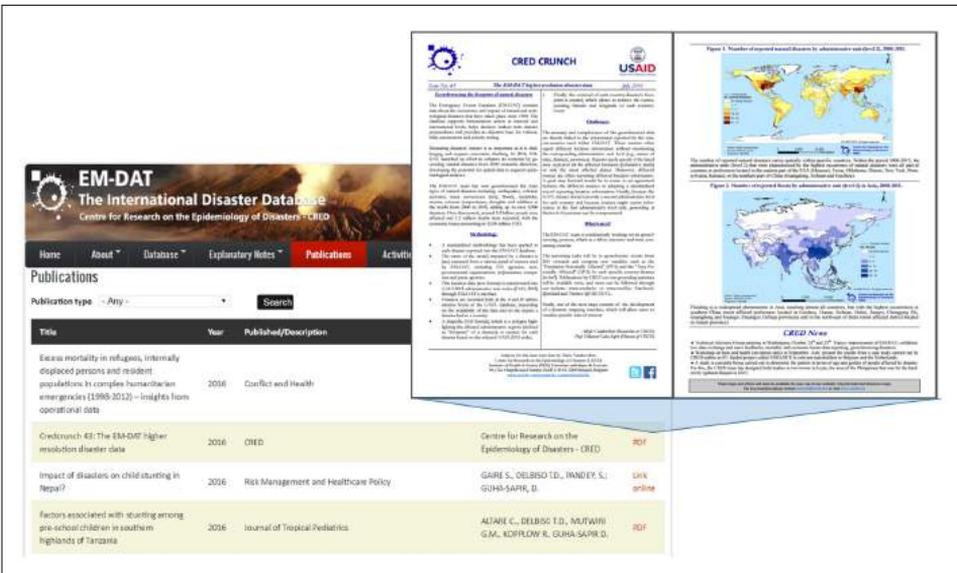
EM-DAT에는 별도로 웹 운영시스템에서는 해당기관의 공식 발간물을 공유하고 있다. 특징적인 점은, 취합된 재난기록의 핵심내용을 정리해 정책 브리프의 일종인 Crunch를 연중 다수 발간하고 있는 점이다. 여기에는 단순히 정책 제안적인 성격뿐만 아니라, 통계분석 방법론, 통계분석 업데이트 결과, 연간 재난발생 집계 결과, 특정지역의 재난이슈 등 정책·기술·실무적인 많은 분야를 다루고 있다.

그림 3-14 EM-DAT의 참조지도 발간



출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

그림 3-15 EM-DAT의 중요 발간물 공유



출처: <http://www.emdat.be/> ('16년 8월 7일 검색)

### (3) 미 연방재난관리청 홍수지도 서비스 센터

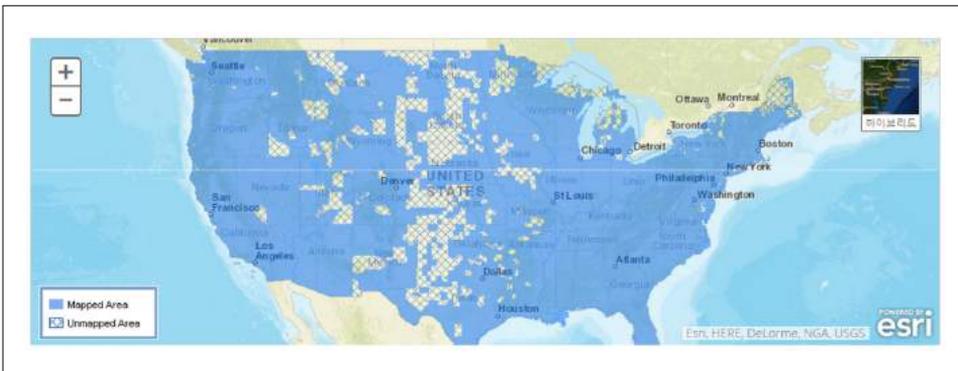
#### ① 시스템의 개발 개요

미국 국토안보부(Department of Homeland Security) 산하의 연방재난관리청(FEMA)은 웹 포털사이트를 운영하며 방재관련 방대한 정보를 제공하고 있는데, 그 중에서 홍수지도 서비스 센터(Flood Map Service Center)를 통해 국토의 침수위험에 대한 평가 결과를 공개하여 토지이용, 보험, 치수사업 등 다방면에 활용하도록 하고 있다. 홍수지도 서비스 센터는 홍수재해 정보에 대한 국가의 공식적인 자료원이며, 국가홍수보험 프로그램(national flood insurance program)에서도 기준으로 삼고 있다. 연방재난관리청은 이 포털사이트를 통해 홍수지도를 지속적으로 업데이트해오고 있으며, 누구나 관심지역의 홍수지도를 쉽게 내려 받도록 하고 있다.

#### ② 시스템의 정보 및 기능

홍수지도 서비스 센터의 포털사이트는 홍수지도의 열람, 홍수지도 결과물 및 기술 설명, 고객관리 등의 기능으로 구성된다. 여기서 제공하는 홍수지도는 1960년대 말 국가홍수보험프로그램 설립 이후 장기간 발전해 온 것으로, 미 전역에 걸쳐 홍수에 노출된 거주지나 상업지에 대해 상세한 지도제작이 대부분 완료되었다.

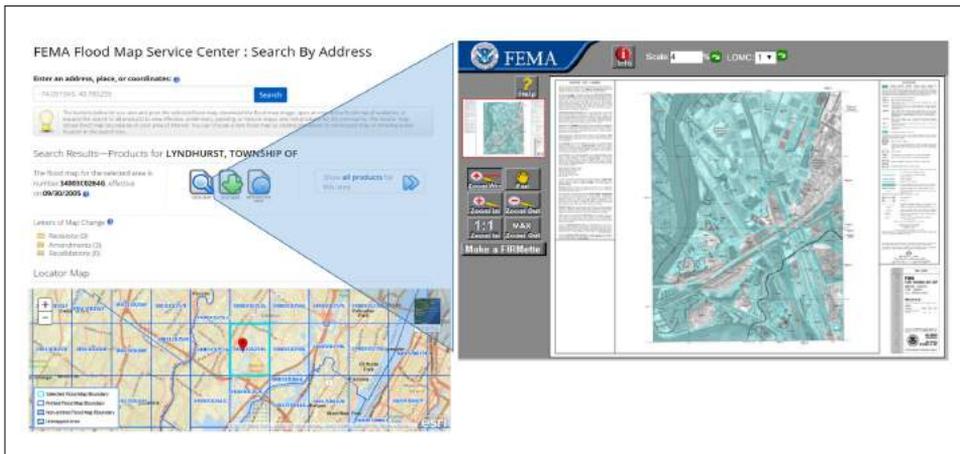
그림 3-16 연방재난관리청의 홍수지도 구축 현황



출처: <http://msc.fema.gov/portal> ('16년 8월 7일 검색)

홍수지도는 다음과 같이 두 가지 방식으로 열람할 수 있다. 첫 번째는 정확한 지도코드를 모르는 경우 주소 또는 위·경도 좌표를 입력하거나 도면에 선택함으로써 원하는 위치의 지도를 얻도록 하고 있다. 두 번째, 지도코드를 알고 있는 경우에는 직접 검색하여 해당위치에 대해 지금까지 개발된 모든 결과물을 열람할 수 있게 한다. 서비스 센터에서 제공하는 홍수지도는 여러 가지 정보를 압축시킨 것으로, 정부에서 100년 재현기간에 대해 공식적으로 지정하는 특별홍수재해지역(Special Flood Hazard Areas, SFHAs)의 구역범위와 함께 침수위, 치수대책 수립 여부 등을 도면 위에 상세히 표시하고 있다.

**그림 3-17** 서비스 센터의 홍수지도 열람



출처: <http://msc.fema.gov/portal> ('16년 8월 7일 검색)

센터에서 운영하는 포털사이트는 홍수지도 개발에 적용된 방법론에 대한 이해를 돕고 위험도 평가도구를 배포하기 위해 홍수지도 결과물 및 기술을 설명하는 기능(MSC Products and Tools)을 갖추고 있다. 여기서는 지진, 홍수, 자연재해에 의한 고위험지역 경계를 설정하고 잠재적 피해를 산정하기 위한 국가 표준 방법론인 HAZUS를 공개하고 있다.<sup>16)</sup>

16) HAZUS는 침수위 등 재해특성과 인구, 자산 등의 도시개발여건의 공간적 관계를 분석하기 위해 개발된 지리공간 정보시스템 기반의 도구이다.

#### (4) 일본 국토교통성의 재해지도 포털

##### ① 시스템의 개발 개요

일본은 1959년 9월 태풍 베라로 인해 홍수, 해일 등에 의해 5,000여명에 달하는 사망·실종자가 발생한 바 있고, 재해 발생 전에 분석된 홍수위험 예상지역과 실제 태풍 피해지역이 일치한 것을 계기로 1960년대부터 국가적으로 방재관련 지도제작 사업을 꾸준하게 진행시켜 오고 있다. 최근에는 축적된 많은 지도 자료의 접근·활용성을 높이기 위해, 국토교통성은 산하의 국토지리원과 함께 재해지도 포털 사이트(ハザードマップポータルサイト)를 운영해오고 있다. 지자체의 사전 방재대책 뿐만 아니라 재해 시 주민 피난에 도움을 제공하려는 목적으로, 2016년 6월에는 온라인 시스템을 본격적으로 개선시켰다.

그림 3-18 국토교통성 재해지도 포털 화면구성



출처: <http://disaportal.gsi.go.jp/> ('16년 8월 7일 검색)

## ② 시스템의 정보 및 기능

재해지도 포털사이트는 (i) 전 국토에 걸쳐 임의 지점의 자연재해 위험을 입체적으로 확인할 수 있도록 중첩 재해지도의 열람·공개, (ii) 중첩 재해지도를 이용해 지자체가 마련한 우리마을 재해지도<sup>17)</sup>의 열람·공개, (iii) 각종 지도의 활용방법, 재해지도의 상정기준, 홍보보로서, 지도 업데이트, 자료출처 등 각종 기술정보를 제공하는 세 가지 기능을 갖추고 있다.

중첩 재해지도에서 ‘중첩’은 자연재해의 관리에 필요한 공간정보를 한 화면에서 확인할 수 있다는 의미를 갖고 있다. 단순히 여러 종류의 재해지도를 동시에 볼 수 있을 뿐만 아니라, 방재 및 재난관리에 필요한 다양한 공간정보를 함께 비교·분석할 수 있도록 하고 있다.

중첩 재해지도는 홍수침수상정구역도, 해일침수상정구역도, 토사재해위험위치도, 토사재해경계구역도 등으로 구분해 <그림 3-19>와 같이 공개하고 있다. 이 중에서 홍수침수상정구역도<sup>18)</sup>는 각각 0.5m 미만, 0.5~1.0m, 1.0~2.0m, 2.0~3.0m, 3.0~4.0m, 4.0~5.0m, 5.0m 이상의 7가지 구분에 따라 침수지역을 등급화하여 표시하고 있다. 다양한 재해지도를 중첩시킴으로써, 예를 들어, 태풍이나 폭우 시 하천 범람과 산사태 등으로 특별히 주의가 필요한 지역에 대한 종합적·공간적 이해를 얻도록 하고 있다. 또한 재해지도는 포털시스템 상에서 도로침수가 상정된 곳<sup>19)</sup>, 재해가 발생할 때 통행규제하기로 사전에 결정된 구간<sup>20)</sup>, 그리고 구호·대피 등을 위한 긴급수송도로<sup>21)</sup> 위치 등의 방재정보를 <그림 3-20>과 같이 함께 확인할 수 있다.

17) 해당 시스템에서는 우리마을 재해지도라는 친근한 표현을 사용하고 있지만, 성격적으로 방재·대피 계획지도라 할 수 있다.

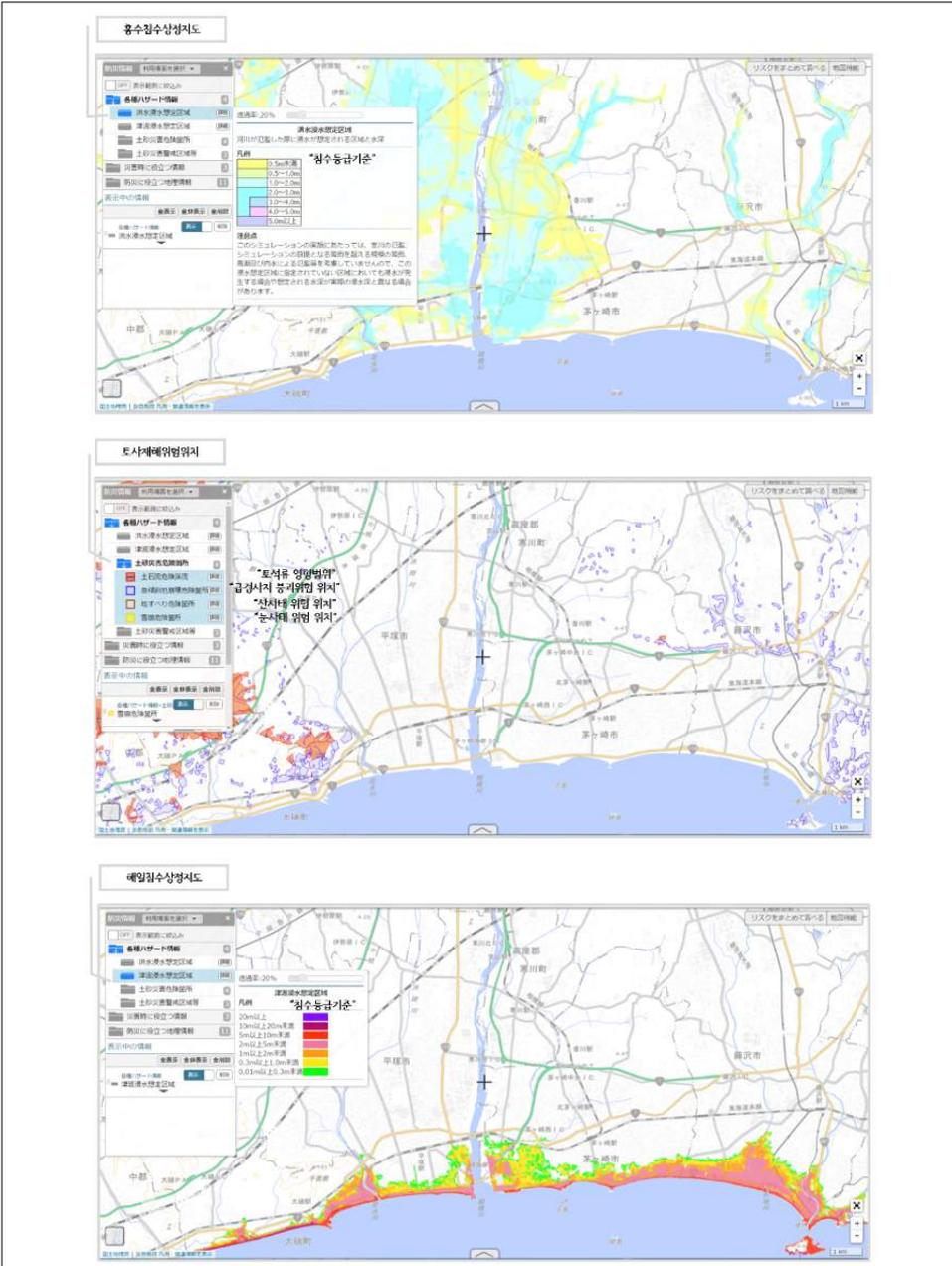
18) 홍수침수상정구역은 상정된 강우 조건에서의 하천범람 모의를 통해 마련된 것으로, 내수나 해일 영향을 고려하지 않았기 때문에 침수위가 실제와 다를 수 있다는 점을 명시하고 있다.

19) 도로침수상정은 호우에 의해 침수될 가능성이 있다고 지정된 도로를 의미한다.

20) 이를 사전통행규제구간이라고 하는 데, 과거기록을 토대로 호우 등으로 산사태, 낙석 등의 우려가 커 미리 “통행금지” 등 규제조치가 필요하다고 결정한 구간을 의미한다.

21) 긴급수송도로는 도·도·부·현 등에서 제1차에서 제3차로 구분해 지정한 것을 나타내고 있다.

그림 3-19 재해지도의 예시



출처: <http://disaportal.gsi.go.jp/> ('16년 8월 7일 검색)

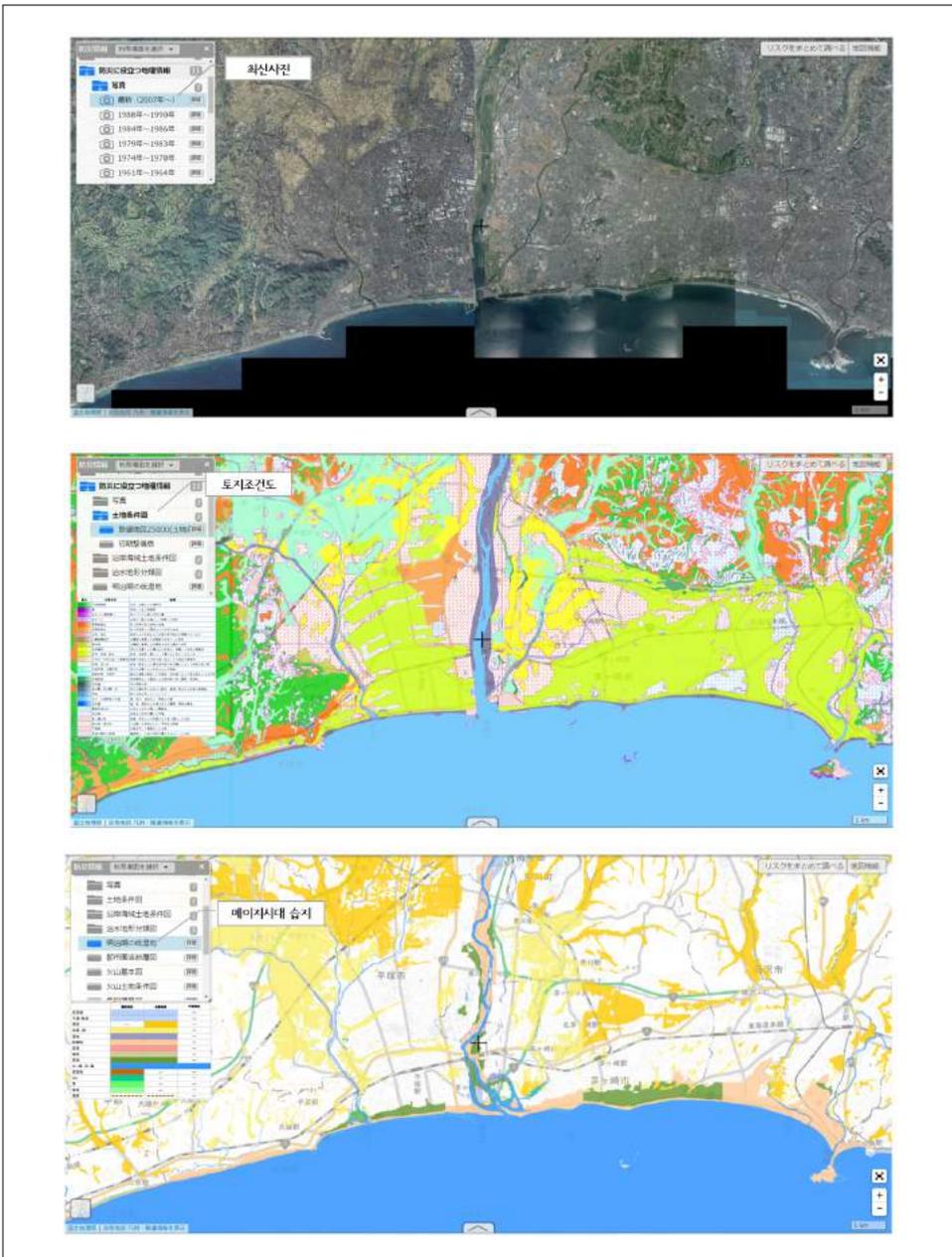
그림 3-20 재난관리를 위한 공간정보



출처: <http://disaportal.gsi.go.jp/> ('16년 8월 7일 검색)

추가적으로, 중첩 재해지도 위에서 다양한 공간정보를 동시에 확인하게 함으로써 지자체가 자체적으로 사전예방대책을 수립할 수 있도록 지원하고 있다. 특히, 1940년대에서 최근까지 항공 촬영된 전자국토 기본도를 고해상도로 제공하고 있어 건축물, 토지피복, 도로·인도 등의 정확한 식별을 가능케 하고 있다. 방재대책, 토지이용, 토지보전, 지역개발 등 각종 계획수립을 위해 1955년부터 개발해 온 토지조건도 가운데 2014년 12월에 발표된 '수치지도 25000 (토지조건)'을 제공하고 있는데, 산지, 구릉, 고원, 단구, 저지대 부, 매립지 등 지형특성에 대한 이해를 돕고 있다. 또한 1868년에서 1912까지의 메이지시대에 개발된 지도에서 습지(하천, 습지, 갈대 번식지 등 포함) 위치를 추출해 액상화 등 토지교란이 쉽게 발생하는 지역을 나타내고 있다. 그 밖에도 활단층, 화산, 성토 조성지, 연안해역 토지특성 등의 정보를 포함하고 있다.

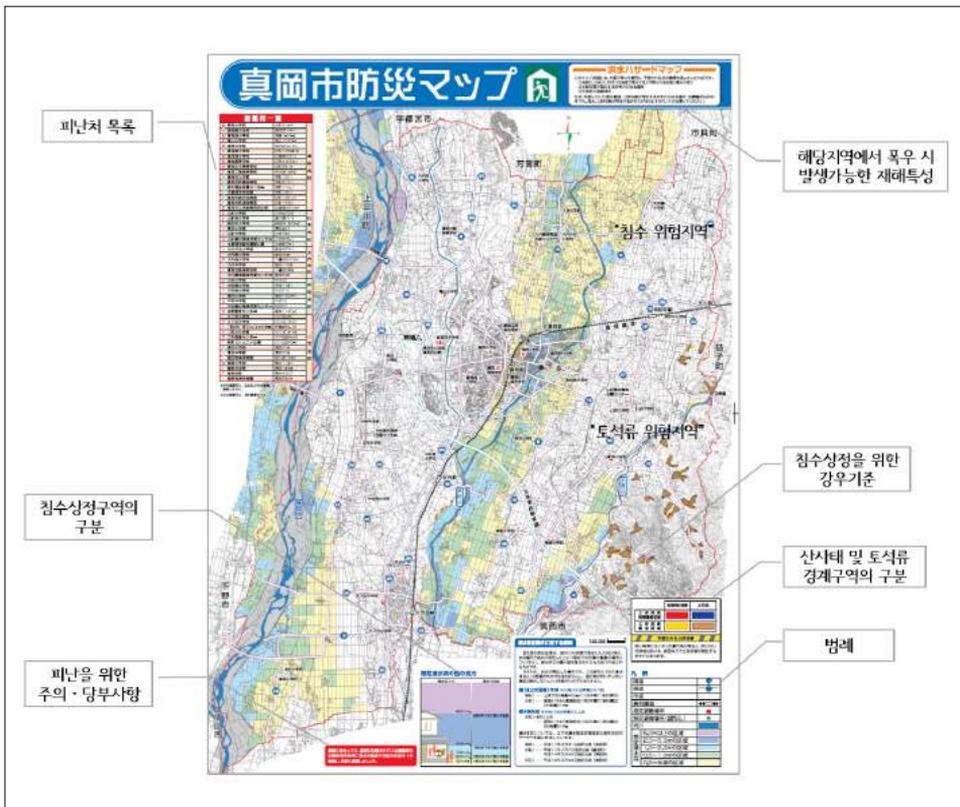
그림 3-21 사전대책수립을 위한 공간정보



출처: <http://disaportal.gsi.go.jp/> ('16년 8월 7일 검색)

우리마을 재해지도는 국토교통성의 재해지도를 이용해 각 시·정·촌에서 자체적으로 마련한 방재·대피계획을 표시한 방재지도로써, 이러한 지자체의 지도를 다시 취합해 재해지도 포털을 통해 쉽게 열람할 수 있도록 하고 있다. 우리마을 재해지도는 각 재해의 종류별로 방재·대피계획을 표시하고 있는데, 홍수, 토석류, 해일에 대해서는 다수의 시·정·촌에서 지도개발이 완료되었지만 화산, 지진 등의 재해의 경우 상대적으로 진척수준이 높지 않은 것으로 확인되었다.

그림 3-22 우리마을 재해지도의 예: 도치기현 모카시



출처: <http://disaportal.gsi.go.jp/> ('16년 8월 7일 검색)

## 2) 시스템의 기능 정의

**표 3-1 사례조사의 시사점: 본 시스템의 구축에 증시 되어야 할 기능**

UNEP GRDP	CRED EM-DAT	USACE FMSC	MLIT HMP	주요 기능
<ul style="list-style-type: none"> <li>과거 재해발생 위치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과거 재해이력에 대한 록업 테이블</li> <li>재해이력 조건검색</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>고해상도 항공사진</li> <li>토지특성 공간정보</li> </ul>	→ 기초자료 일괄 관리
<ul style="list-style-type: none"> <li>수치모형 기반 재해특성 모의 결과</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>수치모형 기반 재해특성 모의 결과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수치모형 기반 재해특성 모의 결과</li> </ul>	→ 재해특성 해석결과 공개
<ul style="list-style-type: none"> <li>수치모형 모의결과에 따라 추정된 노출된 인구수 및 생산액</li> <li>수치모형 모의결과에 따라 추정된 사망자수 · 손실액 추정치</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>영향권 (SFHAs) 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>영향권(침수등급) 설정</li> <li>주요 취약시설 (지하도) 구분</li> </ul>	→ 영향권 · 위험원인 분석결과 공개
-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>사전 대책수단 수립 여부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사전 · 사후 대책수단 수립 여부</li> </ul>	→ 대책수단 의사결정 참고자료 제공
<ul style="list-style-type: none"> <li>지역 간 위험도 비교를 위한 순위표 · 그래프</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역별 위험정보 프로파일</li> <li>재해발생 · 피해 지도</li> <li>지역별 재해발생 및 피해의 추세 정보</li> <li>사용자 맞춤형 통계분석</li> <li>정책브리프 발간</li> <li>기술정보 공유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석도구 공유</li> <li>기술정보 공유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술정보 공유</li> </ul>	→ 공식문건 발간 및 기술정보 공유

주: UNEP GRDP, CRED EM-DAT, USACE FMSC, MLIT HMP는 앞에서 살펴본 지구위험도 자료플랫폼, 국제재난 데이터베이스, 홍수지도 서비스, 재해지도 포털을 각각 지칭함

해외 시스템 운영 사례 조사와 설문조사 결과를 반영하여(<표 3-1>에 요약), 앞서 정의한 7가지 시스템에 대한 수요를 충족시키기 위해서 시스템이 다음과 같이 5가지 기능을 갖도록 구축해야 하는 것으로 판단되었다(해외 시스템과의 목적 또는 활용 측면의 차이를 감안해 각 기능을 일부 조정하고 구체적으로 정의함).

- (기능1) 전국 행정구역별 도시침수 기초자료의 체계적 관리  
과거 지역별 재해이력에 대한 자료를 전산대장의 서식으로 제공하거나 피해위치 정보 등을 도면화해 다양한 용도로 활용하게 한다. 아울러 동 시스템은 사전예방의 단계에서 방재계획 수립을 지원하는 데에 주목적을 두고 있기 때문에 항공사진, 강우·인구·토지·건축물 등의 도면을 함께 비교·분석할 수 있도록 한다.
- (기능2) 중점관리대상지의 도시침수 발생특성 해석결과 공개  
방재목표를 고려해 강우 시나리오 조건을 상정한 뒤, 해당 조건에서 침수위 등 재해특성을 이해할 수 있도록 재해지도를 구축·공개한다.
- (기능3) 도시침수 영향권 설정 및 위험원인 분석결과 공개  
도시침수의 위험수준에 따라 등급화된 영향권의 공간정보를 제공하고, 영향권 내의 지역에 대한 위험도 평가를 실시해 인구, 토지이용, 건축물, 주요 보호대상 시설 등 재해에 영향을 받는 대상과 이들의 피해민감성을 정량화한 정보를 제공한다.
- (기능4) 도시계획적 대책수단의 의사결정 참고자료 제공  
영향권 내 침수위험 저감을 위해 권고할 만한 대책수단을 객관적으로 제안하며, 실무적인 제약조건을 고려해, 위험원인에 맞는 대책수단을 결정할 수 있도록 구조화된 전문지식을 함께 제공한다.<sup>22)</sup>
- (기능5) 공식문건 발간 및 기술정보 공유  
시스템을 통해 축적되는 자료를 이용해 지역별 위험도 프로파일을 만들어 국가정책 또는 지방행정 차원에서 활용할 수 있게 하며, 통계분석, 추세분석 등을 정기적으로 수행해 정책이슈를 발간한다. 또한 방법론 등에 대한 기술정보를 공유해 시스템에 대한 이해를 제공한다.

위의 다섯 가지 기능을 갖춘 시스템이 개발된다면 <표 3-2>와 같이 시스템 구축·운영에 대한 담당자 등의 수요를 잘 충족시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

22) 일반적인 방재 시스템은 주로 관할지역내 재해특성의 정보를 단순 제공하는 기능을 중시하며, 대책수단의 의사결정에 대해서는 시스템을 활용하는 사용자가 재량껏 결정하도록 하고 있다. 이에 반해 동 시스템은 방재분야 전문성이 충분치 않은 담당자의 기술역량을 지원하고 대책수단에 대한 근거를 제공해 주는 데 초점을 두기 때문에 대책수단의 결정에 대한 전문지식을 구조화하고 실무적인 인터페이스를 제공하는 기능을 중시하기로 하였다.

표 3-2 시스템의 수요와 기능 간의 관련성

목적상	시스템 구축·운영의 수요	기능 1	시스템의 기능
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해예방형 도시계획의 실효성 제고</li> </ul>		전국 행정구역별 도시침수 기초자료 일괄 관리
기술상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시침수 위험지역의 객관적인 근거 제공</li> <li>• 종합 대책이 필요한 공간범위의 설정</li> <li>• 위험원인 및 대책수단 의사결정의 근거 제공</li> <li>• 자료수집, 방법론 등 기술역량 지원</li> </ul>		중점관리대상지의 도시침수 발생특성 해석결과 공개  도시침수 영향권 설정 및 위험원인 분석결과 공개
관리·정책상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선택과 집중에 의한 효율적인 전략 제시</li> <li>• 상시 정책적 필요를 제공해 예산계획의 관심 확보</li> </ul>		도시계획적 대책수단의 의사결정 참고자료 제공  공식문건 발간 및 기술정보 공유

## 4. 시스템 개념설계

### 1) 시스템 운영·개발체계

추후 국토연구원 국가도시방재연구센터 홈페이지를 통해 타 방재 시스템<sup>23)</sup>과 함께 통합된 방식으로 관리할 것을 예상하여, 도시침수 예방대책 지원시스템을 모듈화된 전용 프로그램으로 개발하기로 하였다. 즉, 해당 홈페이지에 접근해 “도시침수 예방대책 지원시스템”을 선택하면 시스템의 개요 정보를 얻고, 설치파일을 전송하여 사용자 PC에 전용 프로그램을 자동으로 설치하는 방식을 취할 예정이다<sup>24)</sup>. 시스템을 위해 별도 웹 사이트를 운영하는 경우와 비교할 때 (i) 초기 공간정보의 전송량이 많지만, 통신망, PC성능, 소프트웨어 등 사용자 전산환경에 작업의 영향이 크지 않고<sup>25)</sup>, (ii) 권한수준에 따라 차별화된 서비스를 제공하기에 유리<sup>26)</sup>하다는 장점이 예상되었다. 또한 (iii) 자료·기능을 갱신하기 수월하기 때문에 호스트 서버 관리비를 절감할 수 있는 효과 또한 예상되었다.

전용 프로그램은 Qt API<sup>27)</sup> 방식으로 개발하기로 하였다. 이는 Qt가 사용자 인터페이스, 그래픽, 데이터베이스 등을 위해 필요한 방대한 API를 직관적인 구조의 라이브러리를 통해 제공하기 때문에 작업에 소요되는 노력, 시간, 비용 등을 절감할 것으로 판단되었기 때문이다.

---

23) 국가도시방재연구센터는 도시침수 외에도 토사재해에 대한 관리시스템을 국토교통과학기술진흥원 지원 하에 개발 중에 있으며, 추후 해일, 폭염, 폭설 등 타 재해에 대한 도시방재 통합시스템의 구축 계획을 갖고 있다.

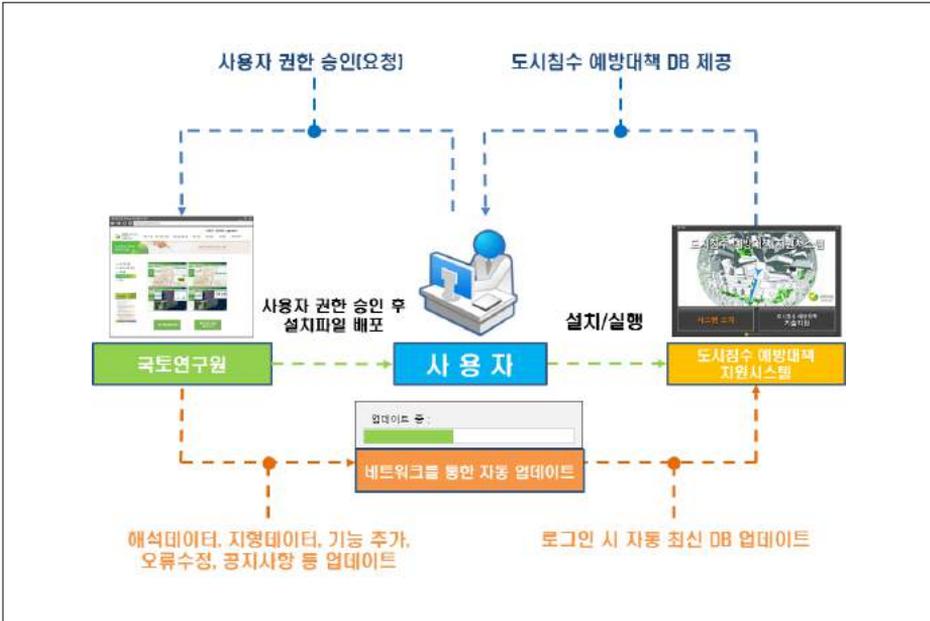
24) 국가도시방재연구센터의 방재시스템들의 통합관리 방안은 본 연구범위를 넘어서기 때문에 3차년도까지 별도의 추가 검토 또는 논의하지 않을 예정이다.

25) 초기에 권한수준에 맞춰 대용량 자료를 한꺼번에 설치하고, 이후 일부 업데이트 자료만 추가하는 방식을 고려하였다.

26) 웹 기반으로 시스템을 운영할 경우 사용자 입장에서 자료접근 권한 여부를 시행착오를 통해 판단해야 하는 불편함을 제공하지만, 전용 프로그램으로 운영할 경우 미리 시스템 기능과 인터페이스를 사용자 권한수준에 맞게 설치할 수 있다.

27) API는 운영시스템(OS)에서 응용 프로그램을 만들 수 있도록 제공하는 소프트웨어로서 운영시스템에서 제공하는 프로그래밍을 위한 함수의 집합이라 할 수 있다.

그림 3-23 시스템 운영 개념도



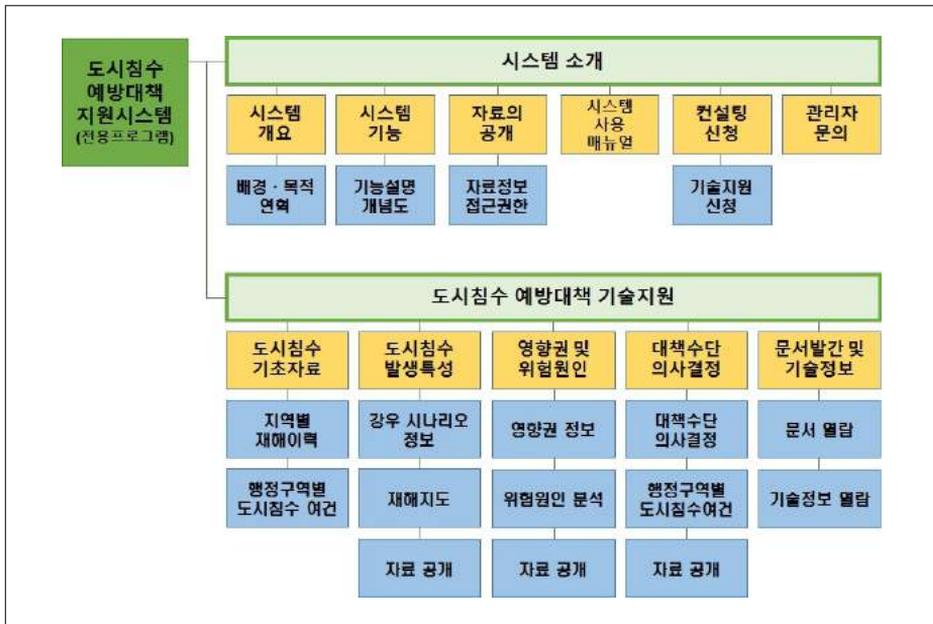
시스템의 유지관리는 국가도시방재센터 전용 인트라넷 형태의 웹페이지<sup>28)</sup>를 구축하여 관리자가 유지·관리 및 업데이트하는 방법을 고려하였다. 즉, 인트라넷 형태의 웹페이지에 회원정보, 공지사항, 게시글 관리, 신규DB 업데이트, 문의사항 보기, 사용자 접속로그, 사용자 권한승인 및 회수 등의 기능을 두기로 하였으며, 개발사는 유지·보수 단계에서 프로그램의 주기적인 업데이트 및 개선을 지원하는 방법을 검토하였다.

28) 사용자의 체계적인 관리를 위한 필수적인 기능으로 시스템 운영에서 가장 대중적인 인트라넷 형태의 관리 웹페이지 방식을 선정하였으며 추후 개발단계에서 프로그램 내에서 가능할 경우 별도의 관리페이지를 구축하지 않을 수 있다.

## 2) 시스템의 구조 및 화면시안

3절에서 정의한 시스템의 기능과 접근방법을 고려해 전체 시스템의 구조를 <그림 3-24>와 같이 설계하였다.

**그림 3-24** 전체 시스템 구조도



시스템의 초기 접근은 <그림 3-25>와 같이 사용자 PC에서 국가도시방재연구센터 홈페이지를 거쳐 ‘도시침수 예방대책 지원시스템’을 선택·설치한 뒤 해당 프로그램을 실행하도록 하였다. 프로그램이 실행되면 <그림 3-26>과 같이, ‘시스템 소개’ 또는 ‘도시침수 예방대책 기술지원’ 중에서 원하는 경로를 선택할 수 있도록 하였다.

그림 3-25 웹사이트 접속 화면(시안)



그림 3-26 시스템 접속 화면(시안)



‘시스템 소개’ 경로를 선택할 경우 <그림 3-27>과 같은 정보를 제공하기로 하였다. 우선, ‘시스템 소개’는 도시침수 예방대책 지원시스템의 개발배경, 목적, 기능 등에 대한 간략한 정보를 제공하고 시스템에서 공개·활용한 자료의 출처를 명시 하며 동 시스템의 사용자 매뉴얼을 제공하고자 하였다. 이를 위해, ‘시스템 개요’ 에서는 개발배경, 목적, 연혁 등의 텍스트 정보를, ‘시스템 기능’에서는 시스템 수요 와 기능 설명을 위한 텍스트 정보와 개념도를, ‘자료의 공개’에서는 공개·활용된 자료 각각에 대한 자료명칭, 자료원, 발표시기, 해상도, 접근권한 등의 목록 정보를 제공하기로 하였다. 또한 ‘시스템 사용 매뉴얼’을 두어 사용자 안내서 수준으로 만 든 별도의 전자문서를 내려 받을 수 있게 하고, ‘권한 및 컨설팅 신청’에서는 시스 템 사용권한이나 기술지원을 신청할 수 있도록 텍스트 정보와 개별 문의를 위한 전 자문서 형태의 신청양식을 제공하고자 하였다. 끝으로, ‘관리자 문의’는 시스템 관 리자에게 문의하고 답변을 받을 수 있도록 <그림 3-28>과 같이 담당자명, 소속, 연 락처, 전화번호, 이메일 주소 등의 텍스트 정보를 제공하고, ‘문의하기’ 선택 시 필요한 팝업창이 실행되는 방법을 강구하였다<sup>29)</sup>.

**그림 3-27** 시스템 소개의 화면구성(시안) - 시스템 개요



29) 관리자 권한으로 로그인 했을 경우 문의 내용을 알림 메시지로 표시할 예정이다.

그림 3-28 시스템 소개의 화면구성(시안) - 관리자 문의



만일 ‘도시침수 예방대책 기술지원’ 경로를 선택한다면, <그림 3-29>와 같이 접근권한 확인 창을 표출한 뒤 ID와 비밀번호를 입력하도록 하였다. 그리고 접근권한이 인증되면 기술지원과 관련된 기능을 해당되는 권한에 맞춰 실행하도록 하였다.

그림 3-29 접근권한의 화면구성(시안)



‘도시침수 예방대책 기술지원’은 시스템의 기능에 맞춰 ‘도시침수 기초자료’, ‘도시침수 발생특성’, ‘영향권 및 위험원인’, ‘대책수단 의사결정 지원’, ‘문서발간 및 기술정보 공개’의 다섯 가지 모듈로 구성된다. 이 중에서 ‘도시침수 기초자료’와 ‘문서발간 및 기술정보 공개’의 모듈은 모든 사용자들이 활용할 수 있도록, 권한과 무관하게 동일한 내용이 설치·공개되도록 할 예정이다. 나머지 ‘도시침수 발생특성’, ‘영향권 및 위험원인’, ‘대책수단 의사결정 지원’의 세 모듈은 권한별로 접근 가능한 정보에 <표 3-3>과 같이 차이를 두고자 한다. 추후 권한 승인 관련 운영 규정에 관한 사항은 3차년도에서 개발될 시스템 매뉴얼을 통해 상세히 정의하기로 하였다.

**표 3-3** ‘기술지원’ 기능의 사용자 접근권한

사용자 권한단계	접근권한의 범위
일반	- 모든 계정 신청자에게 제공하는 기본적인 권한 - ‘도시침수 기초자료’, ‘도시침수 발생특성’, ‘영향권 및 위험원인’의 세 가지 모듈 <sup>30)</sup> 은 접근 불가
선별	- 특정한 지자체 또는 유관업체에게 필요한 정보만을 제공하기 위한 권한 - ‘도시침수 기초자료’, ‘도시침수 발생특성’, ‘영향권 및 위험원인’의 세 가지 모듈에서 승인된 지역에 대한 정보만 접근 가능
전용	- 목적, 대상 등이 시스템 운영 규정에 만족하는 경우에 부여 - 모든 정보에 접근할 수 있도록 허용된 권한
관리자 <sup>31)</sup>	- 전용과 같은 접근권한을 가지며, 자료 업데이트, 삭제, 공지사항, 게시글 업데이트 및 삭제 등의 시스템 운영자 기능 추가 부여

첫 번째 모듈인 ‘도시침수 기초자료’는 전국 차원의 또는 모든 시·군·구에 대한 도시침수 위험의 두 가지 정보를 제공하기로 하였다. 우선, 전국차원에서 시·군·구의 도시침수 피해 관련 DB를 <그림 3-30>과 같이 조건 검색할 수 있도록 하였다. DB에는 연도별 도시침수 피해액, 연도별 피해발생 횟수, 연도별 침수발생위치<sup>32)</sup>,

30) 설치 과정에서는 모든 모듈이 설치되지만 프로그램 상에서 권한별 각 모듈 비활성화를 통해 기능을 제한하여 관리를 원활하게하기 위함이다.

31) 각 모듈의 사용과는 별도로 시스템의 운영을 위한 특별 권한으로 사용자의 권한 부여, 유지·보수를 위한 권한이라 할 수 있다.

32) 사용자에게 최대한 직관적인 정보를 제공하기 위해 ‘도시침수 기초자료’ 모듈에서 과거 침수발생 위치를 확인할

연평균 피해액, 연평균 피해발생횟수 등을 포함해 구축하고자 한다. 또한 <그림 3-31>처럼 지역별로 도시침수 관련 전반적인 관리여건을 확인할 수 있도록 하였다. 해당 시·군·구를 선택하면 침수피해 여건을 요약한 표를 제공하며, 그 아래에는 해당 지역의 항공사진 상에서 중점관리대상지, 방재지구, 위험개선지구, 하천변 저지대, 과거피해발생지<sup>33)</sup> 등의 위치정보를 보여주며, 필요 시 확률강우량도, 토지이용계획도, 건물통합자료(노후·지하건축물), 인구지도, 도로망도, 보호대상시설 위치도 등을 중첩해서 확인할 수 있게 만들고자 하였다.

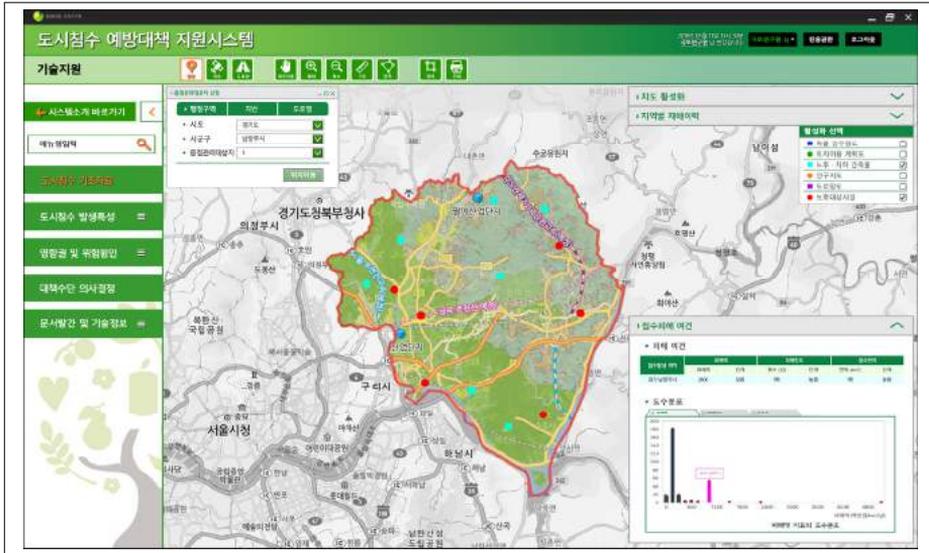
그림 3-30 도시침수 기초자료 모듈의 화면구성(시안) - 전국 피해이력 검색



수 있게 하는 것은 매우 중요하다. 그러나 체계적인 도시침수 피해조사 자료집계가 이뤄지지 않고 있기 때문에 국토교통부, 국민안전처, 대한지적공사에서 보유한 다양한 자료를 검토해야 하고, 뉴스기사 등 언론매체 기록을 통해 부족한 정보를 보완해야 하는 방대한 작업이 필요하다. 따라서 시스템에서 해당 DB의 서식을 만들어 두되, 자료의 확보는 본 연구 이후 시스템 개선단계에서 별도 추가 연구를 통해 수행하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

33) 위의 각주와 동일

그림 3-31 도시침수 기초자료 모듈의 화면구성(시안) - 행정구역별 도시침수 여건

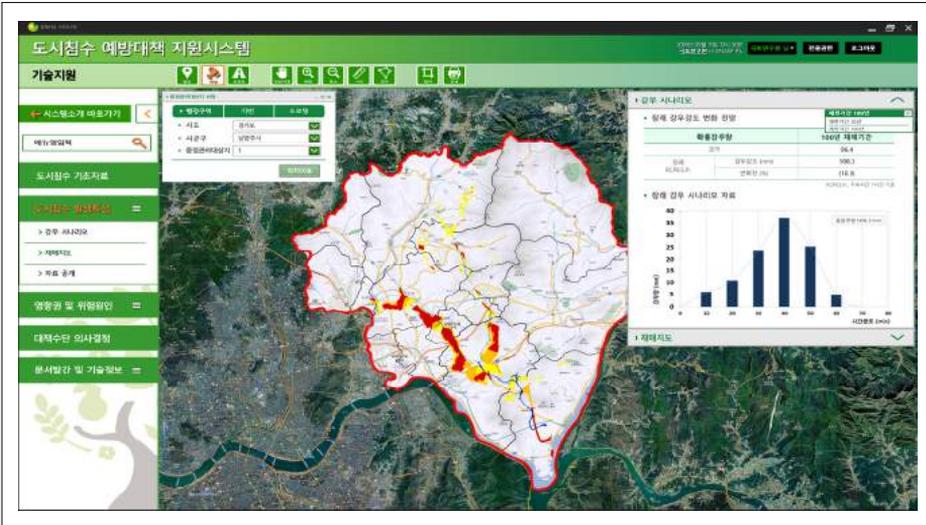


두 번째 모듈인 ‘도시침수 발생특성’을 선택하면, 먼저 시·도, 시·군·구 등 지역 조회를 통해 상세정보를 열람하고자 하는 중점관리대상지를 선택할 수 있도록 하였다 (사용자 접근권한 중 ‘일반’의 경우 해당 모듈이 설치되지 않고, ‘선별’의 경우 해당 지역에 포함된 중점관리대상지만 제공하기 때문에 조회기능이 포함되지 않으며, ‘전용’이나 ‘관리자’의 경우에만 지역 조회가 설치됨). 만일, 해당 모듈을 선택하기 전에 ‘영향권 및 위험범위’ 모듈이나 ‘대책수단 의사결정 지원’ 모듈에서 이미 지역 조회를 한 경우에는 기본적으로 동일한 중점관리대상지로 이동하도록 만들 예정이다.

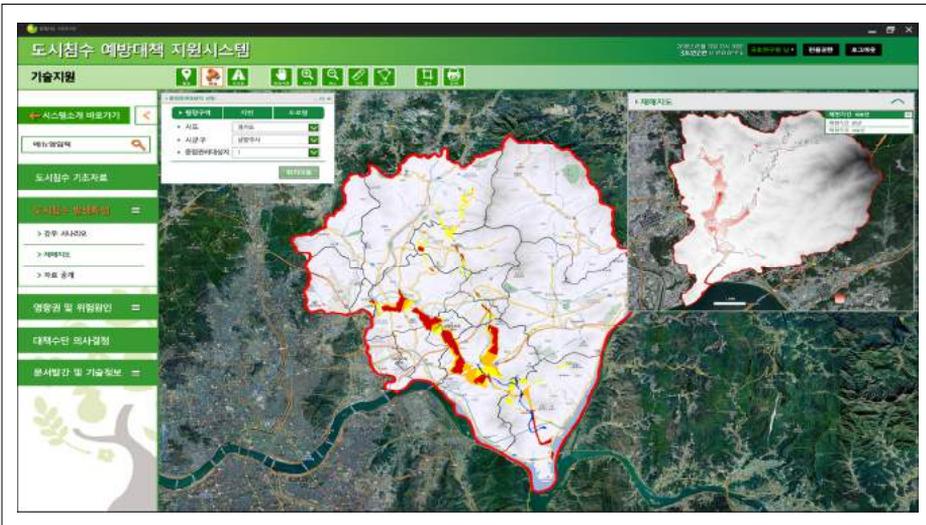
중점관리대상지를 선택하고 나면, 화면에 대상지에 대한 항공사진이 나타나며 다음과 같은 세 가지 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 우선, ‘강우 시나리오 자료’를 선택하면, 별도 팝업창을 생성시켜 해당지역 도시침수 해석을 위해 기준으로 삼은 강우 시나리오 자료를 확인할 수 있게 하였다. 팝업창에서 30년과 100년의 재현기간을 선택한 뒤 표 양식의 강우강도와 그래프 양식의 시계열 강우분포를 <그림 3-32>와 같이 확인할 수 있도록 시스템을 구축할 것이다. ‘재해지도’를 선택한 뒤 확인하고자 하는 재현기간을 추가적으로 선택하면, 항공사진 위에서 <그림 3-33>과 같이 미리 구축된 재해지도가 표출될 것이다. 마지막으로 ‘자료 공개’를 선택하면, 별도 팝업창이 생성되며 제공하

는 자료의 목록표를 보여주게 된다. 목록표는 강우 시나리오 자료와 재해지도를 30년과 100년으로 구분해, 엑셀자료 양식의 시계열 분포(강우강도)와 ESRI 양식의 침수위 정보가 포함된 공간정보(재해지도)를 내려 받을 수 있도록 기능을 구현하고자 하였다.

**그림 3-32 도시침수 발생특성의 화면구성(시안) - 강우 시나리오 자료 선택**



**그림 3-33 도시침수 발생특성의 화면구성(시안) - 재해지도 선택**



세 번째 모듈인 ‘영향권 및 위험원인’에서도 시·도, 시·군·구 등 지역 조회를 통해 상세정보를 열람하고자 하는 중점관리대상지를 선택하는 절차를 두기로 하였다(마찬가지로, 사용자의 접근권한 가운데 ‘일반’의 경우 해당 모듈이 설치되지 않고, ‘선별’의 경우 해당 지역에 포함된 중점관리대상지만 제공하기 때문에 조회기능이 포함되지 않으며, ‘전용’이나 ‘관리자’의 경우에만 지역 조회가 설치됨). 또한 해당 모듈을 선택하기 전에 ‘도시침수 발생특성’ 모듈이나 ‘대책수단 의사결정 지원’ 모듈에서 이미 지역 조회를 한 경우에는 기본적으로 동일한 중점관리대상지로 이동하는 것은 마찬가지이다.

중점관리대상지를 선택하고 나면, 화면에 대상지에 대한 항공사진이 나타나며 세 가지 기능을 수행할 수 있도록 만들 예정이다. 우선, ‘영향권 정보’를 선택하면 <그림 3-34>와 같이 항공사진 위에서 미리 구축된 Red zone, Orange zone, Yellow zone 등으로 구분된 영향권 지도가 나타나고, 아래에 영향권 상정기준에 대한 간략한 설명자료를 제공하고자 한다.

**그림 3-34** 영향권 및 위험원인의 화면구성(시안) - 영향권 정보 선택



‘위험원인’을 선택하면 <그림 3-35>처럼 영향권 지도 위에 사각형으로 표시된 도엽경계가 나타난 뒤, 도엽별로 도시침수의 상세 위험정보를 제공하기로 하였다. 도엽은

영향권 설정 결과에 따라 대책수립이 필요한 지역에 한정해 구분·표시할 예정인데, 특정 도엽을 선택하면 영향권 지도가 크게 확대되고, 확대된 지도 위에 인구, 토지이용, 건축물, 주요 보호대상시설 등에 대한 지도와 중첩시켜 침수영향을 받는 대상을 확인해 볼 수 있도록 만들 것이다.

그림 3-35 영향권 및 위험원인의 화면구성(시안) - 위험원인 선택



또한 영향권 지도 아래는 미리 수행한 위험도 평가 결과를 요약하는 표를 제공하는데, 표에는 침수발생원인, 침수면적, 침수위, 노출특성(인구, 토지이용), 취약특성(특정건축물, 보호대상시설), 전체 위험도, 중요 위험요인 등의 내용을 확인할 수 있을 것이다. 마지막으로, '자료 공개'를 선택하면 별도 팝업창을 생성시켜 제공하고 있는 자료 목록표를 확인할 수 있을 것이다. 목록표에는 영향권 지도(영향권 설정 결과를 ESRI 양식의 다각형 공간정보), 영향권의 구분도(영향권 경계를 나타내는 도엽에 대한 그림파일), 위험원인 조사 결과(각 도엽별로 노출특성, 취약성을 보여주는 그림파일)를 내려 받을 수 있도록 만들 것이다.

네 번째 모듈인 '대책수단 의사결정'에서도 시·도, 시·군·구 등 지역 조회를 통해 상세정보를 열람하고자 하는 중점관리대상지를 선택하는 절차를 두고자 한다(마찬가지로, '일반'의 경우 해당 모듈이 설치되지 않고, '선별'의 경우 해당 지역에 포함된 중점관리대상지만 제공하기 때문에 조회기능이 포함되지 않으며, '전용'



다섯 번째 모듈인 ‘문서발간 및 기술정보 공개’는 모든 계정 신청자가 <그림 3-37>과 같이 두 종류의 정보를 접근·열람하도록 개발할 것이다. ‘문서’ 선택 시 정책 Brief, 행정구역별 위험도 프로파일, 연도별 도시침수 피해여건 등에 대한 열람 가능한 목록을 제공하고자 하였다. 또한 ‘기술정보’를 선택할 경우 강우 시나리오 자료, 도시침수 해석, 영향권 설정, 위험원인 조사분석 등에 대한 기술서와 홍보 브로셔에 대한 열람 가능한 목록을 제공하고자 하였다. 추가적으로 등록된 데이터베이스 자료를 통합 검색할 수도 있을 것이다.

그림 3-37 문서발간 및 기술정보 공개의 화면구성(시안) - 문서 선택

번호	제목	저자	발간기관	발간일자	영문
503	군포동·사당역 일대역 고령층 취약 계층별 차등배치 방안 연구발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-12-10	☑
502	행동 계획도시정책(홍콩) 사례집, 홍콩시, 현재, 미래, 서울	김재홍	국립중앙연구원	2014-09-20	☑
501	서울신도림지역의 환경적 특성별 고령층 주거정책개발방안	이성준	국립중앙연구원	2014-08-26	☑
500	도시의 직격포, 김재홍발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-08-19	☑
579	북촌의 남산현대 미술동화관 계획	장철승	국립중앙연구원	2014-07-01	☑
578	군포동·사당역 일대역 고령층 취약 계층별 차등배치 방안 연구발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-12-10	☑
577	행동 계획도시정책(홍콩) 사례집, 홍콩시, 현재, 미래, 서울	김재홍	국립중앙연구원	2014-09-20	☑
576	서울신도림지역의 환경적 특성별 고령층 주거정책개발방안	이성준	국립중앙연구원	2014-08-26	☑
575	도시의 직격포, 김재홍발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-08-19	☑
574	북촌의 남산현대 미술동화관 계획	장철승	국립중앙연구원	2014-07-01	☑
573	군포동·사당역 일대역 고령층 취약 계층별 차등배치 방안 연구발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-09-20	☑
572	행동 계획도시정책(홍콩) 사례집, 홍콩시, 현재, 미래, 서울	김재홍	국립중앙연구원	2014-09-20	☑
571	서울신도림지역의 환경적 특성별 고령층 주거정책개발방안	이성준	국립중앙연구원	2014-08-26	☑
570	도시의 직격포, 김재홍발행	김재홍	국립중앙연구원	2014-08-19	☑
569	북촌의 남산현대 미술동화관 계획	장철승	국립중앙연구원	2014-07-01	☑

CHAPTER 4

# 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위한 프로토타입

01 도시침수 피해여건 분석	101
02 중점관리대상지 선정기준 및 절차	108
03 강우 시나리오 자료 생성기법	115
04 도시침수의 간소화된 해석방법	128



# 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위한 프로토타입

제4장은 시스템에 탑재될 도시침수 위험정보를 생산하기 위해 사용되는 각종 방법론을 설명하고 있다. 시·군·구 통계자료를 이용해 과거 도시침수 피해여건을 분석하는 방법을 제안하며, 그 적용 결과를 참고하여 침수유역 단위의 중점관리대상지를 선정하기 위한 기준과 공간범위를 설정하는 절차를 제시하였다. 또한 침수해석의 기초자료로서 기후변화를 고려한 강우 시나리오 자료를 생성하는 방법과 기준을 제시하였다. 이어서 도시침수 해석을 위해 검증된 신뢰성 있는 모형을 중심으로 적용이 용이하도록 방법론의 간소화를 모색하였고 검증결과를 제시하였다. 끝으로 강우 시나리오별로 개발된 재해지도를 통해 도시침수 해석 방법론의 실용성을 검토하였다.

## 1. 도시침수 피해여건 분석

### 1) 피해여건 분석방법

도시침수로 인한 피해는 피해규모가 크고 피해가 잦을 때 증가한다는 점을 고려해 피해액과 피해빈도의 두 가지 분석지표를 선정하였다. 시·군·구 단위로 분석지표 산정을 위한 자료처리는 다음과 같이 수행하였다. 우선, 국민안전처의 2008년에서 2014년까지의 재해연보를 통해 각 시·군·구의 호우로 인한 피해기록을 활용하기로 하였다. 본 연구는 도시지역 침수피해에 관심을 두고 있기 때문에 피해액은 농작지 피해액 등을 제외하고 공공시설 피해액과 건물 피해액에 한정하기로 하였다. 총 7년의 피해기록을 누계한 뒤 연평균 피해액과 피해빈도를 구하고 각각에 대해 도시지역 면적크기로 인한 효과를 상쇄할 수 있도록 도시지역 면적(국토교통부 토지피복도 공간정보를 이용해 구한 시·군·구별 시가지지역<sup>1)</sup> 면적)을 나눠 1km<sup>2</sup> 단위면적 당 피해액과 피해빈

1) 국토교통부 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)에서 공개하는 토지피복도는 대부분에 시가지지역에 대한 공간범위를 나타내고 있으며, 시가지지역에는 “주거지역, 상업지역, 상공업지역, 위락시설지역, 교통지역, 공공시설지역”이 포함됨

도를 최종적으로 산정하였다.

위의 자료처리방식을 고려할 때 분석지표는 다음과 같이 해석되어야 한다. 우선, 피해액 지표(백만원/km<sup>2</sup>/년)는 지자체별 1km<sup>2</sup> 면적의 도시지역에서 침수로 인해 매년 평균적으로 발생하는 공공시설 및 건물의 피해크기라 할 수 있다. 또한 피해빈도 지표(회/km<sup>2</sup>/년)는 지자체별 1km<sup>2</sup> 면적의 도시지역에서 침수로 인해 매년 평균적으로 발생하는 피해횟수라 정의할 수 있다. 추가적으로, 8개 시·군·구는 분석에서 제외하기로 하였는데, 이는 도시지역 면적이 1km<sup>2</sup> 미만으로 도시발달이 미미하기 때문이다.

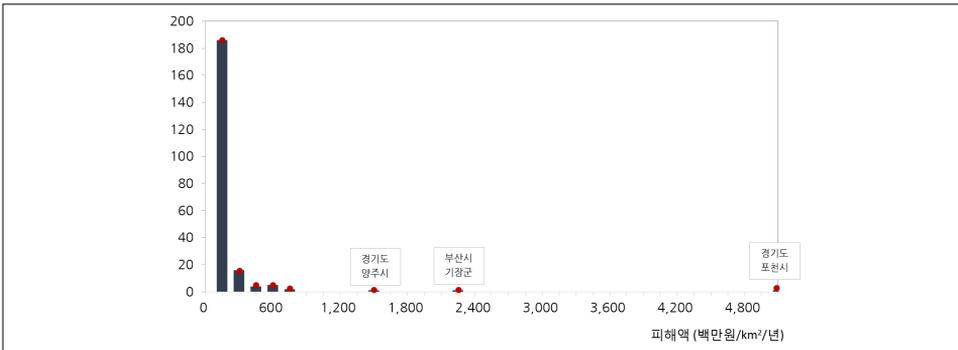
## 2) 피해여건 분석결과

<그림 4-1>은 피해액 지표를 각 시·군·구별로 산정한 결과를 보여주고 있다. 피해액이 최대인 지역은 경기도 포천시로 최근 다수의 큰 피해가 집중되어 도시지역 1km<sup>2</sup> 단위면적 당 연 50억원 가량의 피해액을 기록하였다. 이에 반해, 피해액이 최소인 지역은 경상북도 구미시, 영양군, 영덕군, 경상남도 통영시 등 4개 시·군으로 최근 유의할만한 피해를 동반하는 침수가 거의 발생되지 않음을 알 수 있었다. 전국적으로 도시지역 1km<sup>2</sup> 단위면적 당 연간 8천만원 이내의 피해구간에 대부분의 시·군·구가 포함되었다. <그림 4-2>는 피해빈도 지표를 각 시·군·구별로 산정한 결과를 보여주고 있다. 피해빈도가 최대인 지역 또한 경기도 포천시였는데, 도시지역 1km<sup>2</sup> 단위면적 당 연 1.53회 가량 발생하였다. 이에 반해, 피해빈도가 최소인 지역은 제주시로 도시지역 면적이 넓지만 침수 발생횟수가 적어 단위면적 당 연평균 0.04회의 낮은 빈도를 기록하였다. 전국적으로는 도시지역 1km<sup>2</sup> 단위면적 당 연간 0.15회 이내의 피해빈도 구간에 대부분의 시·군·구가 포함되었다.

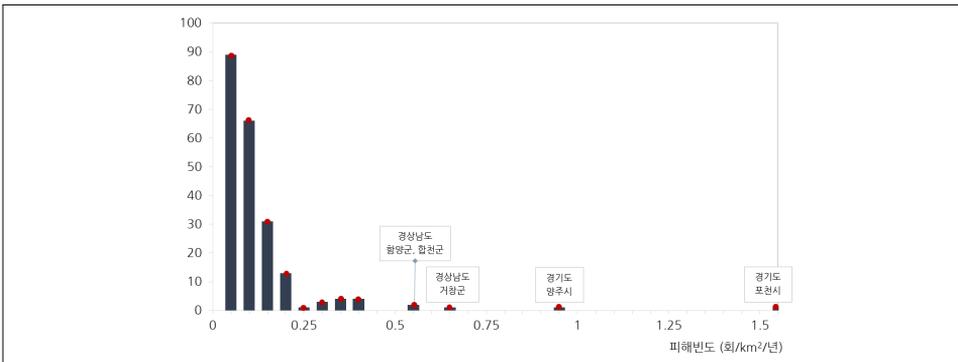
<그림 4-3>은 시·군·구 단위로 살펴본 피해액과 피해빈도의 관계를 보여주고 있다. 피해액과 피해빈도 각각의 모집단은 도수분포가 작은 값에 집중되어 있고 꼬리가 긴 형태로 로그정규분포로 정의되었다. 두 지표간의 관계는, 피해가 잦을수록 피해액이 커 모집단 간의 상관관계가 높은 특징을 발견할 수 있었다(Pearson R = 0.75)<sup>2)</sup>

2) <그림 4-3>의 산포도는 로그축척이므로 해석 시 이를 유의할 필요가 있다.

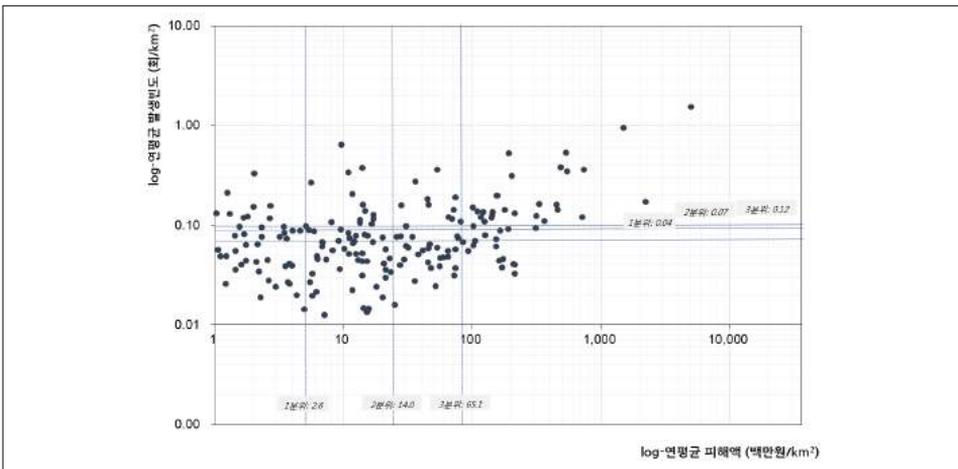
**그림 4-1 시·군·구별 피해액 지표의 도수분포**



**그림 4-2 시·군·구별 피해빈도 지표의 도수분포**



**그림 4-3 시·군·구별 피해액-피해빈도의 산포도**



시·군·구별 피해액 지표값을 ‘낮음’, ‘약간 낮음’, ‘약간 높음’, ‘높음’의 네 가지로 구분하기로 하였으며 분위분석을 통해 다음의 기준을 마련하였다.<sup>3)</sup> 피해액이 낮음(1분위값 이하)에 해당하는 기준은 2.6백만원/km<sup>2</sup>/년 이하이며, 약간 낮음(1분위값~2분위값)에 해당하는 기준은 2.6에서 14.0백만원/km<sup>2</sup>/년이었고, 약간 높음(2분위값~3분위값)에 해당하는 기준은 14.0에서 65.1백만원/km<sup>2</sup>/년으로 분석되었다. 또한 65.1백만원/km<sup>2</sup>/년을 초과하는 경우 상대적으로 피해액이 높은(3분위값 초과) 시·군·구로 분석되었다.

시·군·구별 피해빈도 지표값 또한 ‘낮음’, ‘약간 낮음’, ‘약간 높음’, ‘높음’의 네 가지로 구분하기로 하였으며 분위분석을 통해 다음의 기준을 마련하였다.<sup>4)</sup> 피해빈도가 낮음(1분위값 이하)에 해당하는 기준은 0.04회/km<sup>2</sup>/년 이하였으며, 약간 낮음(1분위값~2분위값)에 해당하는 기준은 0.04에서 0.07회/km<sup>2</sup>/년으로, 약간 높음(2분위값~3분위값)에 해당하는 기준은 0.07에서 0.12회/km<sup>2</sup>/년으로 분석되었다. 또한 0.12회/km<sup>2</sup>/년을 초과하는 경우 상대적으로 피해빈도가 높음(3분위값 초과)에 해당되는 시·군·구로 분석되었다.

### (1) 시·군·구별 도시침수 피해여건 유형 분석

앞에서 정의한 분석지표와 기준을 활용해 시·군·구별로 도시침수 피해여건을 다음과 같이 네 가지 유형으로 구분하였다. 피해액과 피해빈도가 모두 높은 지역을 Case ①로 구분하였다. 피해빈도는 약간 높지만 피해액이 높은 지역은 Case ②로, 그리고 피해액은 약간 높지만 피해빈도가 높은 지역은 Case ③으로 구분하였다. 마지막으로 피해가 상대적으로 우려되지 않는 지역은 Case ④로 구분하였다. 추가로 ‘피해액이 중간수준 이하이지만 피해빈도가 높은 지역’이나 ‘피해빈도가 중간수준 이하이지만 피해액이 높은 지역’과 같은 예외적인 경우를 생각할 수도 있다. 하지만 피해액과 피해빈도 간의 상관관계가 높아 이러한 지역은 잘 나타나지 않기 때문에 별도로 유형화할 필요가 없는 것으로 판단되었다.

3) 위 기준은 축적된 자료길이가 짧은 과거 피해기록을 토대로 마련되었기 때문에 충분히 안정될 때까지는 매년 발표되는 시·군·구별 통계자료를 토대로 지속적으로 업데이트가 필요하다.

4) 마찬가지로 위 기준 또한 축적된 자료길이가 짧은 과거 피해기록을 토대로 마련되었기 때문에 충분히 안정될 때까지는 매년 발표되는 시·군·구별 통계자료를 토대로 지속적으로 업데이트가 필요하다.

Case ①로서, 피해액과 피해빈도가 모두 높아<sup>5)</sup> 도시침수 피해가 가장 우려되는 지자체는 총 25개가 발견되었다. 구체적으로는 부산광역시 4개 군·구, 울산광역시 1개 군, 경기도 8개 시·군, 강원도 4개 시·군, 전라남도 1개 군, 경상남도 7개 시·군 등으로 구성되며 전체 시·군·구 수 대비로 약 11%에 해당되었다. Case ②로서, 피해빈도는 약간 높지만 피해액이 높아<sup>6)</sup> 도시침수 피해가 우려되는 지자체는 총 15개를 발견할 수 있었다. 서울특별시 1개 구, 부산광역시 3개구, 경기도 2개 시·군, 강원도 3개군, 충청북도 1개 시, 충청남도 1개 군, 경상북도 1개 군, 경상남도 3개 시·군 등으로 구성되며 전체 시·군·구 수 대비로 약 7%에 해당되었다. Case ③으로, 피해액은 약간 높지만 피해빈도가 높아<sup>7)</sup> 마찬가지로 도시침수 피해가 우려되는 지자체는 총 11개로 나타났다. 여기에는 서울특별시 1개 구, 부산광역시 1개구, 인천광역시 2개 구·군, 경기도 3개 시, 전라남도 1개 군, 경상북도 1개 시, 경상남도 2개 시·군 등으로 구성되며 전체 시·군·구 수 대비 약 5%에 해당되었다. 나머지 시·군·구는 최근 피해기록에서는 도시침수 피해가 상대적으로 덜 우려되는 Case ④로 유형화되었다. Case ①은 도시침수 피해가 가장 우려되는 곳이라 할 수 있고, Case ②와 Case ③ 또한 피해액이나 피해빈도 측면에서 상대적으로 높은 수준이라 할 수 있다. <그림 4-4>는 이 세 경우에 해당되어 도시침수의 관리가 상대적으로 중요한 총 51개 지자체 (전국 시·군·구의 22%)를 보여주고 있다.

## (2) 도시침수 피해여건의 지역적 특성 분석

피해액 지표를 이용해 분석한 지역적 특성을 분석한 결과, 부산광역시(평균 피해액 222.1백만원/km<sup>2</sup>/년), 경기도(평균 피해액 345.1백만원/km<sup>2</sup>/년), 강원도(평균 피해액 108.3백만원/km<sup>2</sup>/년), 경상남도(평균 피해액 170.6백만원/km<sup>2</sup>/년)에 피해액이 높은 곳이 다수 포함되었다. 피해빈도 지표를 이용해 지역적 특성을 분석한 결과, 경기도(평균 피해빈도 0.21회/km<sup>2</sup>/년)와 경상남도(평균 피해빈도 0.22회/km<sup>2</sup>/년)에 피해빈도가 높은 곳이 다수 포함되었다. 눈에 띄는 점은, 경기도와 경상남도에 속한 지자체는

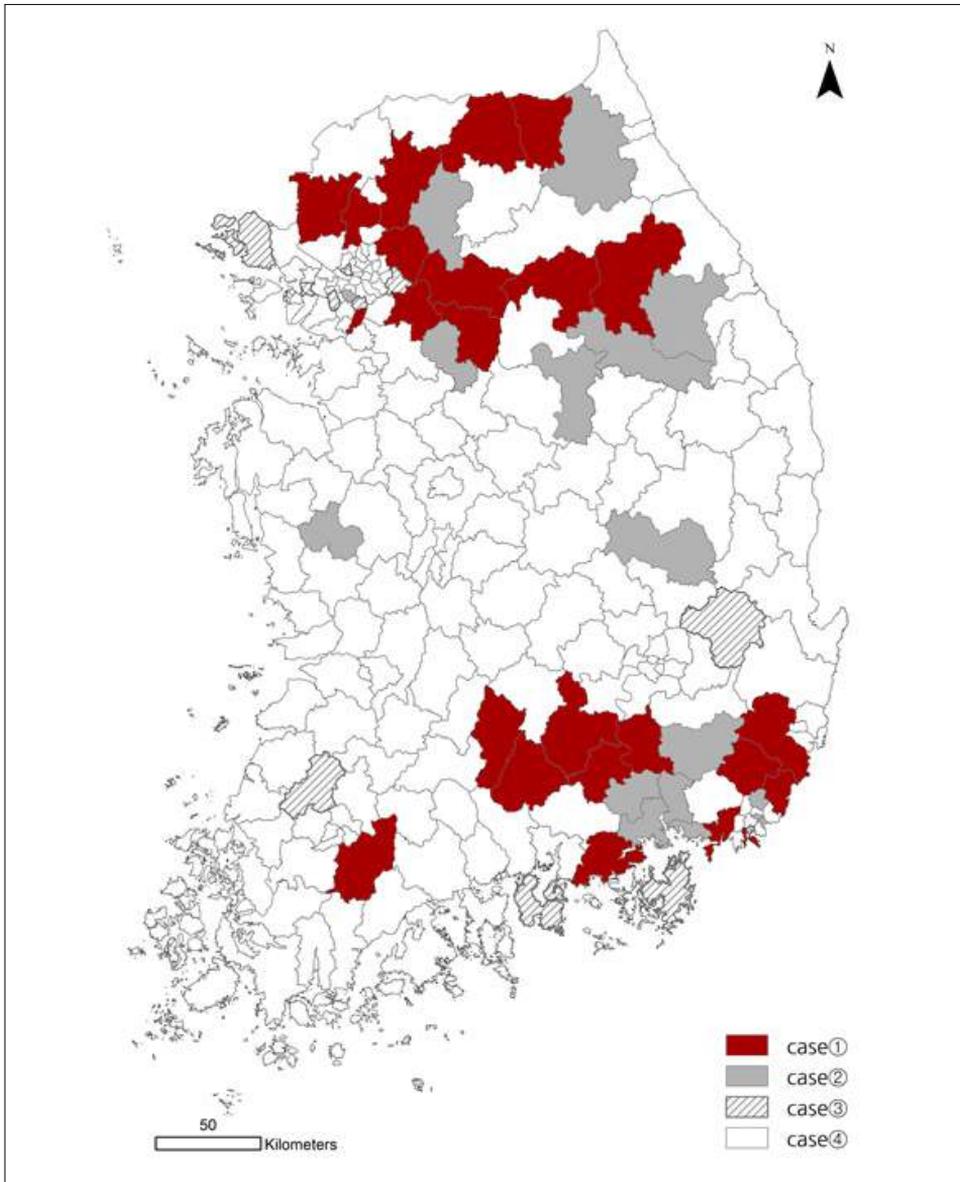
5) 피해액이 65.1백만원/km<sup>2</sup>/년을 초과하고, 피해빈도 또한 0.12회/km<sup>2</sup>/년을 초과하였다.

6) 피해액이 65.1백만원/km<sup>2</sup>/년을 초과하고, 피해빈도는 0.07~0.12회/km<sup>2</sup>/년 사이 수준이다.

7) 피해액이 14.0~65.1백만원/km<sup>2</sup>/년 수준이고, 피해빈도는 0.12회/km<sup>2</sup>/년을 초과하였다.

피해액과 피해빈도 모든 측면에서 높은 수준을 보여 도시침수 관리가 특히 중요한 지역임을 알 수 있었다.

그림 4-4 시·군·구별 도시침수 피해여건 유형 분석 결과



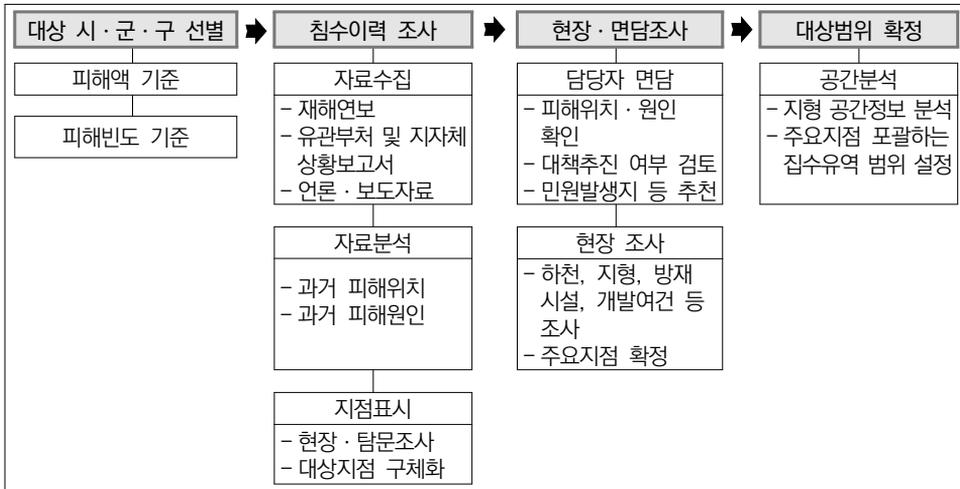
**표 4-1 시·도별 평균 피해액 및 피해빈도**

시·도 구분	피해액 (백만원/km <sup>2</sup> /년)	피해빈도 (회/km <sup>2</sup> /년)
서울특별시	18.3	0.06
부산광역시	222.1	0.11
대구광역시	0.1	0.02
인천광역시	8.8	0.11
광주광역시	10.2	0.05
대전광역시	9.6	0.05
울산광역시	26.9	0.06
경기도	345.1	0.21
강원도	108.3	0.09
충청북도	26.4	0.06
충청남도	27.6	0.05
전라북도	41.5	0.03
전라남도	25.5	0.06
경상북도	18.7	0.11
경상남도	170.6	0.22
제주도	0.3	0.01

## 2. 중점관리대상지 선정기준 및 절차

구축될 시스템을 통해 선별적으로 기술지원을 하고자 침수해석 및 지도 개발의 첫 번째 단계로 중점관리대상지를 선정하는 방법을 <그림 4-5>와 같이 제시하고자 한다.

그림 4-5 중점관리대상지 선정 절차



### 1) 대상 시·군·구 선별

첫 번째 절차로서, 피해액과 피해빈도의 두 가지 기준에 따라 도시침수의 피해가 크게 우려되는 시·군·구를 1차적으로 선별하기로 하였다. 즉, 앞 장에서 제시한 전국 행정구역별 도시침수 피해여건 분석 결과를 이용해 피해액 기준(호우로 인해 도시지역 1km<sup>2</sup> 면적당 연평균 공공·건축 피해액이 65.1백만원을 초과) 또는 피해빈도 기준(호우로 인해 도시지역 1km<sup>2</sup> 면적당 연평균 공공·건축 피해빈도가 0.12회를 초과)을 충족하는 경우 도시침수의 피해가 우려되는 곳으로 간주하였다.

두 기준을 모두 만족하는 시·군·구는 25개가 있으며, 피해액 기준만을 만족하는 경우는 15개 시·군·구, 피해빈도 기준만을 만족하는 경우는 11개 시·군·구로 전국적으로 최대 51개 지역의 중점관리대상지를 추후 선정할 수 있음을 알 수 있었다. 51

개 지역 가운데, 1차년도에는 피해기록 등 자료수집이 용이해 방법론 검증이 유리한 남양주시와 창원시를 대상으로 “시범적으로” 대상지를 선정하는 절차를 제안하기로 하였다.<sup>8)</sup> 참고로, 남양주시의 경우 도시지역 1km<sup>2</sup> 면적당 연평균 공공·건축 피해액 145백만원, 피해빈도 0.13회로 두 기준을 모두 충족하고 있으며, 창원시의 경우 도시지역 1km<sup>2</sup> 면적당 연평균 공공·건축 피해액 192백만원, 피해빈도 0.09회로 피해액 기준을 충족하였다.

## 2) 침수이력 조사<sup>9)</sup>

두 번째 절차는 선별된 시·군·구에 대해 자세한 침수이력을 조사하는 것으로, 재난통계, 상황보고서, 풍수해저감종합계획 보고서, 대한지적공사 침수흔적 종합보고서, 국토교통부 침수실적도, 각종 언론보도자료 등 많은 자료를 참고할 수 있다. 이 자료를 이용해 남양주시와 창원시에 대해 과거 호우 시 피해발생 위치와 원인을 확인해<sup>10)</sup> 도시침수에 해당되는 곳을 파악하였다. 남양주시는 <표 4-2>와 같이 지난 10여 년 동안 2005년, 2006년, 그리고 2010년에서 2014년까지 매년 침수피해를 입었으며, 특히, 2011년 7월에는 일패동, 가운데, 진접읍 등 넓은 지역에 걸쳐 주거·상업활동에 큰 피해가 발생한 바 있다. 창원시는 <표 4-3>과 같이 2009년, 2012년, 2014년, 2016년의 침수피해가 조사되었으며, 2014년의 8월 호우 시 옛 마산시 구시가지를 중심으로 큰 침수피해를 경험하였다.

---

8) 앞에서 언급한 것과 같이, 2차년도와 3차년도에는 각각 최대 8개 지역씩 추가적으로 다루고자 하며, 나머지 지역에 대해서는 사업 이후 유관부처 및 지자체 협조를 통해 확대할 예정이다.

9) 2차년도 연구를 위해 8개 시·군·구에 대한 상세이력조사를 추가적으로 수행해 [부록4]에 제시하였다.

10) 즉, 비도시지역 홍수, 대한천 하류지역 범람, 토석류 등이 원인인 경우를 제외한다.

**표 4-2 남양주시 도시침수 상세이력 조사 결과**

행정구역 구분		일시	내용
시군	읍면동		
남양주시	진접읍	'11.07.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>정광산호아파트의 도로 통제</li> <li>도농 지하차도 통제</li> <li>시도 107호선, 국도 1호선 병점 지하차도 침수 통제</li> </ul>
	도농동	'14.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>중촌지하차도 통제</li> <li>- 지하차도에 주차된 승용차7대 침수</li> </ul>
		'05.07.01	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로 3곳 침수로 굴다리 및 부영아파트 입구 통제</li> </ul>
	화도읍	'13.07.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>주택 12동, 상가 5동 침수</li> </ul>
	금곡동	'13.07.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>주택 8동, 상가 5곳 침수, 차량 4대 침수 및 파손</li> </ul>
		'05.08.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>반지하주택 3곳 침수</li> </ul>
	일패동	'11.07.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>인근 지방 2급 하천인 일패천 범람</li> <li>12가구 담장 높이까지 침수</li> </ul>
	가운동	'11.07.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>619번지 일대 침수</li> <li>- 상습침수지역으로 평소에도 주민피해 큼</li> </ul>
	수석동	'10.08.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>4거리 도로 우수배제불량</li> <li>- 약 7시간 서울~양평·강원도방향 도로 통제</li> </ul>
		'10.08.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>수석~호평간 자동차전용도로 및 갓길 침수</li> </ul>
	퇴계원면	'06.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>2가구 침수</li> </ul>
	양정동	'06.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>왕자궁 일대 침수로 71세대 대피</li> </ul>

**표 4-3 창원시 도시침수 상세이력 조사 결과**

행정구역 구분		일시	내용
시군	읍면동		
창원시	의창구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>창원천 범람으로 명곡로터리 ~ 창원 훔플러스 도로 침수</li> <li>팔용동 창원종합버스터미널 앞 창원대로 침수</li> <li>팔용동 창원대로 2곳의 지하차도 침수</li> <li>토월복합상가 지하, 팔용동 프라임하우스 주차장 등 지하 침수</li> </ul>
		'16.04.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>동정동 소수 지하차도 통제(1.3m가량 침수)</li> </ul>
		'09'12'14	<ul style="list-style-type: none"> <li>팔용동 팔용공구상가 일대, 창원종합버스터미널 일대</li> <li>- 상습적 창원천 범람으로 '16 우수저류시설 설치사업 예정</li> </ul>
	성산구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>내동, 성산구 법원 사거리 주요 저지대 침수</li> <li>중앙동 일대 우수관 역류</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>외동 창원산업단지 일부 공장 및 반지하건물 침수</li> <li>- 성산구 우수저류시설 '15.12 완공</li> </ul>

행정구역 구분		일시	내용
시군	읍면동		
창원시	마산합포구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>산호동 무학맨션 ~ 중앙동로 창원지방검찰청 구간 통제</li> <li>해안도로, 신포동 어시장 일대 상가 침수 피해</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>경남대학교 인근 버스정류소 일대 침수</li> <li>경남대학교 뒤편 산복도로 일부 침수</li> </ul>
	마산회원구	'16.07.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>양덕동 롯데마트 진출입로 주변 침수</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속버스터미널 앞 도로 및 인근 상점 침수</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉암로 침수로 3개차로 3km구간 통제</li> </ul>
		'14.08.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성동 인근상가 지하 침수</li> </ul>
		'12.09.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>구암동 하이트맥주 공장 ~ 회성동 창원교도소 구간의 성남로 침수로 교통 통제</li> </ul>
	'12.07.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>양덕동 수출자유지역 후문 ~ 봉암교 구간의 도로 1km구간 침수</li> </ul>	
	진해구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>용원동 의창수협 일대 상가 침수(건물의 2/3 가량 침수위 상승)</li> </ul>
		'14.08.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>집중호우로 배수로 막혀 청안동 펜션 건물 지하 침수</li> </ul>
		'12.09.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>용원동 (용원시가지) 일대 인근 상가 일부 침수</li> </ul>

과거 도시침수 피해를 자세히 파악한 뒤에는 현장조사를 위해 중요한 피해발생 위치를 지도에 표시하였다.

### 3) 현장·면담조사 실시

현장·면담조사는 침수피해 이력조사 결과를 검증하고, 피해이력에 누락되었거나 추가조사가 필요한 지점을 파악하기 위해 실시하였다. 먼저 시·군청이나 주민자치센터를 방문해 담당자와 면담을 실시해 침수이력 조사 결과의 타당성 여부를 확인하고, 과거 피해 이후 대책추진 여부, 도시침수와 관련된 주요 민원발생지 등을 검토하였다. 이어서, 확인·추가된 지점에 대해 현장조사를 실시하는 데, 특히 인근의 하천환경, 지형, 배수·방재시설, 개발여건(건축물 설치, 토지이용방식, 중요 계획시설 위치) 등을 확인해 최종적으로 도시침수 대책이 중요한 지점을 확정하였다.

<표 4-4>는 남양주시의 현장조사 결과를 보여주고 있다. 침수이력조사와 현장·탐문조사를 종합해 선정된 중요 지점들은 금곡동, 양정동 일대에 위치하였다. 이 중, 금

곡동의 경우는 흥릉천의 수위 상승으로 인한 범람이나 관로가 집중된 복개부 입구에 역류로 인한 침수발생 가능성이 우려되었으며, 저지대에 지하 또는 노후 건축물이 다수 위치하고 있음을 확인할 수 있었다. 양정동의 일대는 침수발생 시 일패천 주변에 형성되어 있는 주거지역의 하천범람 피해가 크게 우려되었으며, 특히, 왕자궁 마을(舊 이패동)은 주변에 비하여 지대가 현저히 낮아 배수의 어려움이 예상되었다.

**표 4-4** 남양주시의 현장조사 사진('16년 3월 18일 실시)

위치	현장전경		
금곡동			
일패동 (現양정동)			
이패동 (現양정동)			
진접읍			

<표 4-5>는 창원시에 대한 현장조사 실시 결과를 보여주고 있다. 침수이력조사와 현장·탐문조사를 종합해 선정된 중요지점은 마산회원구 석전동에 위치하였다. 특히, 지방하천인 삼호천을 중심으로 노면수와 관로유량이 집중될 수 있어 인근 사거리 앞의 주변지역에 걸쳐 내·외수 문제가 크게 발생할 것으로 우려되었다.

표 4-5 창원시의 현장조사 사진('16년 7월 15일 실시)

위치	현장전경		
의창구			
성산구			
마산합포구			
마산회원구			

#### 4) 중점관리 대상지 범위 확정

현장·탐문조사를 종합해 선정된 중요지점을 기준으로 10m×10m 해상도의 수치표고자료와 GIS 분석 도구<sup>11)</sup>를 이용해 중요지점을 포괄하도록 시범적으로 선정한 지자체에 대해 대상지 범위를 <그림 4-6>과 같이 확정하였다. 이를 위해 여러 단계의 지형 분석이 수행되었는데, 먼저 수치표고자료로부터 중요지점을 포함하는 지역의 흐름방향도(flow direction)<sup>12)</sup>를 계산해 빗물의 유출경로를 파악하였다. 그리고 흐름방향도를 이용해 흐름누적유량도(flow accumulation)<sup>13)</sup>, 하천차수도(stream order)<sup>14)</sup>를

11) ESRI ArcGIS ver.10.2의 Hydro tools 사용

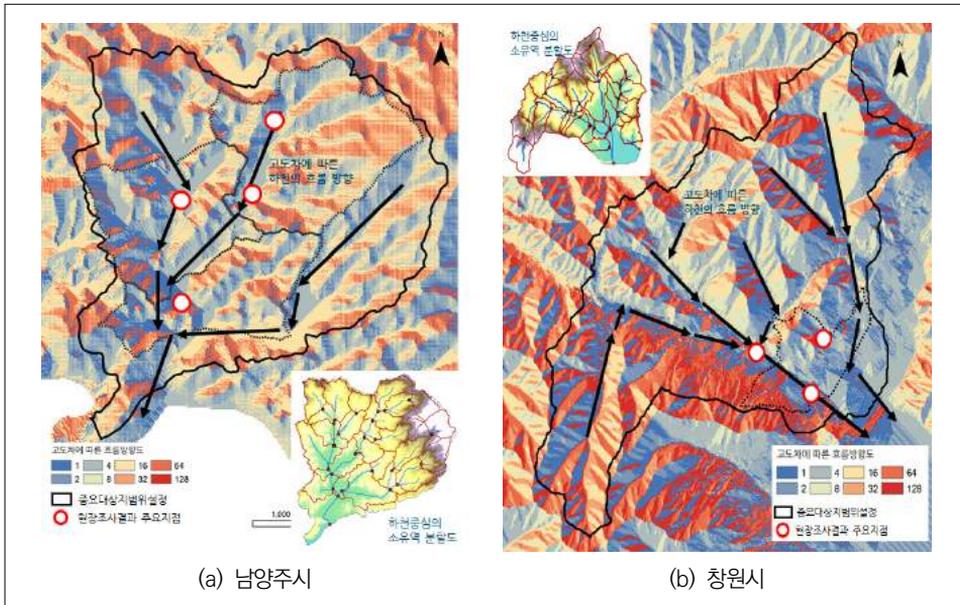
12) 흐름방향도는 수치표고자료의 표고값을 토대로 주위방향으로 경사도를 분석한 뒤 경사가 가장 급한 방향에 대한 값을 표기한 도면을 의미한다.

13) 흐름누적유량도는 “유출량은 상류에서 하류로 점차 누적된다”는 개념에 따라 최상류에서 흐름방향도의 경로를 따라 기본값을 누적한 도면을 의미한다.

14) 하천차수도는 흐름누적유량도를 가지고 지정한 하천을 구간별로, 즉, 최상류부터 하류까지 기본값을 누적한 도면

순차적으로 구하고 이어서 하천유역도(watershed)<sup>15)</sup>를 생성하였다. 최종적으로, 하천유역도 내에서 대상지 내 중요지점을 포함하는 소유역들을 선택하여 집수유역 경계를 확정하였다.

그림 4-6 중점관리대상지 공간범위 설정을 위한 지형공간정보 분석 결과



〈그림 4-6(a)〉는 남양주시를 대상으로 시범 분석된 중점관리대상지로, 금곡동 및 양정동 일대(舊 일패동·이패동)를 포함한 총 29.4km<sup>2</sup>의 지역이 선정되었다. 대상지 내 거주인구는 총 29,048명으로 추계되었는데<sup>16)</sup>, 특히 금곡동 지역의 인구밀집도가 높은 특징이 있다. 전체 면적 29.4km<sup>2</sup> 중 자연녹지지역 93%를 제외하고 1.91km<sup>2</sup>가 주거 및 상업지역에 해당되는 데 여기에는 금곡동 지역의 제1종일반주거지역이 큰 비중(1.27km<sup>2</sup>)을 차지하고 있다.<sup>17)</sup> 창원시를 대상으로 시범 분석된 중점관리대상지는,

을 의미한다.

- 15) 하천유역도는 흐름방향도와 하천차수도를 이용해 산정하는 것으로, 하천의 각 구간별로 집수되는 경계범위, 즉, 소유역을 도출한 뒤 이를 polygon으로 변환한 도면을 의미한다.
- 16) 대상지 인구는 국토지리정보원의 2014년 국토조사 인구통계주제도(100m×100m 해상도)를 활용해 중점관리 대상지 경계영역 내의 인구를 합산해 구하였다.
- 17) 대상지 토지이용 방식의 조사는 국토교통부 토지이용계획도를 활용하였다.

<그림 4-6(b)>와 같이 석전동, 양덕동, 산호동, 봉암동 일대를 중심으로 두척동, 회성동, 회원동, 합성동, 구암동 지역을 넓게 포괄하는 총 35.4km<sup>2</sup>의 지역이 선정되었다. 대상지에는 총 161,871명이 거주하고 있으며<sup>18)</sup>, 석전동과 양덕동, 합성동 일대가 상대적으로 높은 인구밀도를 보였다. 전체 면적 35.4km<sup>2</sup> 중에서 자연녹지지역 83.1%를 제외하고 19.4km<sup>2</sup>가 주거, 상업, 공업지역에 해당되었다. 두 지역의 면적, 시가화, 인구 등을 비교한 결과는 <표 4-6>과 같다.

**표 4-6 남양주시와 창원시의 중점관리대상지 비교**

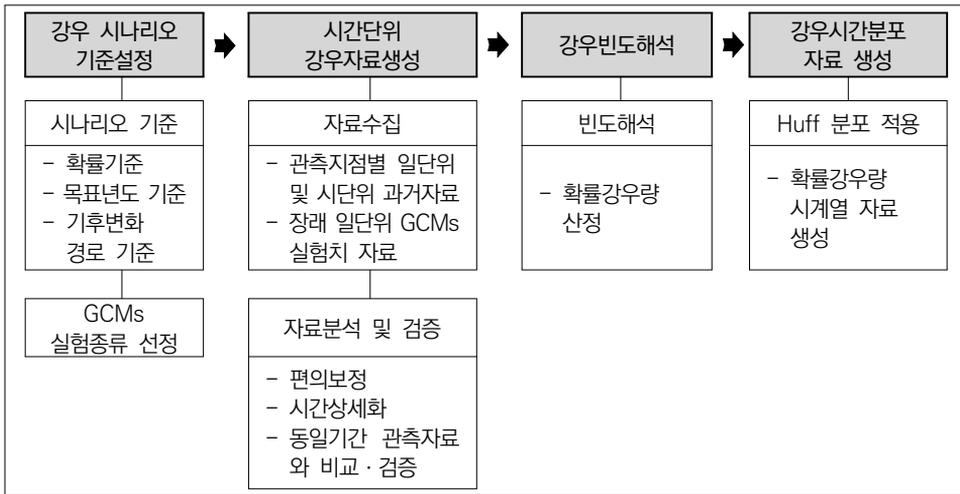
구분	남양주시	창원시
대상지 면적(km <sup>2</sup> )	29.4	35.4
대상지내 시가화지역 면적(km <sup>2</sup> )	1.91	13.4
대상지 인구(명)	29,048	161,871
대상지의 주요 토지이용방식	주거지역	주거·상업·공업지역

### 3. 강우 시나리오 자료 생성기법

도시침수는 집중호우에 의해 발생되기 때문에 중점관리대상지의 침수해석 및 지도개발에 앞서 강우기준을 상정(想定)하고 이에 맞는 단기강우에 대한 자료 확보가 필요하다. 강우는 장기적으로 기후변화와 직접적인 관련이 있는데, 장기적인 도시계획적 대책을 중시하는 본 연구의 특성 상 기후변화의 영향을 간과하기 힘들다. 따라서 강우 시나리오 자료를 도출하기 위해 장래 기후변화의 단기호우의 영향, 즉, 기후변화로 인한 확률강우량 변화를 파악할 필요가 있다. 이 점을 고려해 중점관리대상지별로 강우 시나리오 자료를 산정할 수 있도록 <그림 4-7>과 같은 절차를 제시하였다.

18) 대상지 인구는 국토지리정보원의 2014년 국토조사 인구통계주제도(100m×100m 해상도)를 활용해 대상지 경계영역 내의 인구를 합산해 구하였다.

그림 4-7 강우 시나리오 자료 생성 절차



## 1) 강우 시나리오 기준 설정

### (1) 강우 시나리오 기준<sup>19)</sup>

장래 강우사상은 크게 확률기준, 목표연도, 기후변화 경로 등 세 가지 가정에 의해 변할 수 있으며, 이 가정들의 조합으로 만든 시나리오를 도출·활용하기로 하였다. 확률기준에 대한 가정은 지속시간에 따른 발생빈도와 같은 확률특성을 의미한다. 본 연구에서 지속시간은 단 시간 동안 집중호우에 의해 발생하는 우리나라 도시침수 특성을 고려해 지속시간을 1시간으로 짧게 설정하기로 하였다.<sup>20)</sup> 이 가정에는 중규모 이상 유역단위에서 장시간 강우사상 누적으로 발생하는 하류의 하천범람은 분석대상에서 제외하기로 한 점도 고려하였다. 발생빈도의 경우 도시 배수시설 설계 등 방어목표로 채택하고 있는 재현기간 30년과 재난관리 차원에서 국제적으로 권장되고 있는 재현기간 100년을 모두 고려하기로 하였다.<sup>21)22)</sup>

19) 옥스퍼드 사전에 따르면 시나리오는 본래 “가정이 되는 사상들 및 이들의 전개방식(a postulated sequence or development of events)”을 의미하는데, 본 연구에서 강우 시나리오는 구체적으로 “기후변화의 영향으로 인해 발생할 수 있는 장래 강우사상”으로 정의하였다.

20) 유역의 형상, 면적, 경사 등에 따라 최대 홍수량이 발생하는 지속시간이 다르기 때문에, 이른 바 ‘임계 지속시간’을 경험적으로 결정하는 연구가 추후 필요한 것으로 판단된다.

21) 이후 영향권 정의 또한 이를 고려해 재현기간 30년과 재현기간 100년에 맞춰 설정하였다.

목표연도에 대한 가정은 기후변화의 강우량에 대한 영향은 시간에 따라 다르다는 점을 고려해, 분석대상으로 삼은 기간을 의미한다. 기후변화를 고려한 장래 강우 분석을 위해서는 지구순환모형(global circulation models, GCMs)으로 생성한 실험치를 활용해야 한다. 따라서 GCMs 실험치의 시간적 범위를 토대로 P<sub>1</sub>(2006년에서 2040년까지 비교적 단기 미래), P<sub>2</sub>(2041년에서 2070년까지 비교적 중기 미래), P<sub>3</sub>(2071년에서 2100년까지 비교적 장기 미래)로 구분할 수 있을 것이다. 세 가지 시간적 범위 가운데, 본 연구에서는 중장기적인 관점에서 위험을 분석하고 대책을 마련함과 동시에, 장래전망의 과도한 불확실성을 피하기 위해 P<sub>2</sub>의 기간을 목표연도로 선정하였다.

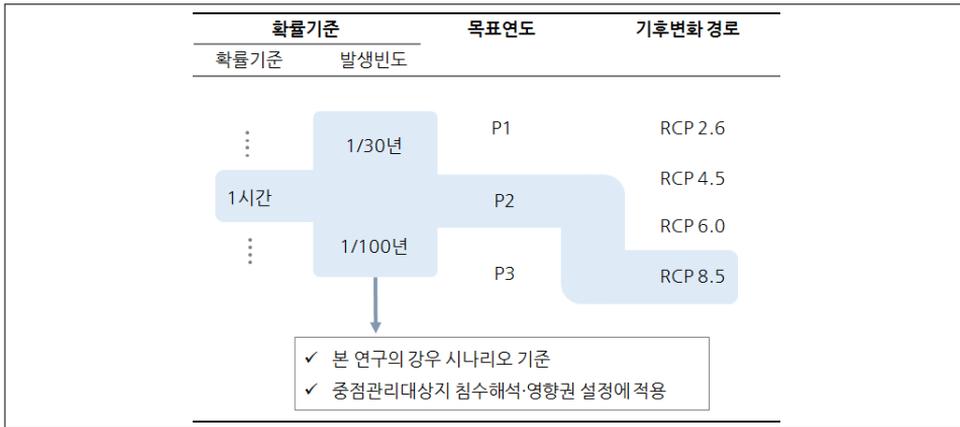
기후변화 경로에 대한 가정은 기후변화를 유발하는 지구의 사회경제적 미래상을 의미한다. 기후변화는 광역적 또는 전 지구적인 현상이므로, GCMs 수치실험은 IPCC에서 정의하고 있는 미래상에 대해 다음과 같이 다양한 가정을 고려해 수행되고 있다.<sup>23)</sup> 이 중에서 RCP 2.6(420ppm)은 인간활동 영향을 스스로 회복 가능한 경우로서 실현 불가능한 것으로 간주되고 있으며, RCP 4.5(540ppm)은 온실가스 저감정책이 상당히 실행되는 경우를 의미한다. 그리고 RCP 6.0(670ppm)은 온실가스 저감정책이 어느 정도 실현되는 경우이며, RCP 8.5(940ppm)은 현재의 추세로 온실가스가 배출되는 BAU시나리오로 간주되고 있다. 위의 네 가지 가정 가운데 본 연구에서는 온실가스 저감정책의 효과가 반영되지 않은 현재의 추세를 기초로 하는 RCP 8.5를 선택해 장래를 최대한 보수적으로 전망하기로 하였다.

확률기준, 목표연도, 기후변화 경로의 가정을 종합하면 전체 강우 시나리오 기준은 다음 <그림 4-8>과 같이 나타낼 수 있다. 즉, 지속시간 1시간에서 재현기간 30년과 100년의 2가지 강우 시나리오 고려하며, 각 시나리오는 RCP 8.5 경로와 2041년에서 2070년까지의 P<sub>2</sub> 기간에 대한 값이라는 가정을 내포한다.

22) 100년의 재현기간은 개념적으로 '일생에 걸쳐 해당 지역에서 발생 가능한 (possible) 수준'과 '일생에 걸쳐 주위 어딘가에서는 발생할 수 있는 (unlikely) 수준'의 사이로 해석된다. 보다 자세한 내용은 Saunders 외 (2013)를 참고할 것.

23) IPCC 4차보고서에서는 미래상을 장래 사회발전예에 대한 서술적 스토리라인(크게 A1, A2, B1, B2로 구분)으로 구분하였지만, 5차보고서에는 기상학적으로 대기가 온실가스에 의해 받는 에너지양인 복사강제력 (W/m<sup>2</sup>)을 중심으로 대기 중 이산화탄소 농도를 산출해 대표농도경로(Representative Concentration Pathway, RCP)를 지정하고 있다.

**그림 4-8** 강우 시나리오 기준 설정



(2) 원시자료의 출처

강우 시나리오 자료를 생성하는 데 원시자료가 되는 GCMs 실험치는 IPCC에서 공인하는 실험치 가운데 <표 4-7>과 같이 총 19가지 모형의 결과를 활용하기로 하였다. 여러 모형의 실험치를 활용하되, 추후 평균값을 선택해 모형 종류에 따른 민감성을 줄이기로 하였다.

**표 4-7** 본 연구에 사용된 GCMs 실험치

번호	모형	번호	모형	번호	모형
1	bcc-csm1-1	8	HadGEM2-ES	15	CESM1-BGC
2	CanESM2	9	inmcm4	16	CMCC-CM
3	CCSM4	10	MIROC5	17	CMCC-CMS
4	CNRM-CM5	11	MIROC-ESM-CHEM	18	IPSL-CM5B-LR
5	FGOALS-s2	12	MRI-CGCM3	19	MPI-ESM-MR
6	GFDL-ESM2G	13	NorESM1-M		
7	GFDL-ESM2M	14	HadGEM2-AO		

※ 원시자료 출처

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wu T. 외 (2010)</li> <li>2. Chylek, P. 외 (2011)</li> <li>3. Gent P. 외 (2011)</li> <li>4. Voldoire A. 외 (2013)</li> <li>5. Bao Q. 외 (2013)</li> <li>6. Dunne J.P. 외 (2012)</li> <li>7. Dunne J.P. 외 (2012)</li> <li>8. Jones 외 (2011)</li> <li>9. Volodin, E.M. 외 (2010)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Watanabe M. 외 (2010)</li> <li>11. Watanabe S. 외 (2010)</li> <li>12. Yukimoto S. 외 (2011)</li> <li>13. Tjiputra J.F. 외 (2012)</li> <li>14. Collins W.J. 외 (2008)</li> <li>15. Doney S.C. 외 (2009)</li> <li>16. Scoccimarro E. 외 (2011)</li> <li>17. Manzini E. 외 (2012)</li> <li>18. Institut Pierre-Simon Laplace, France</li> <li>19. Jungclaus 외 (2006)</li> </ol> |
|---|---|

## 2) 편 의 제거된 시간단위 강우자료 생성

공개된 GCMs 실험치는 몇 백 킬로미터 수준의 “큰 격자”별로 “일단위” 시계열 자료만 제공하기 때문에 관측지점의 강우 시나리오 자료를 얻기 위해 상당한 자료 처리가 필요하다.

### (1) 편 의 제거

먼저 백 킬로미터 단위의 큰 격자별로 공간적 평균화된 값과 해당지역 분석지점 강우자료의 공간적 불균질성(spatial heterogeneity)에서 발생하는 편차를 보정해야 한다. 이를 위해 기상청 관할의 관측소를 기준으로 분석대상 지역과 가장 가까이에 위치해 있는 관측소<sup>24)</sup>의 1979~2005년 사이의 일단위 강우량 자료를 수집하였다. 동시에 19가지 GCMs 실험치 또한 각 관측소와 가장 인접한 격자지점에 대해 1979~2005년의 검증기간의 일단위 강우량 자료를 추출하였다.

GCMs의 편의보정에는 일반적으로 사용하는 분위사상법(Panofsky and Vrier, 1968)을 적용키로 하였다. 분위사상법은 비초과확률을 바탕으로 격자기반 기상정보를 편의보정하는 기법으로, 검증기간에 해당하는 관측자료( $X$ )와  $i$ 번째 지구순환모형을 통한 모의자료( $X[i]$ )를 누적밀도함수( $F_{obs}$ 와  $F_{GCM}[i]$ )로 각각 정의한 뒤 관측치의 누적확률밀도함수의 역함수를 통해 모의자료를 편의보정( $X'[i]$ )하는 방법이다.

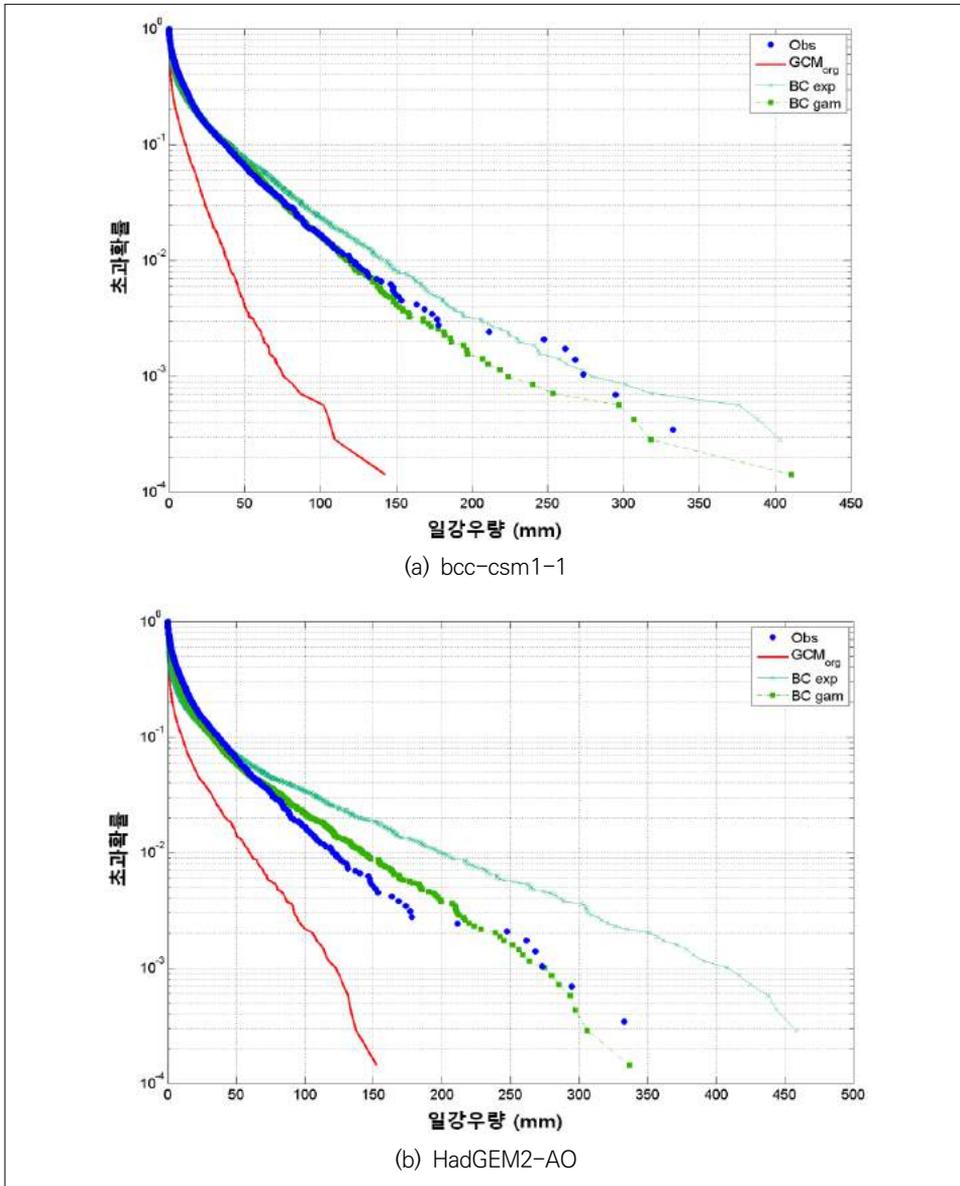
$$X'[i] \sim F_{obs}^{-1}(F_{GCM}[i]) \quad [1]$$

<그림 4-9>는 남양주시 인근 강우관측소에 대한 GCMs 자료 편의보정 결과의 예시를 나타내고 있다. 남양주시 인근 강우관측소인 서울지점에 대하여 관측자료( $F_{obs}$ ) 및 실험치( $F_{GCM}[i]$ )에 대해 다양한 확률밀도함수를 적용하였는데, 그 결과 <표 4-8>과 같이 모의자료의 확률밀도함수 또한 감마분포로 정의할 때 편의보정 결과가 가장 신뢰할 수 있는 것으로 확인되었다. 강우 시나리오의 일단위 관측자료를 통해 얻은 감마분포의 누적밀도함수의 역함수( $F_{obs}^{-1}$ )를 이용해 편의보정을 수행한 결과, 편의보정 전에

24) 남양주시의 경우 서울관측소(108), 창원시의 경우 창원관측소(155) 자료가 활용되었다.

비해 연최대 강우량 평균값은 71.9mm에서 154.1mm로 보정되었고 표준편차는 21.3mm에서 54.2mm로 보정되어 해당지점에서 검증기간 모의자료의 과소추정 문제를 잘 해결할 수 있게 됨을 확인하였다.

그림 4-9 서울관측소 GCM별 초과확률 비교 분석결과의 예시



**표 4-8 서울관측소 GCMs 모의자료의 편의제거 검증결과 요약**

- ▶ 모든 GCMs을 감마분포로 정의할 때 평균절대오차(MAE)와 평균제곱근오차(RMSE)는 각각 1.7, 4.9로 가장 작은 오차를 보임

	지수	감마	지수-지수	지수-감마	감마-검벨	감마-GEV
평균절대오차	3.74	1.67	2.20	1.75	2.59	1.71
평균제곱근오차	9.33	4.87	7.64	6.44	6.46	9.88

- ▶ 연최대 일강우량 평균값에 대해 편의보정된 결과를 관측자료와 비교할 때, 모의자료를 감마분포로 정의하는 경우(154mm)가 가장 관측치(162mm)와 유사함을 확인
- ▶ 연최대 일강우량의 표준편차에 대해 편의보정된 결과를 관측자료와 비교할 때, 모의자료를 감마-검벨 혼합분포로 정의하는 경우(61)가 가장 관측치(70)와 유사하며, 다음으로 감마분포(54)의 순서임을 확인

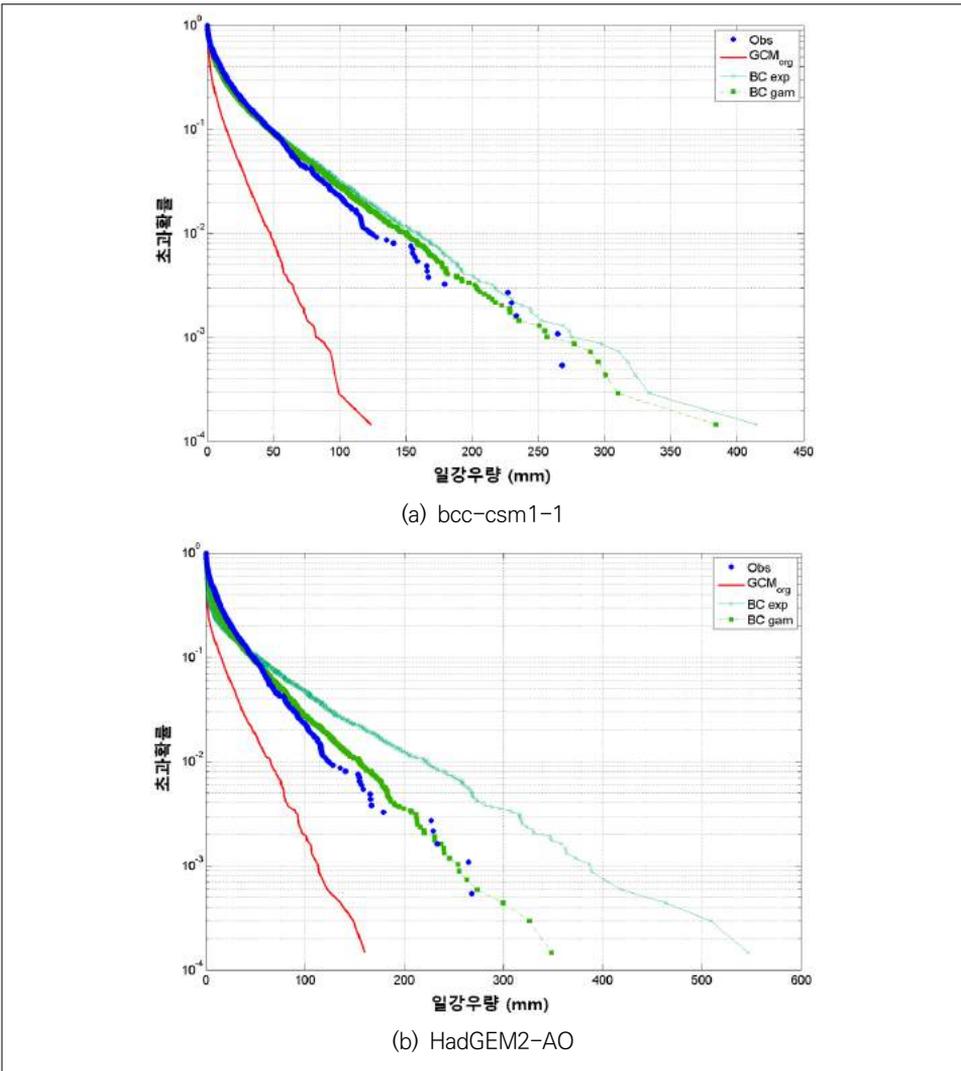
연최대값 (mm)	관측치	지수	감마	지수-지수	지수-감마	감마-검벨	감마-GEV
평균	161.7	98.1	154.1	108.7	117.8	174.6	186.8
표준편차	70.1	29.6	54.2	29.6	35.7	61.0	94.3

- ▶ 위와 같은 검증 결과를 종합해, 본 연구에서 서울지점 GCMs 모의자료의 편의를 제거하는 데 감마분포를 적용함

〈그림 4-10〉은 창원시 인근 강우관측소에 대한 GCMs 자료 편의보정 결과의 예시를 보여주고 있다. 앞의 서울관측소 지점과 마찬가지로 모의자료의 확률밀도함수를 감마 분포로 정의할 때 편의보정 결과가 가장 신뢰할 수 있는 것으로 확인되었다. 즉, 모든 GCMs을 감마분포로 정의할 때 평균절대오차(MAE)와 평균제곱근오차(RMSE)는 각각 2.7, 5.7로 오차가 낮은 수준이었다. 강우 시나리오의 일단위 자료에 관측자료를 통해 얻은 감마분포의 누적밀도함수의 역함수( $F_{obs}^{-1}$ )를 이용해 편의보정을 수행한 결과, 편의보정 전에 비해 연최대 강우량 평균값은 79.3mm에서 195.2mm로 보정되었고 표준편차는 23.8에서 52.9로 보정(관측값 특성과 유사)되어 해당지점에서 검증기간 모의자료의 과소추정 문제를 잘 해결할 수 있게 됨을 알 수 있었다.<sup>25)</sup>

25) 해당지점에서 검증기간 내 관측치의 연최대 강우량 평균과 표준편차는 각각 151.3mm, 56.7로 산정되었다.

그림 4-10 창원관측소 GCM별 초과확률 비교 분석결과의 예시



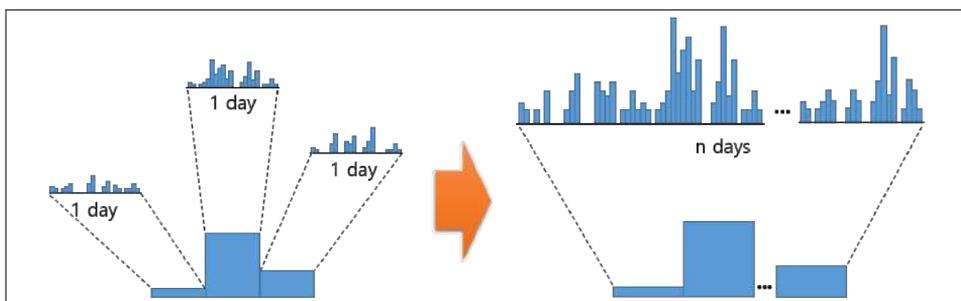
(2) 강우시계열 자료의 시간상세화(downscaling)

GCMs 실험치를 토대로 편의보정된 자료는 일단위 강우 시계열이지만, 지속시간 1 시간 단위의 집중호우에 의해 발생하는 침수해석을 위해 시간단위의 강우강도값이 필요하다. 이를 위해, 관측된 시간단위 시계열 자료가 어떤 일단위 시계열 자료에서 발생

되는 지에 대한 해당 관측지점 고유의 패턴을 파악한 뒤 편의보정된 일단위 강우 시계열 자료를 다시 시간단위로 상세화하는데 적용하기로 하였다.

시간단위 상세화에 사용된 방법은 비모수 통계적 시간상세화(Nonparametric Temporal Downscaling) 기법으로, 연단위 자료를 월단위로 상세화하는 데에서부터 일단위 자료를 시간단위로 상세화하는 데까지 활용되는 방법으로 k-nearest neighbor resampling과 유전 알고리즘을 혼합하여 Lee and Jung (2014)의 연구를 통해 개발된 것이다. k-nearest neighbor resampling은 일단위 모의자료에 대한 다양한 시간단위 자료군을 생성하는 데 사용하는데, 시간단위로 상세화하고자 하는 일 강우자료와 가장 유사한 k개의 관측된 일 강우자료를 먼저 찾은 뒤 해당 일의 시간단위의 자료군을 추출하고 각 자료군에 대한 가중치를 무작위로 부여한다. 유전 알고리즘의 교배과정(재생, 교차, 변이)은 일단위 모의자료에 대한 시간단위 자료군을 토대로 임의의 단일 자료군을 생성한 뒤 관측된 시간단위 자료군과 통계적으로 유사성을 보일 때까지 가중치를 조정한다. 기존의 비모수 통계적 시간상세화 기법은 단 1일을 기준으로 시간상세화를 수행함에 따라 강우가 가지는 연속성을 고려하지 못하기 때문에 극치강우의 과소산정을 초래하는 문제점을 가지고 있어, 본 연구에서는 k-nearest neighbor resampling 단계에서 2일 이상 단위의 연속성을 고려해 시간단위 자료군을 생성·활용해 극치값 오차를 줄이고자 하였다(〈그림 4-11〉).

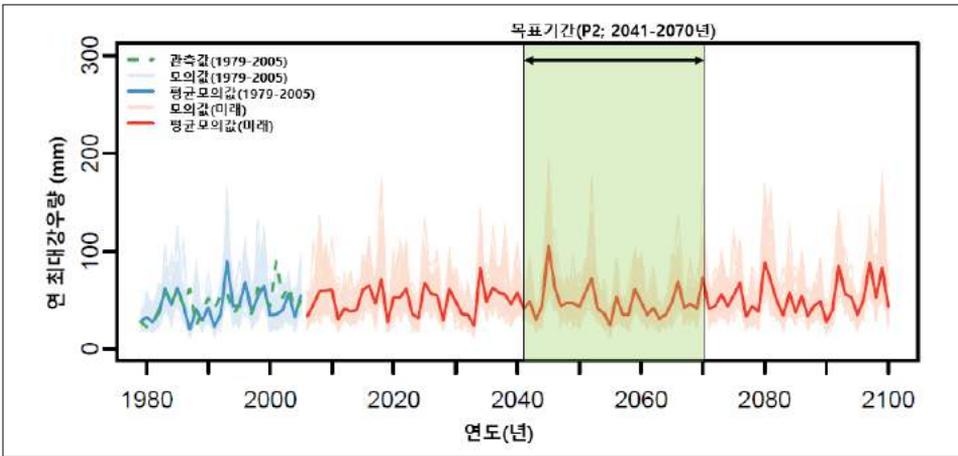
**그림 4-11** 비모수 통계적 시간상세화 기법의 개념도



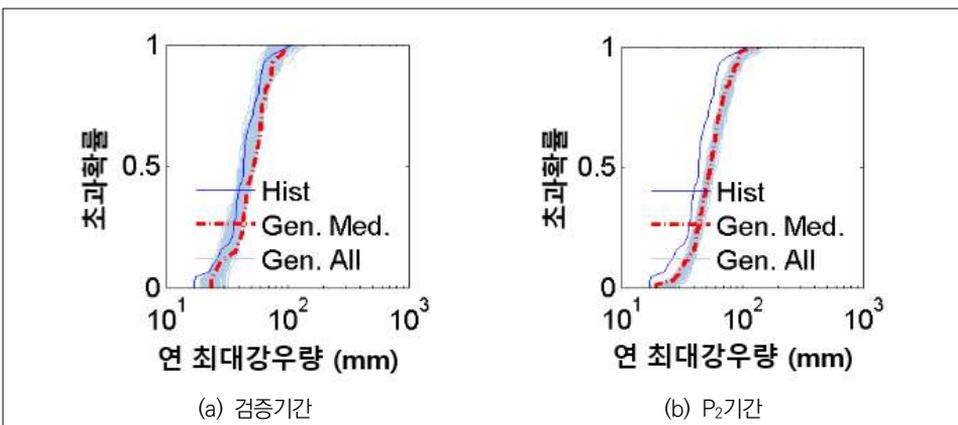
남양주시 인근 관측지점의 편의보정된 GCMs 실험치를 위의 시간상세화 기법에 적용한 결과 1시간 연최대 강우량은 〈그림 4-12〉와 같이 생성되었다. 1979~2005년의

검증기간에 대하여 지속시간 1시간 연최대 강우량의 누적확률분포를 비교한 결과(그림 4-13(a)), 관측자료가 모의자료의 범위에 포함되며 두 자료의 확률분포적 특성이 유사함을 확인할 수 있다. 목표기간(P2)에서의 지속시간 1시간 연최대 강우량의 누적확률분포를 보면(그림 4-13(b)), 과거 관측자료는 모의자료 범위를 벗어나는 데, 이는 과거에 비해 미래의 극치강우가 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

**그림 4-12** 서울관측소의 장래 연최대강우량 모의결과(지속시간 1시간)

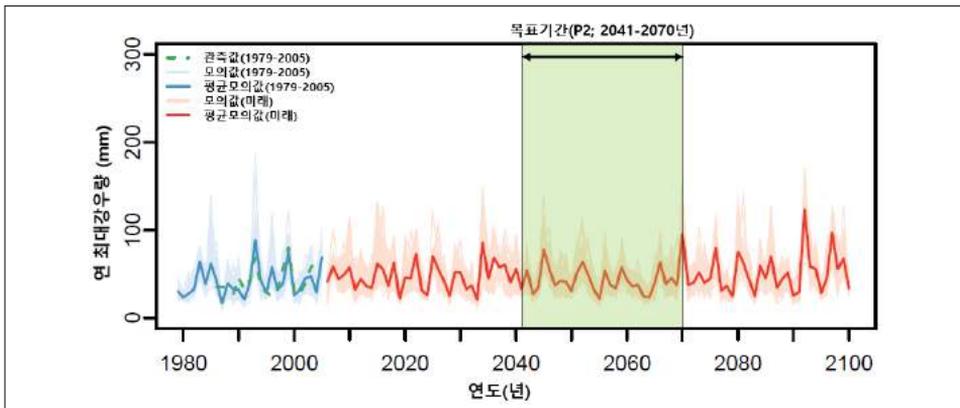


**그림 4-13** 서울관측소 지점의 비모수 통계적 시간상세화 기법의 적용 결과(지속시간 1시간)

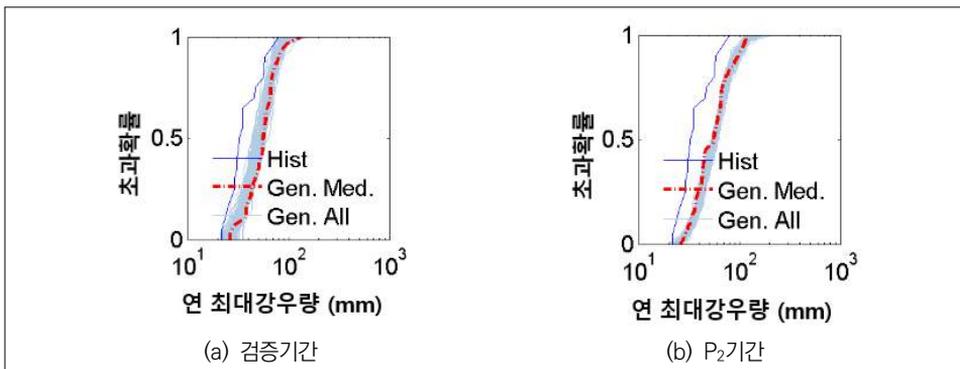


창원관측소 지점의 편의보정된 GCMs 실험치를 시간상세화 기법에 적용한 결과 1시간 연최대 강우량은 <그림 4-14>와 같이 생성되었다. 1979~2005년의 검증기간에 대하여 지속시간 1시간 연최대 강우량의 누적확률분포를 비교한 결과(<그림 4-15(a)>), 관측자료는 모의자료의 범위를 일부 벗어나기도 하는데, 지구순환모형의 모의자료에서 완벽하게 제거할 수 없는 불확실성으로 인한 것으로 판단된다. 목표기간(P<sub>2</sub>)에서의 지속시간 1시간 연최대 강우량의 누적확률분포를 보면, 과거 관측자료는 모의자료 범위를 더욱 더 벗어나는데, 이는 마찬가지로 창원관측소 지점에서도 과거에 비해 미래의 극치강우가 증가하는 것으로 해석할 수 있다(<그림 4-15(b)>).

**그림 4-14** 창원관측소의 장래 연최대강우량 모의결과(지속시간 1시간)



**그림 4-15** 창원관측소 지점의 비모수 통계적 시간상세화 기법의 적용 결과(지속시간 1시간)



### 3) 강우빈도 해석

다음으로는, 1시간 지속시간의 연최대 강우량의 누적확률분포도를 그려 재현기간별 확률강우량을 도출하였다. 즉, <그림 4-13(b)>와 <그림 4-15(b)>의 누적확률분포도에서 재현기간 30년과 100년의 조건(누적확률 0.967과 0.990)에 해당되는 강우량을 확인하였다. 남양주시 인근의 서울관측소 지점에 대해서는 지속시간 1시간의 재현기간 30년, 100년 조건의 강우강도는 각각 90.8mm/hr와 108.3mm/hr로 분석되었다. 분석대상 지점의 과거 강우강도와 비교할 때, 해당 조건에서 기후변화 영향으로 인해 강도는 약 12% 수준 증가함을 의미한다. 창원관측소 지점에 대해서는 지속시간 1시간의 재현기간 30년, 100년 조건의 강우강도는 각각 82.7mm/hr와 99.1mm/hr로 분석되었다. 분석대상 지점의 과거자료를 이용해 산정했을 때와 비교할 때, 기후변화 영향으로 인해 강도는 약 13% 수준 증가할 것으로 전망되었다.

**표 4-9** 두 지역의 1시간 지속시간에서 장래 강우강도 변화 전망

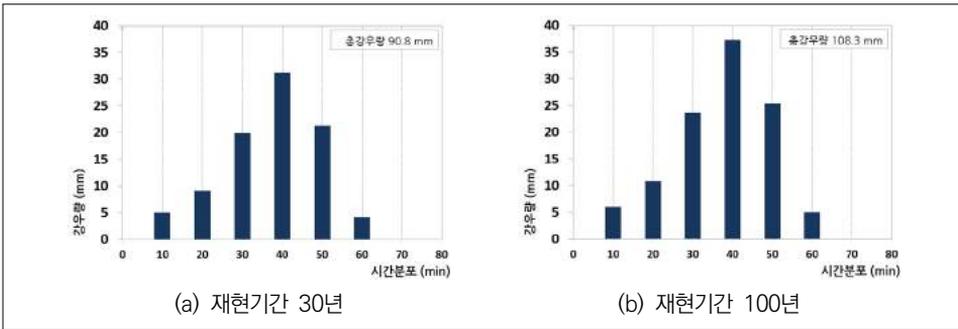
확률강우량		재현기간 30년		재현기간 100년	
		서울	창원	서울	창원
과거		81.1	73.1	96.4	87.3
장래 (RCP8.5, P <sub>2</sub> )	강우강도(mm)	90.8	82.7	108.3	99.1
	변화량(%)	(12.1)	(13.2)	(12.3)	(13.5)

### 4) 강우 시간분포 자료 생성

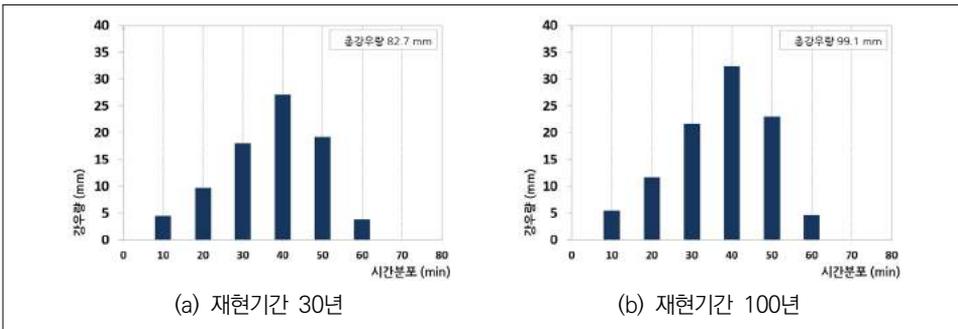
추후 현실적인 침수해석을 할 수 있도록, 산정한 지속시간 1시간 강우강도 값을 Huff의 시간분포<sup>26)</sup>를 이용해 10분 단위의 시간분포로 표현하였다. 두 관측소 지점의 1시간 강우강도값을 국토교통부(2011) 연구에서 권장하는 Huff의 3분위를 적용해 <그림 4-16>과 <그림 4-17>과 같이 10분단위 시계열 자료를 도출하였다.

26) 'Huff 시간분포'란 지속시간 이내에서 짧은 시간 단위에 따른 강우의 분포를 묘사하기 위해 사용하는 것으로, 강우기록을 통계학적으로 분석해 침투발생 형태에 따라 4가지 유형에 따라 만든 무차원 시간분포곡선을 의미한다.

**그림 4-16** 서울관측소 지점의 미래 강우 시나리오값



**그림 4-17** 창원관측소 지점의 미래 강우 시나리오값



**표 4-10** 분석대상 지점의 강우 시나리오별 시간분포 강우자료

(단위 : mm)

10분단위의 강우분포	과거				미래			
	30년		100년		30년		100년	
	서울	창원	서울	창원	서울	창원	서울	창원
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
10	4.5	4.0	5.4	4.8	5.0	4.5	6.0	5.4
20	8.1	8.6	9.7	10.3	9.1	9.8	10.9	11.7
30	17.7	16.0	21.1	19.1	19.9	18.1	23.7	21.7
40	28.0	23.9	33.3	28.6	31.3	27.1	37.3	32.5
50	19.0	17.0	22.6	20.3	21.3	19.2	25.4	23.0
60	3.8	3.5	4.5	4.1	4.2	3.9	5.0	4.7

## 5) 강우 시나리오 자료생성 간소화 방향

추후 모든 중점관리대상지 인근의 기상관측소 지점에 대한 극치강우의 변화를 파악하기 위해 위와 같은 방법으로 엄밀하게 산정하는 것은 매우 긴 작업시간과 많은 작업량을 필요로 할 것이다. 게다가 축적된 강우자료가 부족한 관측지점의 경우 위 분석을 적용하는 것은 불가능하다. 따라서 2차년도에는 1차년도를 통해 얻은 경험을 이용해 강우 시나리오 자료를 생성하는 보다 간소한 방법을 제시하고, 전국적으로 확대적용할 예정이다. 강우 시나리오 자료생성의 간소화를 위해, 1차년도에는 IPCC에서 공인하는 19개 GCMs 실험치를 활용해 기후변화의 단기호우에 대한 영향을 “확인”하는 데 초점을 둔 반면, 2차년도에는 GCMs 실험치 종류를 줄여<sup>27)</sup> 작업부담을 완화시키고자 한다. 또한 1차년도 연구를 통해 GCMs 실험치 편이제거 시 감마분포가 크게 우위를 보였으므로, 2차년도에서는 다른 확률분포를 추가 검토하지 않고자 한다. 충분한 기상 자료가 확보되어 있는 주요 관측소를 중심으로 강우강도 값의 변화를  $\Delta$ 값으로 제시하고, 기존의 확률강우량값에서 변화량( $\Delta$ 값)을 합해 손쉽게 미래 강우 시나리오 자료를 산정할 수 있도록 하는 방법을 개발·활용할 것이다.

## 4. 도시침수의 간소화된 해석방법

본 연구에서 도시침수 피해발생이 가능한 곳을 공간적으로 해석하기에 앞서 <표 4-11>과 같이 우리나라 도시침수 발생의 주요 특성을 조사하였다. 우리나라 도시지역은 상류에 산지를 포함하는 지형적 특성을 가지며, 중하류 불투수 면적이 높은 토지는 상부의 복잡한 구조물과 하부의 밀도가 높은 관망으로 인해 수리학적 변화가 크고 반응이 빠른 특성이 있다. 이로 인해 도시침수는 호우발생 시 저지대 침수, 우수 배제 실패, 소하천 범람 등 복합적인 원인으로 발생된다.

---

27) 기상청에서 발표한 실험치를 중심으로 최소한의 GCMs을 활용할 예정이다.

표 4-11 도시침수 피해 원인

우수배제 실패의 원인	시스템적 원인
(1) 하천의 외수위 영향 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 하천외수위 상승으로 인한 월류, 하천여유고 및 통수능 부족으로 인한 범람</li> </ul> (2) 우수 유입시설로 인한 문제 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 빗물받이 시설 부족</li> </ul> (3) 배수펌프장 시설 문제 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 배수펌프장의 용량부족 및 배수로 정비불량 등으로 인한 문제</li> </ul> (4) 우수관거 관련 문제 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계홍수량을 초과하는 이상호우에 대한 우수관거 용량 부족</li> </ul> (5) 노면 및 위치적 문제 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 외수위 상승에 의한 저지대 내수배제불량</li> <li>• 주변지역으로부터 우수의 저지대 집중</li> </ul>	(6) 기후 및 구조적 변화 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화로 인한 강우의 강도 및 빈도 증가</li> <li>• 도시환경의 변화로 인한 불투수지역의 증가</li> </ul> (7) 대책시스템의 부재 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 하천 위주의 정책으로 내수침수 저감대책 미흡</li> <li>• 도시지역 내 과거 침수이력의 정보 부족</li> <li>• 지하공간에 대한 개발 시 영향 검토 방안 부재</li> <li>• 기성 도시의 건축, 방재 시설 등의 노후화에 대한 분석 방안의 부재</li> <li>• 도시계획 시 침수대책 반영을 위한 시스템 부재</li> </ul> (8) 관리주체 및 법체계의 분산·관리 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 하수도법, 하천법, 자연재해대책법 등 관리주체 및 법체계의 이원화로 부처간 연계성 부족</li> </ul>

자료: 심우배 (2008), 신상영 외(2011), 심재현과 최승용 (2012) 등의 내용을 재구성함

이와 같이 도시침수 현상이 다양한 원인에 의해 발생되기 때문에 효과적으로 해석하기 위해서 적합한 모형의 선택이 매우 중요하다. 산지부 및 도시지역의 유출량 집중으로 인한 지방하천 및 소하천의 범람에 대한 수문학적 해석이 필요하며, 도시공간 내부의 저지대 적체, 관거 이송용량 부족으로 인한 배수 지체, 하천수위 증가에 의한 관거역류 등 수리학적 해석 또한 필요하다. 아울러, 도시계획적 대책을 마련하는 데 필요한 넓은 공간범위를 포괄할 수 있는 모형의 간소화 및 연계가 중요하다. 넓은 공간범위에 대한 침수해석에 오랜 기간 신뢰성이 검증된 모형이 필요하며, 입력자료를 쉽게 확보하고, 입력자료 구축 등에 작업량을 줄일 수 있는 모형이 선호되어야 할 것이다.

**표 4-12 검토된 침수해석 수리모형의 예**

모형	특징	단점
영국 RRL	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시지역의 지표유출의 관로 유입</li> <li>유입-유하-유출 과정 재현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관거 내 저류효과 고려 불가능</li> <li>불투수 지역 구분 어려움</li> <li>연속강우 모의 불가능</li> </ul>
미국 ILLUDAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시지역 배수시스템 연계 가능</li> <li>불투수 지역 고려 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천 수위상승에 따른 배수시스템 영향 고려 불가능</li> <li>연속강우모의 불가능</li> </ul>
덴마크 DHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시지역 특성 고려 가능</li> <li>관로해석 가능</li> <li>수리적 특성 해석 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구입가격이 비쌌</li> <li>사용자의 전문성이 요구됨</li> </ul>
미국 EPA SWMM	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시유출 분석 가능</li> <li>외수위 고려 내수배제 불량 해석 가능</li> <li>배수시스템의 월류 유량 계산 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모형구축에 시간과 노력이 요구됨</li> <li>- 입력 변수 산정, 모형구축 등</li> </ul>
미국 공병단 HEC-RAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>정상류 및 비정상류 해석 가능</li> <li>하천 홍수터 침식과 제방 영향 모의 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시배수 해석 어려움</li> </ul>
미국 공병단 HEC-HMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>강우-유출분석 모형으로 유입수문곡선과 하도의 물리적 특성을 통한 수문곡선 해석 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시배수 해석 어려움</li> </ul>
한국수자원학회 (2009) 표준 강우-유출 관계 곡선법	<ul style="list-style-type: none"> <li>광범위한 수문관측자료의 분석으로 유역의 유출특성 조건에 따른 강우량과 유출량의 관계 정의로 특정 강우량에 대한 유출량 산정이 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석 유역의 면적이 광범위하고 수문 관측자료가 부족한 경우, 적용이 어려움</li> </ul>

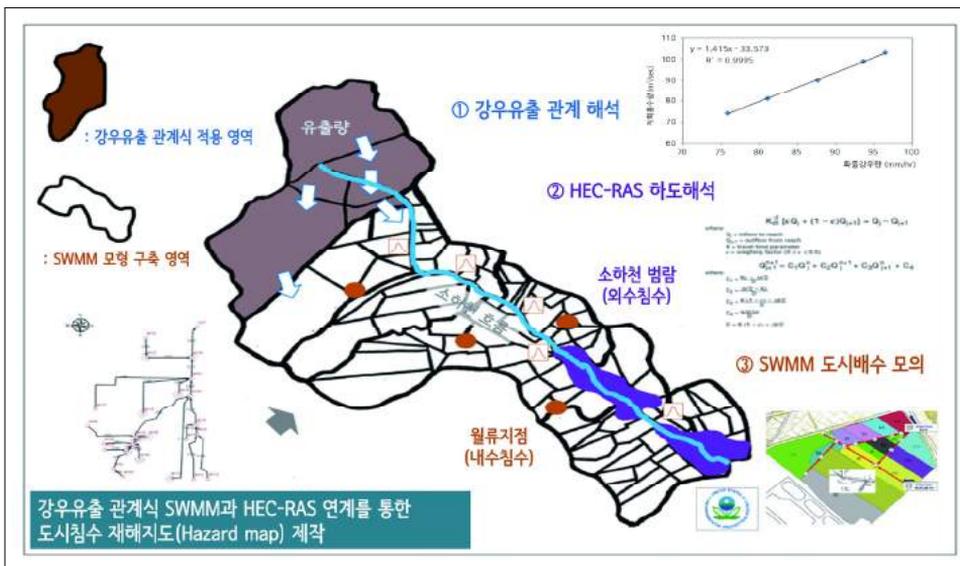
본 연구에서는 도시지역을 포함한 집수유역을 크게 상류의 산지, 중소하천, 하류의 인조지역으로 구분해, 표준 강우-유출 관계 곡선법(한국수자원학회, 2009)과 함께 미 공병단의 HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) 모형<sup>28)</sup>, 미 EPA의 SWMM (Storm Water Management Model)<sup>29)</sup>을 연계·활용하기

28) HEC-RAS는 개수로 형태의 자연하천과 인공하천에서 1차원 정상류의 수면곡선을 계산하기 위해 개발된 것으로 기본방정식으로 에너지 방정식이 적용된다. 수면곡선의 계산은 표준축차법이 적용되고 모르는 단면과 연속되는 다음의 단면 간의 값을 에너지 방정식을 적용해 반복적으로 계산하고 이 때 발생하는 두 횡단면 간의 에너지 손실은 마찰공식(Manning 공식)과 수축·확대손실에 기초한다. 1970년대 미공병단 산하 수문기술연구소(HEC, Hydrologic Engineering Center)에서 HEC-2로 처음 개발되어 현재까지 보완하여 HEC-RAS 모형으로 발전되었다. 본 연구에서는 최신 버전인 HEC-RAS 5.0.3을 이용하였다.

29) SWMM은 도시유역의 하수시스템을 고려한 유역의 유출모의를 위해 개발된 것으로 기본방정식으로 Saint Venant식을 적용하였다. 본 모형은 지표면 및 지표하 흐름, 하수관망에서의 유출량 추적, 저류량 산정 등을 종합적으로 모의할 수 있고, 지표면 유출은 비선형 저류방정식, 침투량 산정은 Horton, Green-Ampt, SCS CN, 수로 및 관로에 대해 유출은 비선형 저류방정식, 수송(Transport)에는 Kinematic 방정식, 관로는 Dynamic 방정식 또는 연속방정식이 적용되고, 저류추적은 수표면이 평행하다고 가정할 수정 Pulse 방법이 기초한다. 1971년 미환경청(EPA, Environmental Protection Agency)의 지원 아래 Metcalf & Eddy 사가

로 하였다.<sup>30)</sup> 지형분석을 통해 도출된 상류 산지지역에 대해서는, 한국수자원학회(2009)의 하천설계기준에서 제시하는 표준 강우유출 관계곡선식을 적용해 산지부에서 소하천으로 유입되는 유출량 산정하고자 하였다.<sup>31)</sup> 소하천 등 외수위 상승으로 인한 범람은 HEC-RAS 모형을 구축하되, 하천기본계획 보고서에서 제시된 하천단면별 강우량 대비 유량값을 활용해 노면수 유입 효과를 간단히 반영하고 하천수위를 해석(<표 4-11>의 (1)에 대한 해석)하기로 하였다. 또한 중하류 인조지역 중 관망밀집지역에 대해 하수관망을 간소화<sup>32)</sup>하고, SWMM 모형을 통해 내수침수 발생 가능성을 평가(<표 4-11>의 (2)~(5)에 대한 해석)하고자 하였다. 마지막으로 GIS 도구를 이용해 수문·지형분석을 통해 침수의 확산범위와 침수위를 도출하기로 하였다.

그림 4-18 본 연구에서의 도시침수 해석 개념도



Florida 대학 및 수자원 에지니어나와 공동연구로 개발한 모형이다. 본 연구에서는 2015년에 수정·보완된 SWMM 5.1을 이용하였다.

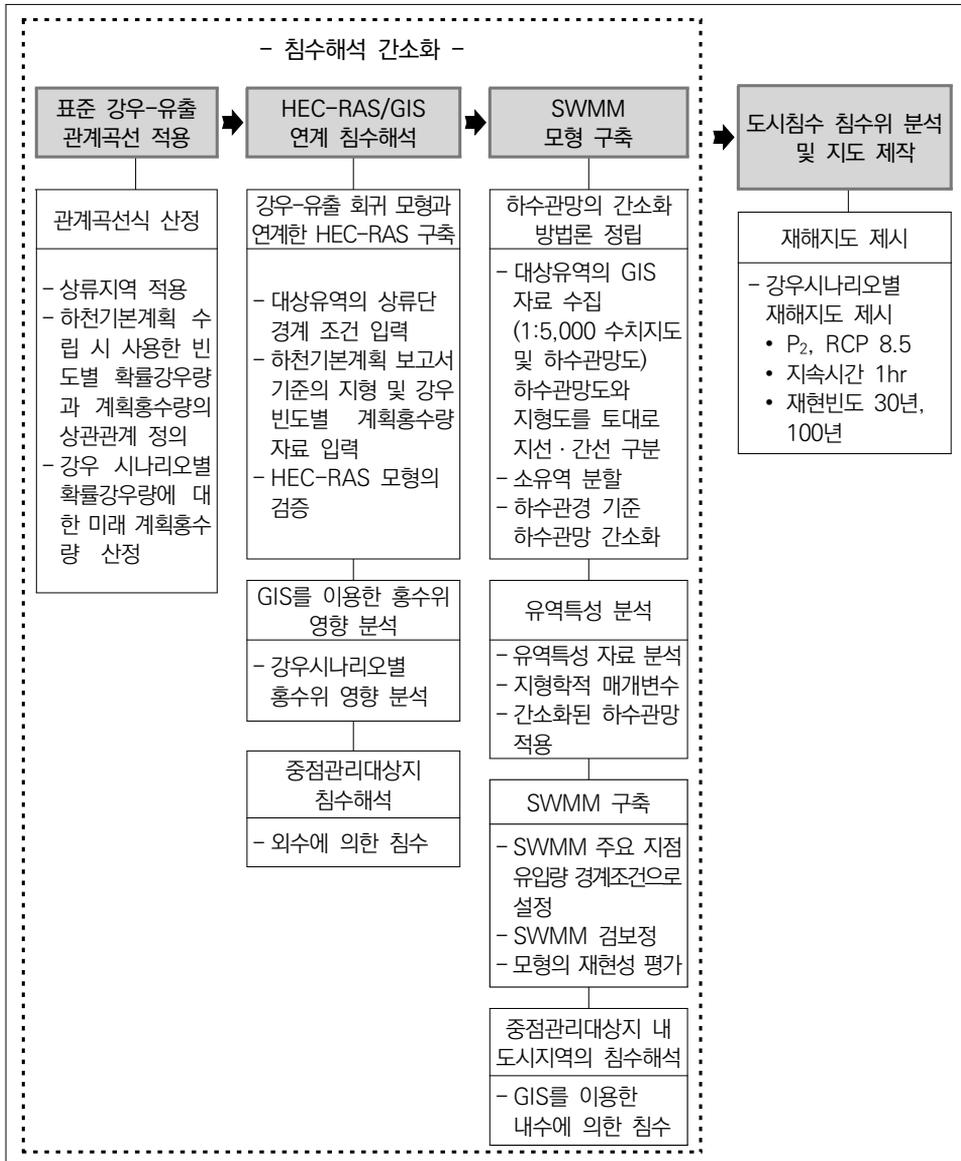
30) 조완희 외 (2015)에서 논의된 바와 같이, 최근 학술연구 결과에서도 우리나라 도시침수 해석을 위해 값비싸거나 고급기능의 모형 보다는, 기존의 범용적으로 사용되는 모형 간 연계가 더욱 효과적임을 강조하고 있다.

31) 해당지역의 (소)하천기본계획을 통해 쉽게 자료수집이 가능하다.

32) 특히, 넓은 대상지에 대해 과도한 시간·인력 소비 없이 인구밀집지를 중심으로 SWMM 모형을 구축하고자 하였다.

앞서 언급한 방법을 토대로, 중점관리대상지의 강우 시나리오별 침수해석을 실시하고 재해지도도를 작성하기 위해 <그림 4-19>와 같은 절차를 제시하였다.

그림 4-19 침수해석 및 재해지도 제작 절차

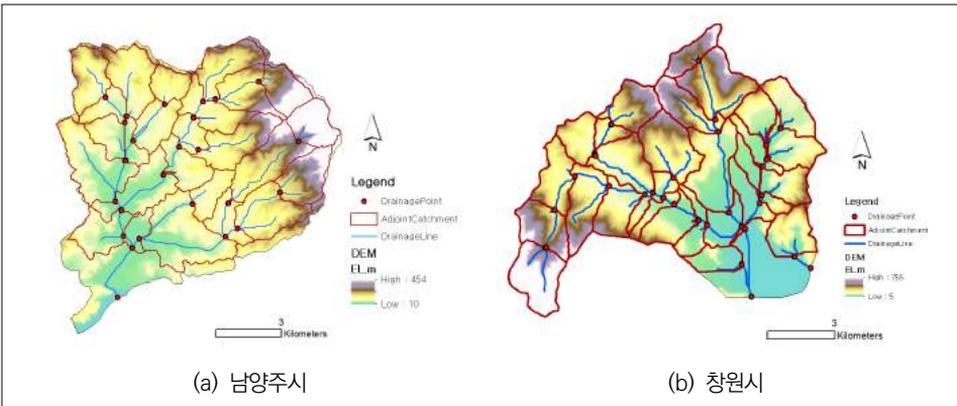


## 1) 기초자료 구축

### (1) 집수구역의 공간 구분

먼저, 대상지 선정을 위해 마련한 하천유역도를 이용해 집수구역의 공간을 구분한다. 상류 산지부와 중하류 도시지역간의 구분은 해석하고자 하는 하천발원지점 외곽의 소유역을 선정하였으며, 중하류 도시지역 내 내수침수 해석이 필요한 공간의 경우 과거 내수피해가 기록되며 하수관망이 밀집된 곳을 찾아 해당되는 소유역을 선정하였다.

그림 4-20 중점관리대상지 집수구역 분할 결과



### (2) 등거리도 작성

침수해석에 필요한 유출의 흐름(역)방향에 대한 공간정보를 얻기 위해, 중점관리대상지 범위를 확정하기 위해 사용된 지형정보를 토대로 GIS도구를 이용해 등거리도(flow length)를 도출하였다.

### (3) 하수관망도 간소화

도시지역의 하수관망은 매우 복잡하게 설치되어 있어 배수와 관련된 수리학적 해석에 상당한 작업량을 발생시킨다. 따라서 침수해석에 앞서 우수배제 불능지역을 분석하

는 데 정확도를 크게 저하시키지 않는 범위에서 하수관망도를 최대한 간소화하기로 하였다. 하수관망을 간소화하는 데에는 제외할 관로의 직경기준을 마련·적용하고자 하였다. 이를 위해 주어진 강우 조건에서 하수관로의 관경기준별로 유출량의 곡선을 그린 뒤 배수면적이 작아 해당 관경 미만의 관로를 제외하더라도 해석 정확도에 큰 문제가 발생되지 않는 기준을 분석하였다. SWMM을 이용해 재현기간 100년 이상의 강우 조건에서 신뢰성이 높은 남양주시의 하수관망도를 가지고 직경 450mm, 600mm, 900mm 등의 기준에 대한 유출곡선을 분석한 결과는 <그림 4-21>과 같다. 직경 450mm 기준과 나머지 600mm와 및 900mm 기준과의 결과를 비교하면, 전체적으로 침투유출량 증감율은 -1%에서 5%로 큰 차이가 없었다. 하지만 침수지역을 분석한 결과는 직경 600mm 미만까지 관망을 제거해도 그 이하인 직경 450mm 미만의 관망을 제거한 경우와 큰 차이가 없다는 점을 알 수 있었다.<sup>33)34)</sup> <그림 4-22>와 같이 직경 450mm와 600mm 기준의 침수 예상범위는 비슷하게 나타나지만, 직경 900mm 기준으로 모형을 구축한 경우는 소규모 관로가 과도하게 제거됨에 따라 중요한 분석지점이 제외되어 상류지역의 침수해석을 제대로 수행할 수 없었다. 최종적으로 침투유출량과 침수지역 위치를 고려할 때 하수관로의 관경이 600mm를 기준으로 모형을 구축하는 것이 적합한 것으로 분석되었다. 하수관망도에서 600mm 관경 기준에 미치지 못하는 관로를 제외하고 관망도의 연속성을 갖도록 후처리작업을 수행하였다.<sup>35)</sup>

33) 600mm 관경기준은 1차년도 대상지인 남양주시 고밀집지역에 대해 현재까지 확인된 것으로, 방법론의 안정화를 위해 대상지를 확대·적용하면서 적절한 직경기준을 2차년도 이후에도 추가 연구할 필요가 있다.

34) 일반 시·도의 많은 기성시가지의 배수시설이 재현빈도 5~10년 기준으로 설계되어 있어 600mm 미만의 직경을 가진 관로는 재현빈도 30년 이상 조건에서 배수기능을 하지 못한다는 해석이 가능하다.

35) 시작되는 하수관에서 물의 흐름방향으로 관거의 길이 100mm 마다 동일한 관경을 갖는 관로를 병합하고, 이때 여러 개의 관로가 합류되는 지점의 경우 가장 큰 관경으로 관로를 병합해 분석 대상지역의 출구지점까지 관로를 간소화하였다.

그림 4-21 남양주시 하수관로의 직경기준에 따른 유출수문곡선 비교

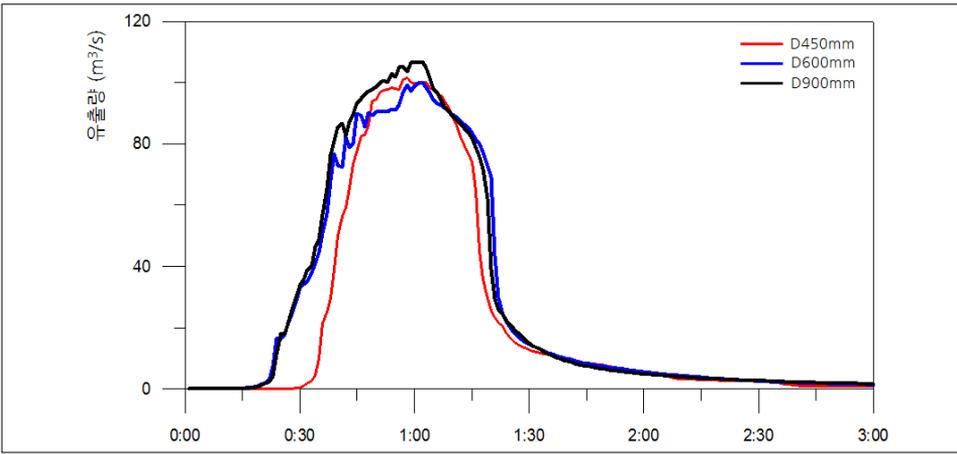
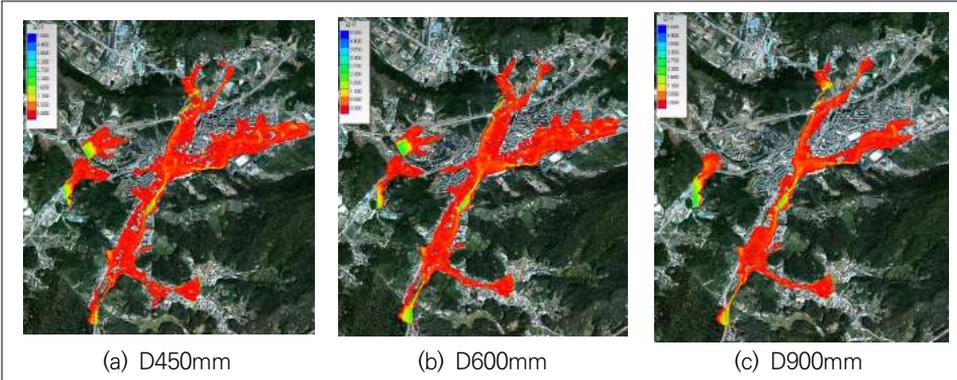
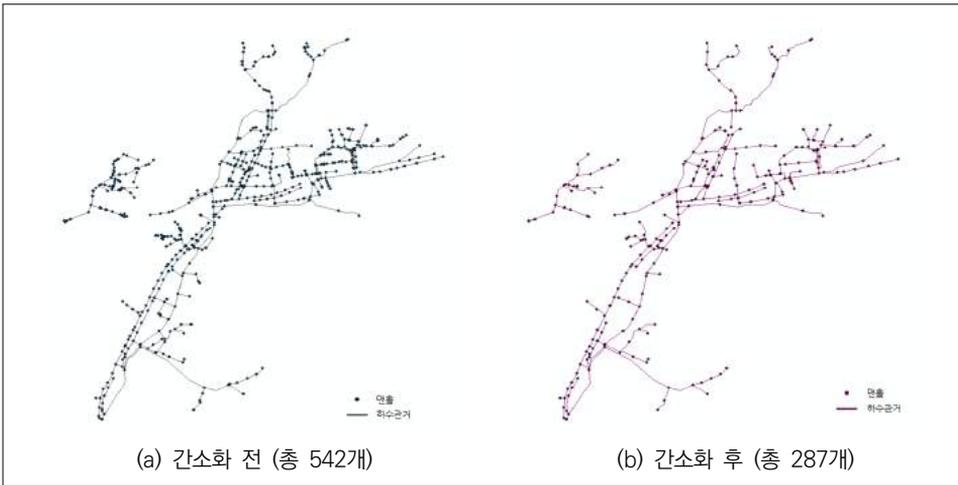


그림 4-22 남양주시 하수관로의 직경별 침수 예상 면적 비교



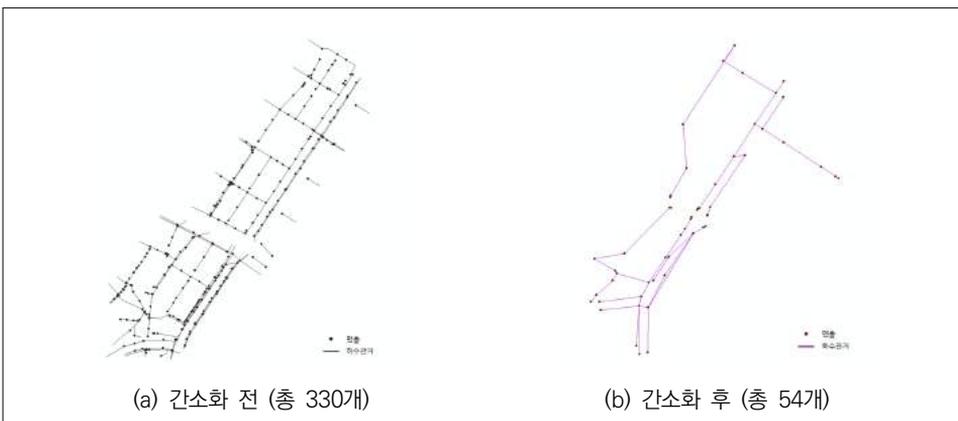
위 직경기준을 적용해 남양주시의 내수침수 해석대상인 금곡동 지역의 하수관망도 간소화 결과는 <그림 4-23>과 같다. 금곡동 지역의 기존 하수관망을 살펴보면, 최소 관경 50mm부터 최대관경 1,200mm의 총 542개의 관거로 이루어져 있고, 관경 600mm 미만의 하수관이 68.4%(371개), 600mm 이상의 하수관이 31.6%(171개)로 분석되었다. 이 중 171개의 관로에 대해 연속성을 보완하기 위한 후처리 작업을 통해 총 287개의 관거를 갖는 하수관망도를 도출하였다.

**그림 4-23** 남양주시 내수침수 해석지역의 하수관망도 간소화 결과



창원시 내수침수 해석대상인 석전동 일부 지역의 하수관망도 간소화 결과는 <그림 4-24>와 같다. 기존 하수관망을 살펴보면, 최소관경 200mm부터 최대관경 1,350mm의 총 188개의 관거로 이루어져 있고, 관경 600mm 미만의 하수관이 71.8%(135개), 600mm 이상의 하수관이 28.2%(53개)로 분석되었다. 이 중 53개의 관로에 대해 연속성을 보완하기 위한 후처리 작업을 통해 총 54개의 관거를 갖는 하수관망도를 도출하였다.

**그림 4-24** 창원시 내수침수 해석지역의 하수관망도 간소화 결과



## 2) 침수해석

### (1) 외곽 산지지역의 지표유출 해석

방법론을 최대한 간소화하고 기존 계획의 자료를 가능한 활용하기 위해 도시지역 외곽 산지로부터 하천으로 유입되는 유량은 국토교통부(2012)에서 제시한 방법으로 구한 홍수량<sup>36)</sup> 산정 결과를 적용하기로 하였다. 해당 결과 자료는 각 지자체에서 (소)하천기본계획에서 제시되어 있으며, 본 연구에서는 강우빈도별 홍수량 가운데 산지하부 하천 유입지점과 지속시간 1시간을 선택하기로 하였다.<sup>37)</sup> 단지, 기본계획서 상의 강우빈도에 해당되는 강우강도값을 이용해 강우강도별 홍수량 값으로 환산하여 회귀식을 도출하는 과정이 필요하다. 이 회귀식은 본 연구의 대상지의 강우 시나리오 자료의 강우강도로부터 (소)하천 입구의 홍수량을 결정하는 데 사용된다.

남양주시에 시범적으로 선정한 대상지에 대해 하천 유입지점 홍수량은 다음과 같이 산정되었다. 국토교통부 하천관리지리정보시스템<sup>38)</sup>을 통해 수집한 홍릉천 수계 하천 정비기본계획보고서를 참고하여, 산지하부 지점의 강우강도별 홍수량을 <그림 4-25>와 같이 도출하였다. 이어서, 강우 시나리오 자료의 재현기간 30년과 100년의 강우강도인 90.8mm/hr와 108.3mm/hr를 적용해 홍릉천 상류지점의 홍수량을 각각 95.0m<sup>3</sup>/s와 119.6m<sup>3</sup>/s로 산정하였다. 창원시 대상지의 경우에도 국토교통부 하천관리지리정보시스템<sup>39)</sup>을 통해 삼호천 수계 하천정비기본계획보고서를 구하였으며, 대상지의 산지하부의 강우강도별 홍수량을 <그림 4-26>과 같이 도출한 뒤 강우 시나리오 자료의 재현기간 30년과 100년의 강우강도인 82.7mm/hr와 99.1mm/hr를 적용해 삼호천 상류지점의 홍수량을 각각 95.0m<sup>3</sup>/s와 119.6m<sup>3</sup>/s로 산정하였다.

36) 해당 유역 출구의 최대 유출량을 지칭해 첨두홍수량 (m<sup>3</sup>/s)이라 하며, 좁은 유역에서는 합리식을, 이외의 경우는 합성단위유량도나 복잡한 유출모형을 통해 얻도록 하고 있다.

37) 강우-유출 상관관계가 지속시간별로 구분되어 있어 강우 시나리오 자료의 지속시간에 맞춰 활용하기 용이하다.

38) [www.rimgis.go.kr](http://www.rimgis.go.kr) ('16년 5월 10일 검색)

39) [www.rimgis.go.kr](http://www.rimgis.go.kr) ('16년 5월 10일 검색)

그림 4-25 남양주시 확률강우량-유출량 관계곡선 산정 결과: 흥릉천의 예

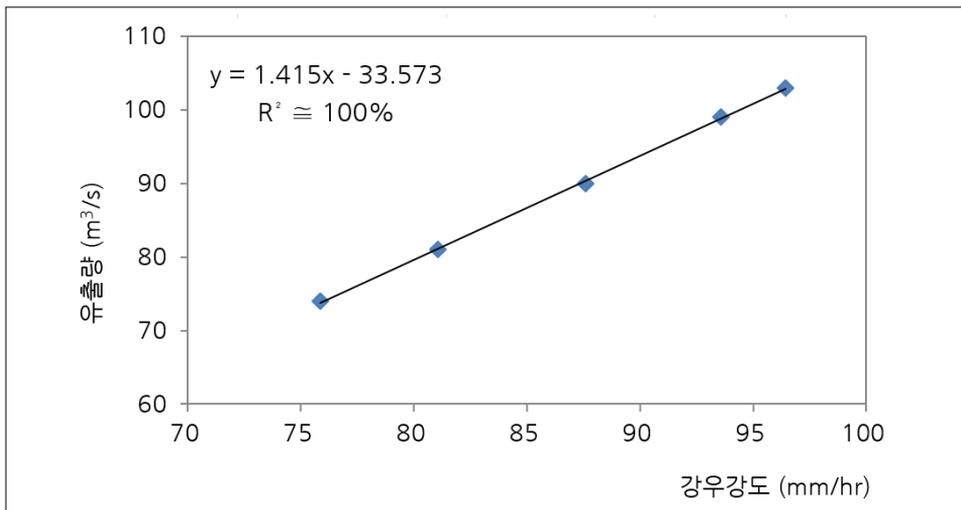
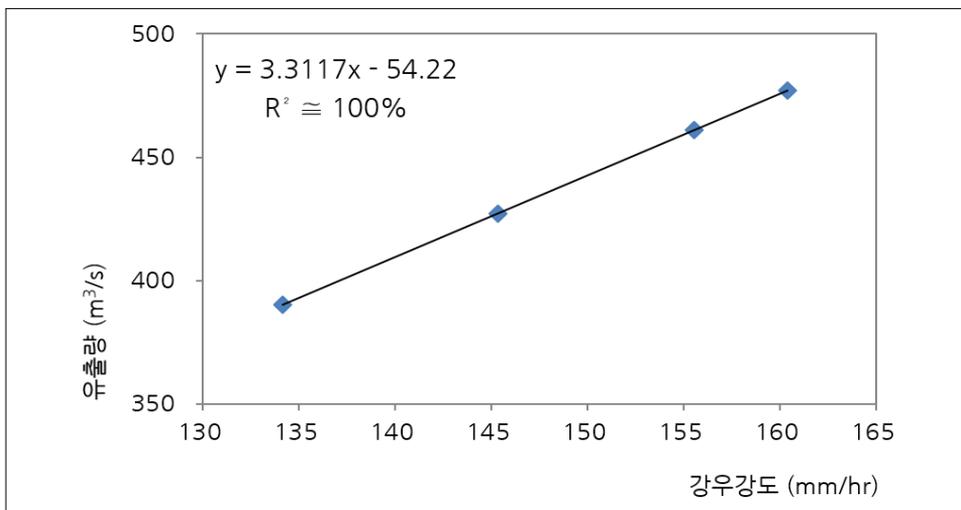


그림 4-26 창원시 확률강우량-유출량 관계곡선 산정 결과: 삼호천의 예



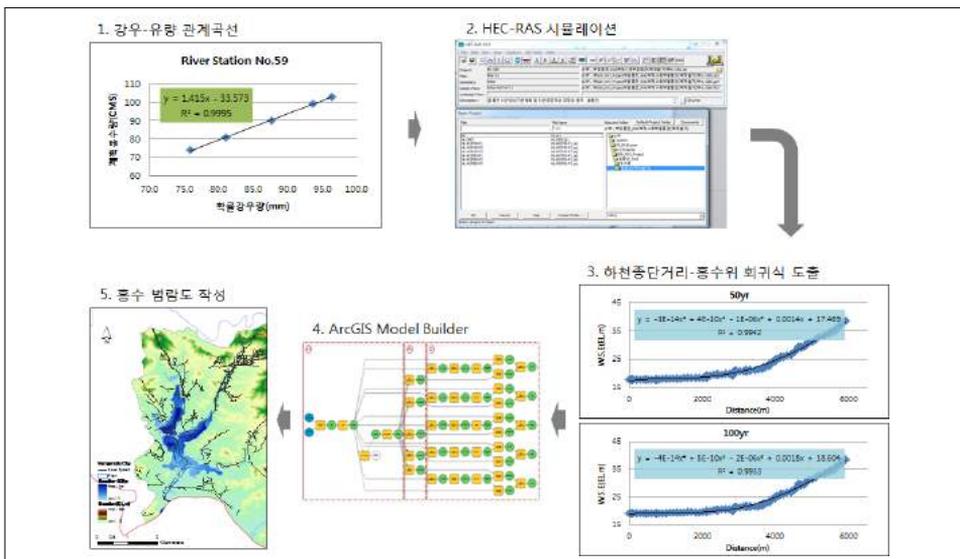
## (2) 중하류 하천범람 해석

다음으로는 대상지 내 (소)하천에 대해 강우 시나리오별로 상승할 수 있는 잠재적인 하천수위를 해석한 뒤 범람지역을 <그림 4-27>의 절차에 따라 분석하였다. HEC-

RAS 모형 내 하천의 주요지점 단면 자료로는, 각 지자체에서 하천기본계획을 통하여 구축된 하천형상, 바닥면 고도, 경사도 등의 Geometric Data를 활용하였다. 하천기본 계획에서 하천의 주요지점별로 제시한 빈도별 홍수량을 해석하여 강우량-홍수량 곡선을 도출한 뒤 강우 시나리오별 홍수량을 산정해 HEC-RAS 모형에 입력하였다.

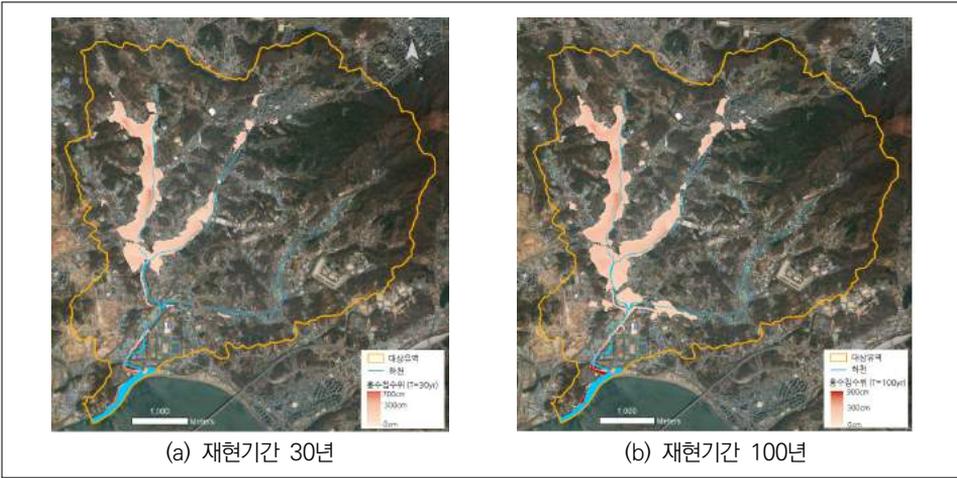
HEC-RAS 시뮬레이션을 통하여 강우 시나리오 조건에서 하천수위를 산정하였다. 그리고 하천종단 누가거리별 하천수위에 대한 고차다항식을 도출한 뒤 상류에서 하류 방향의 물 흐름방향 표고에 따라 공간 분할된 등거리도에 적용해 홍수위에 대한 GIS 자료를 생성하였다. 마지막으로 GIS 도구를 활용하여 홍수위와 연접지역 지형고도를 비교해 홍수가 범람되는 지역 및 침수위에 대한 공간정보를 추출하였다.

**그림 4-27 HEC-RAS 시뮬레이션을 통한 중하류 범람해석 절차**



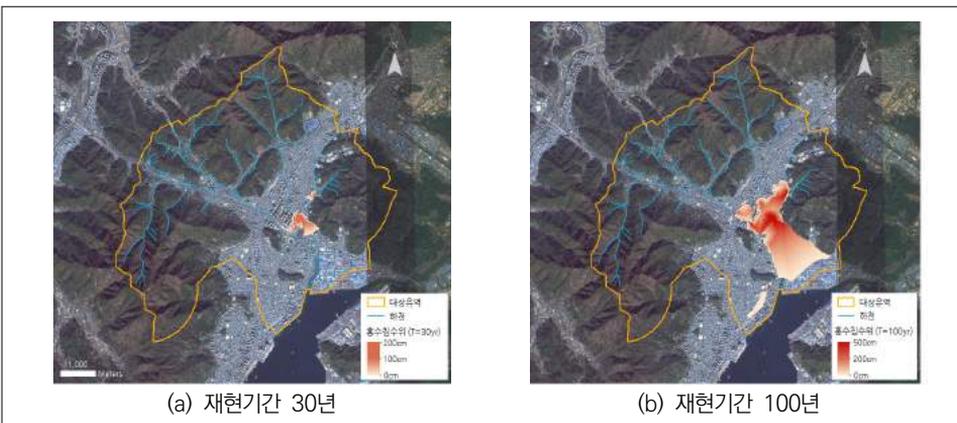
<그림 4-28>은 남양주시 대상지의 침수해석 결과를 보여주고 있다. 대상지 가운데 장래 강우 시나리오 조건에서 홍릉천 상류 일부지역과 중류지역, 일패천 상류와 중하류 지역, 일패천 하류부의 율석천 합류부를 중심으로 범람 가능한 것으로 분석되었다. 또한 주거인구가 밀집한 금곡동 일대에서도 100년 빈도의 강우 조건에서 범람이 발생될 수 있다는 점을 확인할 수 있었다.

**그림 4-28** 기후변화에 따른 남양주시 HEC-RAS 모의 결과



<그림 4-29>는 창원시 대상지의 침수해석 결과를 보여주고 있다. 장래 강우 시나리오 조건에서 양덕천이 산호천에 합류되는 지점을 중심으로 범람 가능한 것으로 분석되었다. 대상지 내 침수 발생이 가능한 지역은 대부분 주거가 집중된 지역으로, 특히 100년 빈도의 강우 조건에서 석전동의 삼호천 중하류, 양덕동의 양덕천과 산호천 일대부터 해안으로 연결되는 삼호천 하류부까지 범람이 넓게 발생될 수 있다는 점을 확인할 수 있었다.

**그림 4-29** 기후변화에 따른 창원시 HEC-RAS 모의 결과



### (3) 인구밀집 지역의 내수침수 해석

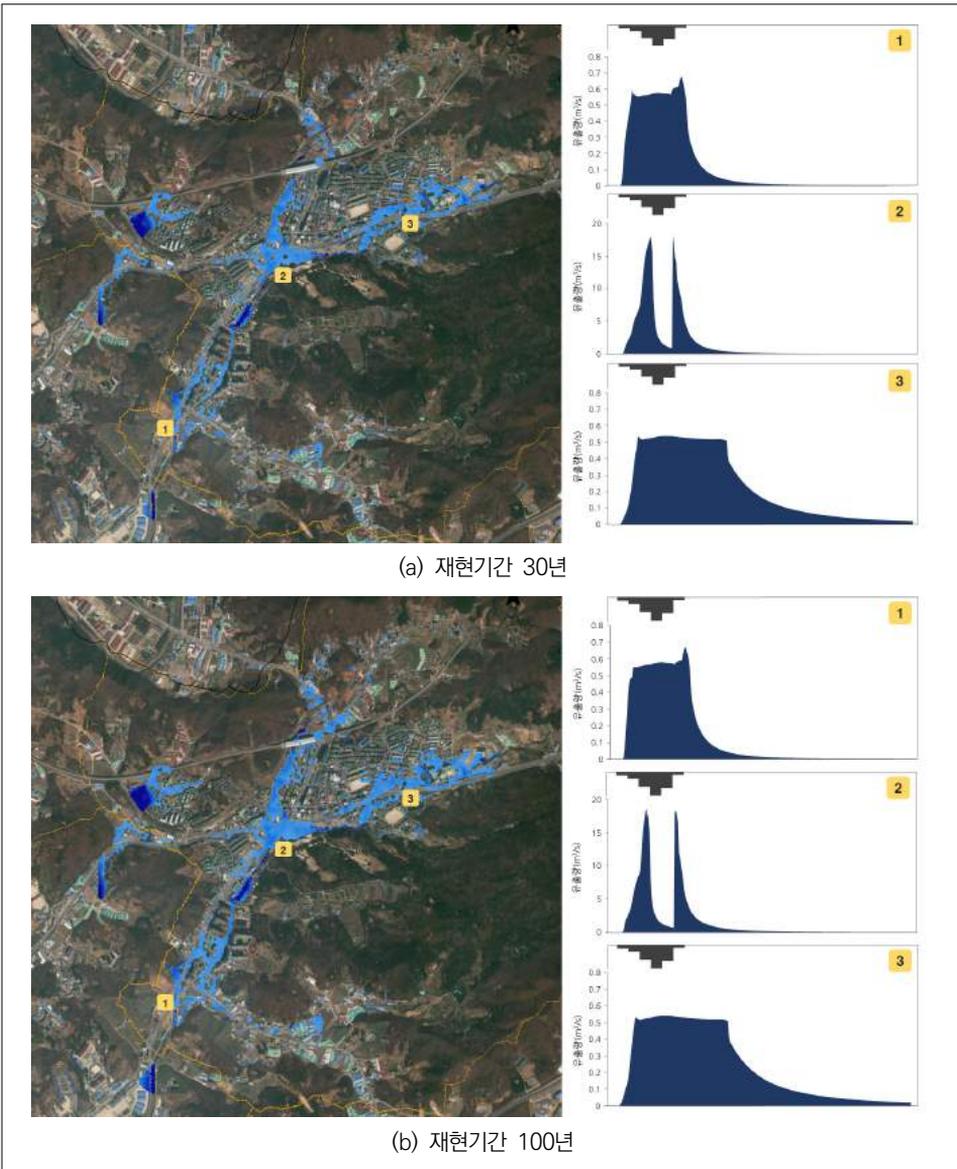
인구밀집 지역의 내수침수 해석을 위해 앞에서 간소화한 하천관망도를 이용해 SWMM 구축 후 강우 시나리오 조건에서 모의를 실시해 침수 발생지점 및 원인을 분석하였다. 다음으로는 침수가 발생하는 주요지점(월류가 발생하는 맨홀 지점)의 월류량을 파악한 뒤, 주요지점 대상에 수치표고자료를 이용해 일정표고 이하는 저지대로 가정하여 수표면과 지표 사이의 공간에 월류된 체적과 같도록 침수이력과 비교해가며 월류량에 해당되는 침수면적 범위와 침수위를 GIS 도구를 통해 묘사하였다.<sup>40)</sup>

남양주시 대상지의 침수해석 결과, 이 지역은 기성 시가지로써 배수시설 용량이 대부분 5~10년 빈도 수준으로 설계되어 있기 때문에, 재현빈도 30년과 100년에 대한 장래 강우 조건에서 관망밀집 지역의 많은 지점에서 용량부족 및 역류현상으로 침수가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다. 장래 강우 시나리오 자료를 적용해 모의하였을 때, 재현빈도 30년과 100년 조건에서 각각 0.38km<sup>2</sup>와 0.46km<sup>2</sup>만큼 침수되는 것으로 분석되었는데, 과거 관측된 강우의 동일한 재현빈도 조건과 비교할 때 침수면적이 각각 15.9%와 13.9%만큼 증가한다는 점을 시사한다.<sup>41)</sup> 남양주시 대상지의 중요한 내수 침수 발생 위치는 <그림 4-30>과 같이 분석되었다. 금곡동 주민자치센터와 흥릉천 복개 종료 구간 사이에 위치한 관로의 합류부를 중심으로 우수배제 문제가 발생하는 데, 이는 흥릉천 수위 증가로 인해 합류부 유량 배제가 곤란해 인근지역의 배수기능에 큰 영향을 미치는 것으로 해석된다. 금곡동 사거리에서 주민센터 구간 사이 위치한 세 관로의 합류지점에도 급격한 관로유량 증가에 비해 용량이 부족해 맨홀 역류가 발생할 것으로 해석된다. 시청 1청사는 넓은 대로변에 위치해 있으며 대로변 뒤쪽으로는 산지로 싸여있어 주변에 비해 상대적으로 지형이 낮아 강우 시 노면수가 집중되어 침수가 발생할 것으로 분석되었다.

40) 당초 SWMM의 추가기능과 GIS 분석을 활용해 침수범위와 침수위를 산정하려 하였으나, 노면 적체량을 표현하는 데 상당한 작업량이 발생되고 분석자의 재량이 크게 관여해 지표의 경사가 불균등할수록 정확도를 저하시키는 원인이 됨을 알 수 있었다. 따라서 2차년도에 방법론의 안정화 차원에서 노면수의 해석을 위해 2차원 흐름해석모형인 CCHE2D와 같은 모형 연계를 통해 작업량을 추가 간소화할 예정이다.

41) 분석 대상지역에서 발생하는 내수침수 총량은 과거 관측값에 비해 크게 증가하였다(재현빈도 30년과 100년에서 120,047m<sup>3</sup>와 177,101m<sup>3</sup>로 각각 과거 대비 28.3%와 29.4% 만큼 증가).

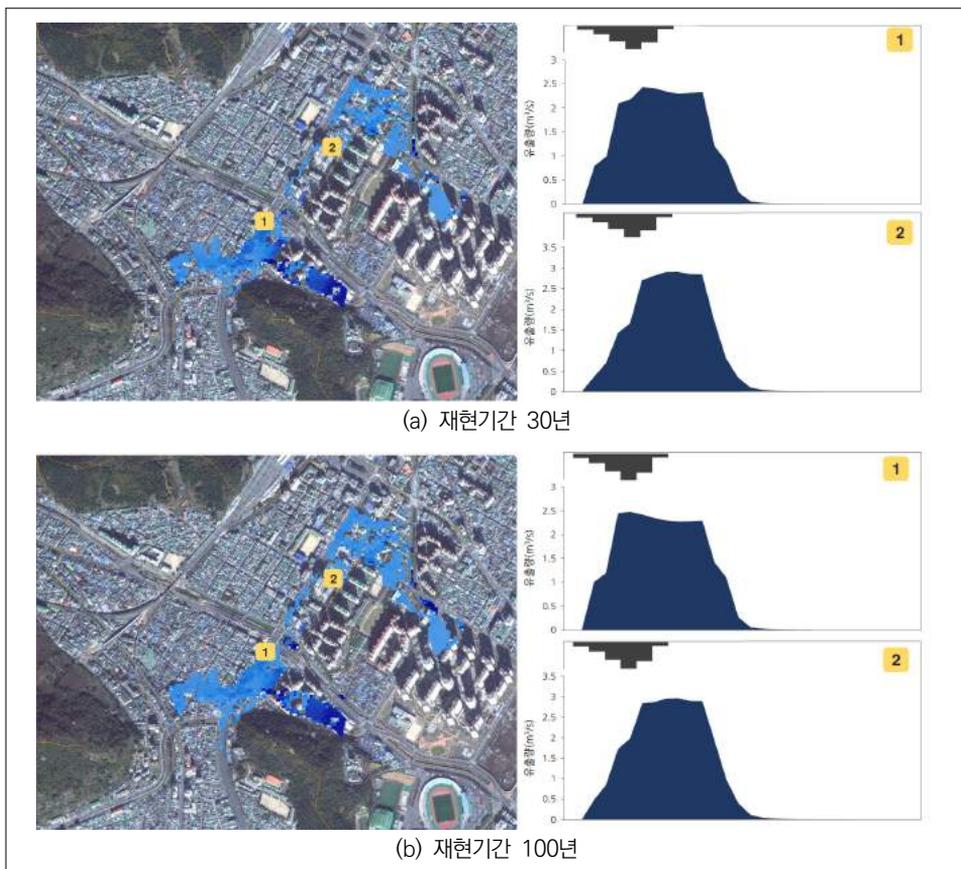
그림 4-30 기후변화에 따른 남양주시 대상지 관로유출량 모의 결과



창원시 대상지의 침수해석 결과, <그림 4-31>과 같이 이 지역 또한 관거의 용량이 크게 부족한 기성 시가지로서 장래 강우 조건에서 많은 지점에서 역류현상에 의한 침수가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다. 장래 강우 시나리오 자료를 적용해 모의하였을

때, 재현빈도 30년과 100년 조건에서 각각 0.17km<sup>2</sup>와 0.2km<sup>2</sup>만큼 침수되는 것으로 분석되었는데, 과거 관측된 강우의 동일한 재현빈도 조건과 비교할 때 침수면적이 각각 10.3%와 7.6%만큼 증가함을 알 수 있었다. 42) 창원시 대상지의 중요한 내수침수 발생 위치는 다음과 같이 분석되었다. 먼저, 석전사거리에서 삼호천 인근의 석전교사거리까지 지역은 삼호천 수위 상승으로 관로 우수배제가 원활하지 못할 뿐만 아니라 하수관거의 통수용량이 부족해 침수발생 지역이 넓게 나타났다. 석전초등학교 앞 대로변 또한 하수관거의 통수능 부족으로 인해 맨홀 역류가 발생하는 것으로 분석되었다.

**그림 4-31** 기후변화에 따른 창원시 대상지 관로유출량 모의 결과



42) 분석 대상지역에서 발생하는 내수침수 총량 또한 과거 관측값에 비해 크게 증가하였다(재현빈도 30년과 100년에서 15,386m<sup>3</sup>와 26,118m<sup>3</sup>로 각각 과거 대비 43.7%와 36.8% 만큼 증가).

### 3) 방법론 검증

도시지역의 경우 소하천 유량관측과 침수위, 침수범위 등 침수이력에 대한 축적된 자료가 부족하기 때문에 본 연구에서는 대안적으로 다음의 두 가지 사항에 대한 검증을 실시하기로 하였다. 첫째, 동일한 강우조건에서 집수유역에 발생한 소하천의 최대 유출량을 다른 경험식으로부터 구한 값과 비교하기로 하였다. 비교대상인 강우 조건은 100년 재현기간의 강우 시나리오 자료를 활용해, 유역 말단지점의 HEC-RAS 모의를 통해 얻은 유출량 자료를 소규모 유역에서 유출량을 개략적으로 산정할 때 보편적으로 사용되는 합리식(Mulvaney, 1850) 적용 결과와 비교하기로 하였다.<sup>43)</sup> 둘째, 집수유역 내 분석된 침수발생 위치와 최근 발생한 침수발생 위치를 정성적으로 비교·평가하기로 하였다. 강우 시나리오 중 100년 재현기간 조건에서 분석된 내·외수 발생지점을 2010년 이후 침수피해 발생지점과 서로 비교하려 했는데,<sup>44)</sup> 2010년 이후 풍수해저감 종합계획 보고서가 작성된 경우에는 구체적인 위치를 확인하였으며, 이외의 경우 언론 보도 등을 참고로 침수피해지역의 개략적인 위치를 검토하였다.

#### (1) 남양주시 대상지에 대한 방법론 검증

<표 4-13>은 대상지 말단 유출구 지점에 대해 HEC-RAS를 모의하여 얻은 첨두유출량을 합리식으로 얻은 유출값과 비교한 결과를 나타내고 있다. 검증을 위해 과거 재현빈도 100년에 해당되는 96.4mm/hr의 강우강도를 기준으로 하였다. 합리식 적용을 위해, 유출계수(C)는 한국수자원학회(2009) 하천설계기준에서 제시하고 있는 유출계수 범위 가운데 대상지의 토지이용현황을 고려해 도심지의 값을 적용하며, 유출면적은 중점관리대상지의 총 유역면적인 29.4km<sup>2</sup>를 적용하였다. 홍릉천 말단지점에서, 합리식을 적용한 결과 홍수량이 559m<sup>3</sup>/s로 산정되었다. 동일한 강우 조건에서 HEC-RAS 모의 결과 첨두유출량은 527m<sup>3</sup>/s로 산정되어 두 방법 간의 첨두유출량의 차이는 6% 수준인 데, 합리식이 상류 자연녹지의 저류현상을 반영하지 못해 과대추정 할 가능성

43) 합리식은 최대 유출량은 유출계수(C), 강우강도(I, mm/hr), 유역면적(A, km<sup>2</sup>)에 의해 결정된다는 전제하에,  $Q = 0.2778 \times C \times I \times A$ 의 식으로 산정하며, 여기서 활용되는 유출계수의 경우 급경사 산지, 관개논, 평지하천 등으로 유역상태에 따라 정의되어 있다.

44) 해당 대상지는 2010년 이후 50~100년 재현기간 수준의 강우가 발생해 큰 침수피해를 기록한 바 있다.

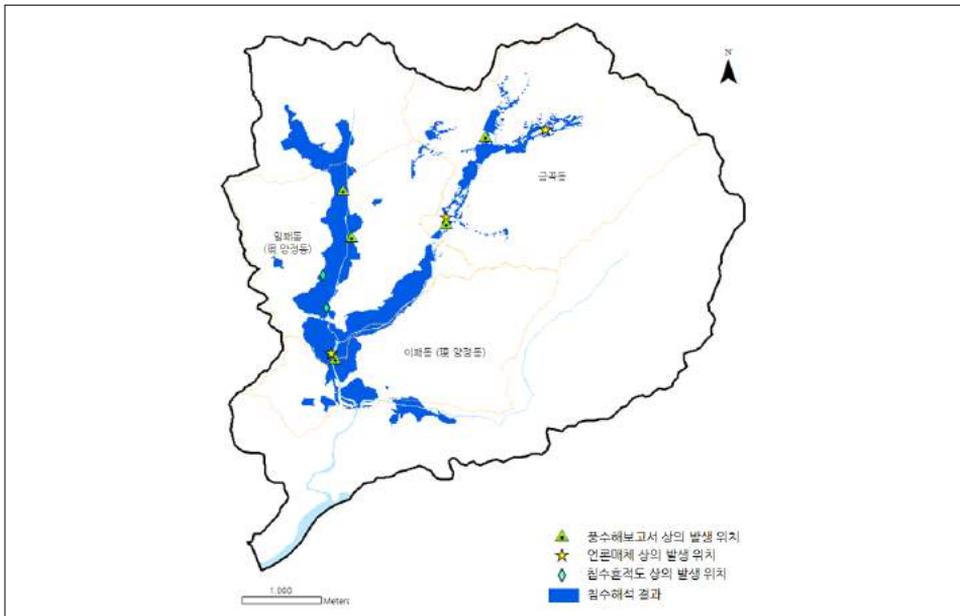
이 있음을 고려할 때 구축된 모형의 유출량은 적절한 수준이라 판단되었다.

**표 4-13 남양주시 대상지의 유출량 검증 결과**

강우강도 (mm/hr)	유출계수	유역면적 (km <sup>2</sup> )	하천 침투유출량(m <sup>3</sup> /sec)	
			HEC-RAS 적용	합리식 적용
96.4	0.71	29.4	527	559

〈그림 4-32〉는 남양주시 대상지의 침수해석 결과와 과거 침수가 발생했던 위치를 비교한 결과를 보여주고 있다. 금곡동 지역에서 홍유릉 주위 주거지가 침수될 수 있다는 결과는 남양주시의 풍수해보고서 및 언론매체 기록상의 과거 침수피해 위치와 일치하였다. 양정동 일대에도 일패천 외수위 증가로 인해 침수가 발생될 수 있다는 결과 또한 국토교통부 침수흔적도나 언론보도 기록과 동일하였다. 양정동 일대에도 이패천 외수위 증가로 인해 침수가 발생될 수 있다는 결과도 얻을 수 있었는데, 이 또한 풍수해보고서와 언론매체 기록상의 과거 침수피해 위치와도 일치하였다.

**그림 4-32 남양주시 대상지 침수해석 결과와 과거 주요 침수발생 위치 비교**



## (2) 창원시 대상지의 방법론 검증

<표 4-14>는 대상지 말단 유출구 지점에 대해 HEC-RAS를 모의하여 얻은 첨두유량을 합리식으로 얻은 결과를 비교하고 있다. 검증을 위해 과거 재현빈도 100년에 해당되는 102.7mm/hr의 강우강도를 기준으로 하였다. 합리식 적용을 위해, 유출계수(C)는 마찬가지로 하천설계기준에서 제시하고 있는 유출계수 범위 가운데 대상지의 토지이용현황을 고려해 주거지역의 개략적인 평균값을 적용하였으며, 유출면적은 대상지의 총 유역면적인 35.4km<sup>2</sup>를 적용하였다.

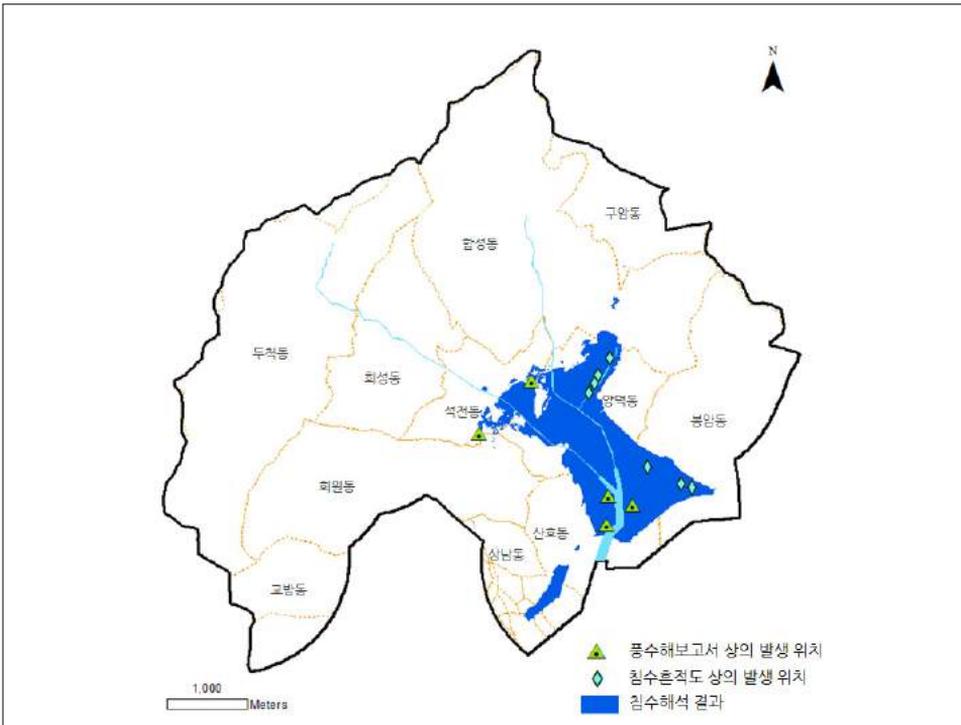
삼호천 하류부에서, 합리식을 적용한 결과는 505m<sup>3</sup>/s였으며 동일한 강우 조건에서 HEC-RAS 모의 결과 첨두유출량은 477m<sup>3</sup>/s로 산정되었다. 두 방법 간의 첨두유출량의 차이는 6% 수준인 데, 마찬가지로 합리식이 상류 자연녹지의 저류현상을 반영하지 못해 과대추정이 발생할 수 있는 점을 고려할 때 모형의 유출량은 적절한 수준이라 판단되었다.

**표 4-14** 창원시 대상지의 유출량 검증 결과

강우강도 (mm/hr)	유출계수	유역면적 (km <sup>2</sup> )	하천 첨두유출량(m <sup>3</sup> /sec)	
			HEC-RAS 적용	합리식 적용
102.7	0.5	35.4	477	505

<그림 4-33>은 창원시 대상지의 침수해석 결과와 과거 침수가 발생했던 위치를 비교한 결과를 보여주고 있다. 석전동 일대 삼호천 주위 주거지 및 대로가 침수될 수 있다는 결과는 창원시의 풍수해보고서 및 언론매체 기록상의 침수이력과 동일하였다. 양덕동 내 양덕천 중심의 외수위 증가로 하천을 따라 넓은 범위에 걸쳐 침수가 발생될 수 있다는 결과 또한 국토교통부 침수흔적도의 기록과 동일하였다. 양덕동 일대 양덕천의 산호천 합류 직후, 산호천의 삼호천과의 합류 직후에 외수위 증가로 침수가 발생할 수 있고 봉암동의 경사가 완만한 대로를 따라 침수가 발생할 수 있다는 결과 역시 풍수해보고서와 국토교통부 침수흔적도의 기록으로부터 예상할 수 있었다.

그림 4-33 창원시 대상지 침수해석 결과와 과거 주요 침수발생 위치 비교



#### 4) 재해지도 개발 결과

##### (1) 남양주시 대상지의 결과

남양주시 대상지의 경우 내수침수 면적은 금곡동 지역을 중심으로  $0.22\text{km}^2$ (30년) 또는  $0.29\text{km}^2$ (100년)에 달하며, 외수범람 면적은 양정동 지역 일대와 금곡동 흥릉천 유역 일부 지역에  $1.71\text{km}^2$ (30년) 또는  $2.42\text{km}^2$ (100년)로 해석되었다.

<그림 4-34(a)>는 재현기간 30년 조건에서 침수해석 결과를 나타내고 있다. 내·외수 침수 발생이 예상되는 총 면적은  $1.93\text{km}^2$ 에 달했다. 금곡동 지역 내 아파트, 빌라 등의 공동주택과 상가등이 위치해 있는 곳에서 침수심이 100cm에서 180cm 사이의 저지대 침수 발생 가능성을 보였다. 또한 토지이용이 상대적으로 낮은 양정동(舊 일패동 및 이패동) 일대는 해당 지역을 관통하는 흥릉천과 일패천의 외수위 상승의 영향으로

하천변에 근접하고 지대가 낮은 곳에서 최대 150~200cm 범위의 침수지역 발생이 예상되었다.

<그림 4-34(b)>는 재현기간 100년 조건에서 침수해석 결과를 나타내고 있다. 내·외수 침수 발생이 예상되는 전체 면적은 2.72km<sup>2</sup>로 재현기간 30년의 조건과 비교해 침수면적은 약 71%가 증가하는 것으로 분석되었다. 금곡동 지역의 경우 재현기간 30년의 조건에서와 발생하는 곳의 위치가 비슷하지만 침수되는 면적이 조금 더 넓고 최대 침수심이 약 190cm로 증가하였다. 그리고 양정동 일대도 최대 침수심이 160~250cm로 30년에 비하여 다소 증가함을 알 수 있었다. 흥릉천과 울석천의 합류점에서 외수위 상승으로 인근 소규모 공장지역이 추가적으로 침수되는 결과를 얻을 수 있었다.

## (2) 창원시 대상지의 결과

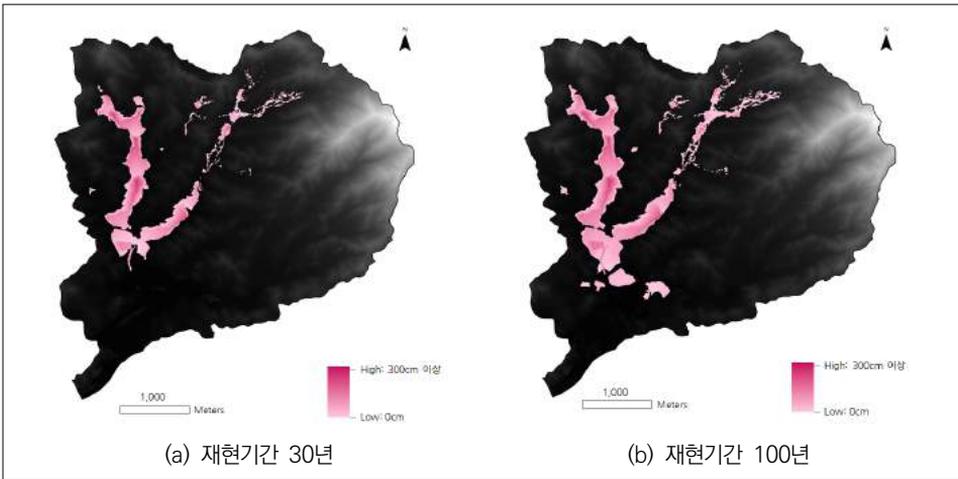
창원시 대상지의 경우 내수침수 면적은 석전동 지역을 중심으로 0.12km<sup>2</sup>(30년) 또는 0.13km<sup>2</sup>(100년)에 달하며, 외수범람 면적은 석전동 지역 일대를 통과하는 삼호천과 양덕동 일대를 관통하는 양덕천, 산호천, 삼호천의 3개의 하천을 중심으로 인근지역에 0.31km<sup>2</sup>(30년) 또는 2.73km<sup>2</sup>(100년)만큼 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.

<그림 4-35(a)>는 재현기간 30년 조건에서 침수해석 결과를 보여주고 있다. 내·외수 침수 발생이 예상되는 전체 면적은 0.41km<sup>2</sup>로 양덕동 지역 내 아파트, 빌라 등의 공동주택과 단독주택, 상가가 위치해 있는 곳에 침수심이 100cm에서 120cm 수준으로 저지대 침수 발생 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 양덕동 내 양덕천의 산호천 합류 후 합류부 지점에서 하천의 외수위 상승의 영향으로 하천에 인접해 있는 지대가 낮은 곳에서 100cm에서 200cm 사이의 침수위가 분석되었다.

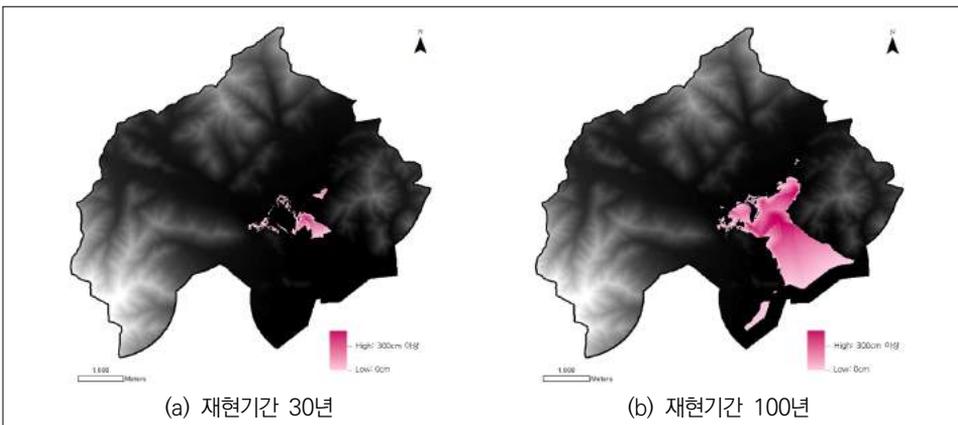
<그림 4-35(b)>는 재현기간 100년 조건에서 침수해석 결과인데, 내·외수 침수 발생이 예상되는 전체 면적은 2.73km<sup>2</sup>로 재현기간 30년의 조건과 비교해 약 89% 증가할 수 있음을 알 수 있었다. 강우의 재현기간 30년에서 100년 사이로 증가됨에 따라 하천 하류의 많은 구간에서 홍수량이 하천용량을 넘어서게 되었으며, 그 결과 30년 조건의 외수 침수 지역에 비해 침수면적이 훨씬 더 광범위하게 발생하게 된다는 점을 알 수 있었다. 자세히 살펴보면, 석전동 지역의 경우 재현기간 30년 조건에서와 침수 위치는 비슷하지만 침수되는 면적이 삼호천 인근 지역을 중심으로 넓게 확대되고 최대

침수위는 최대 220cm로 나타났다. 양덕동 일대 또한 양덕천, 산호천, 삼호천 등 3개 하천에 의한 영향을 크게 받아 하천을 중심으로 주변의 저지대 지역으로 넓게 확대되고 최대 침수위가 220~320cm로 크게 증가할 수 있음을 알 수 있었다. 재현기간 100년 조건에서 큰 영향을 받을 것으로 분석된 양덕동은 주거지역과 상업지역이 밀집된 곳이라는 점이 특징적인데, 실제로 이 지역은 침수흔적도 등에서도 큰 피해기록이 있어 대책수립이 시급함을 알 수 있었다.

**그림 4-34** 남양주시 대상지 도시침수 재해지도



**그림 4-35** 창원시 대상지 도시침수 재해지도





CHAPTER 5

# 도시계획적 대책 수립 지원 방법

01 중점관리대상지별 도시침수 영향권 설정	153
02 영향권의 위험원인 조사	160
03 영향권 내 적용가능한 도시계획적 대책수단	188



## 도시계획적 대책 수립 지원 방법

제5장에서는 시스템의 위험정보를 토대로 지자체에게 도시계획적 대책의 수립을 지원하기 위한 방법을 제시하기 위한 것으로, 재해지도를 활용해 영향권을 설정하고 영향권 내 위험원인을 분석한 뒤, 이를 토대로 현장에 부합하는 효과적인 방재대책 수단을 강구할 수 있도록 체계적인 절차를 제안하였다.

### 1. 중점관리대상지별 도시침수 영향권 설정

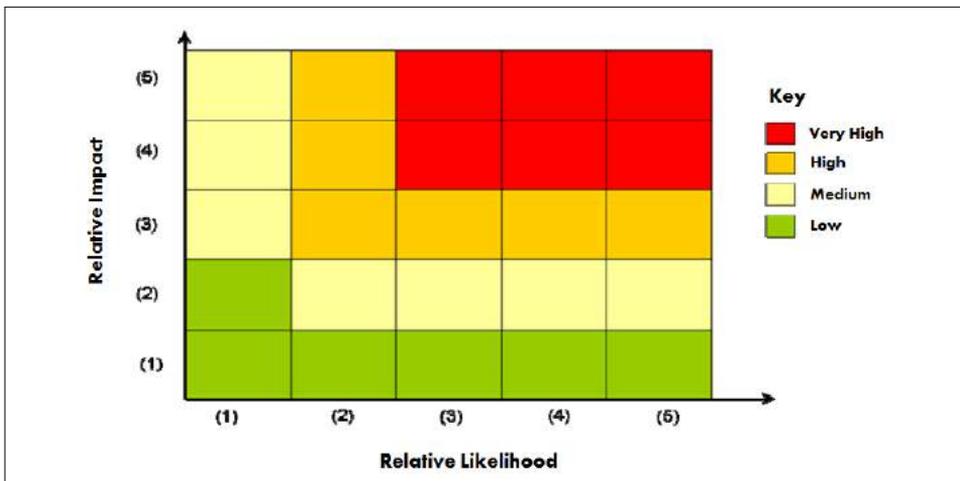
#### 1) 도시침수 재해특성을 고려한 영향권 설정 기준

제3장에서 영향권은 도시침수와 관련해 사전에 경계(警戒)를 두기 위한 목적에 따라 침수의 영향 크기나 발생가능성 측면에서 구획화하는 공간범위로 정의하였으며, 영향크기는 침수위 기준을, 그리고 영향의 발생가능성은 강우량의 확률빈도를 기준을 두도록 제안한 바 있다. 이어서, 영향의 크기에 대해 (i) 침수위 50cm 이하(성인의 무릎 수준 이내로 크지 않은 영향 가능), (ii) 침수위 50~100cm(상당한 영향 가능), (iii) 침수위 100cm 초과(성인의 허리 또는 아동의 신장수준을 넘어 매우 심각한 영향 가능)의 세 가지 기준을 제시하였다. 또한 영향의 발생 가능성에 대해서도 (i) 재현기간 30년 강우조건 이하의 침수(홍수방어 목표, 즉, 배수시설 설계 등을 위해 설정된 기준 또는 그 이하에서 영향발생 가능), (ii) 재현기간 100년 강우조건 이하의 침수(위험관리 목표, 즉, 재난위험 관리를 위해 통상적으로 권장되는 기준 또는 그 이하에서 영향 발생 가능)의 두 기준을 제시하였다.

본 절에서는 위의 두 기준을 이용해 영향권에 대한 공간을 구획화하기로 한다. 구획화 방법으로는 유럽위원회(2010) 뿐만 아니라 국제표준기구(ISO)의 'ISO 31000 Risk management' 에서 권장하고 있는 위험도 매트릭스(Risk Matrix) 방법을 참고로 하였

다. 위험도 매트릭스 방법은 <그림 5-1>과 같이 영향의 크기와 발생 가능성에 대한 정량적 또는 정성적인 평가를 통해 두 가지 종류의 기준을 조합한 단일한 기준을 마련한 뒤, 영향권 내 공간을 Red, Orange, Yellow, Green zone 등으로 구체화 하는 방법을 권장하고 있다. ‘제2장 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향’에서 프랑스와 스위스에서도 기본적으로는 이 방법에 근거하되, 자국 실정에 맞춰 기준을 수정 또는 구체화한 뒤 도시방재의 공간계획의 기초로 활용하고 있음을 살펴본 바 있다.

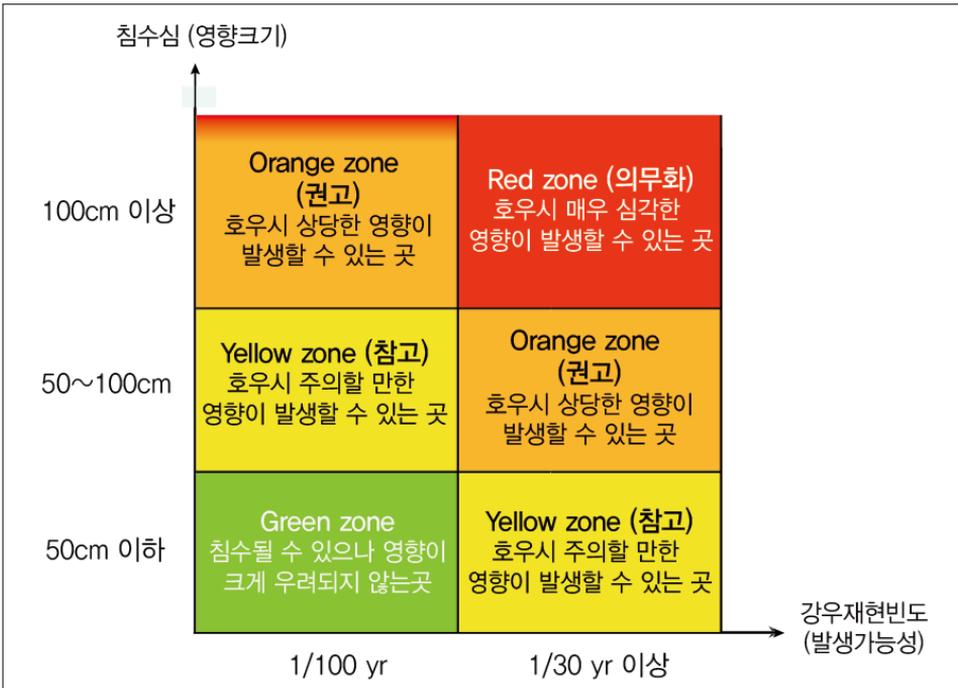
**그림 5-1** ISO 31000 Risk management에서 제시한 위험도 매트릭스



출처: <http://www.iso.org/iso> ('16. 4. 20. 검색)

본 연구의 영향의 크기와 발생 가능성 기준을 위험도 매트릭스에 적용해 <그림 5-2> 및 <표 5-1>과 같은 영향권의 공간구획화 기준을 마련하였다. 영향 크기의 경우 본 연구에서는 50cm와 100cm의 두 가지 기준만 적용했는데, 필요 시 일본이나 스위스와 같이 단독주택이 침수되는 수준인 200cm의 기준을 추가 고려하는 것도 가능할 것이다. 또한 영향 발생가능성의 경우에도 본 연구에서는 30년과 100년의 재현기간 두 기준만 적용했으나, 필요 시 스위스에서 1년과 300년 이상의 재현기간을 추가한 것과 같이 더 다양한 기준을 추가 고려하는 것도 가능할 것이다. 단, 기준을 다양화 시킬수록 강우 시나리오 생성과 침수해석의 작업량이 크게 증가되어 방법론의 실용성이 저하되기 때문에 신중한 판단이 필요할 것이다.

그림 5-2 본 연구의 영향권 구획화 방법



본 연구에서 제안하는 영향권 설정 방법은 수치모형을 활용한 침수해석에 근거를 두고 있어, 침수해석모형의 공간해상도로 인한 정확도 문제가 필수적으로 발생하게 된다. 침수해석모형의 구축 및 분석 시 가능한 넓은 공간범위의 도시침수 지역을 분석하기 위해 해상도가 그리 높지 않은 수치지도를 사용하였으며, 하수관망도는 최대한 간소화하였고, 노면수 적체에 대한 수리특성 또한 단순하게 묘사하였다. 그 결과, 침수해석을 통해 영향권에 포함되는 지역이라고 하더라도, 침수면적이 작은 곳은 그 정확도에 의심을 품게 되는 것이 사실이다. 따라서 소위 ‘물 웅덩이’ 형태로 침수되는 것으로 나타나는 지역은 영향권에서 배제하도록 최소 침수면적 기준이 필요하며, 본 연구에서는 침수면적  $4\text{m}^2$  이하인 지역을 영향권 설정 시 배제하기로 하였다.<sup>1)</sup>

1) 남양주시 대상지의 침수해석 결과와 하수관망도(원본), 항공사진 등을 비교한 뒤 비교적 정확도가 의심스러운 물웅덩이형 침수발생 가능지역을 조사한 뒤 이 지역의 면적을 확인해  $4\text{m}^2$ 의 기준을 마련하였다.

표 5-1 재해도면의 침수심에 따른 영향권 설정 기준

영향권 단계	도시침수의 발생특성	방재대책 필요성	영향권 설정 기준	
			30년 재현기간의 경우 조건	100년 재현기간의 경우 조건
(Red zone)	호우 시 매우 심각한 영향이 발생할 수 있는 곳	매우 높음 (대책수립이행의 의무화)	100cm 이상의 침수위 발생	100cm 이상의 침수위 발생
(Orange zone)	호우 시 상당한 영향이 발생할 수 있는 곳	높음 (대책수립이행의 권고 <sup>2)</sup> )	50cm에서 100cm 사이의 침수위 발생	
(Yellow zone)	호우 시 주의할 만한 영향이 발생할 수 있는 곳	보통 (대책수립이행 시 참고 <sup>3)</sup> )		50cm에서 100cm 사이의 침수위 발생
(Green zone)	호우 시 침수될 수 있으나 영향이 크게 우려되지 않는 곳	-	50cm 이하의 침수위 발생	50cm 이하의 침수위 발생

주) 재현기간 30년, 100년의 조건에서 서로 다른 영향권이 선택될 경우에는 상위의 영향권 선택

- 2) 대책의 공간범위 뿐만 아니라 대책수단의 결정에 대해 담당자의 판단을 중시하는 것을 의미한다.
- 3) 대책 추진 여부의 결정에 있어서 자치행정 및 개발여건을 고려해 담당자의 판단을 중시하는 것을 의미한다.

## 2) 중점관리대상지 영향권 설정 결과

### (1) 남양주시 대상지의 결과

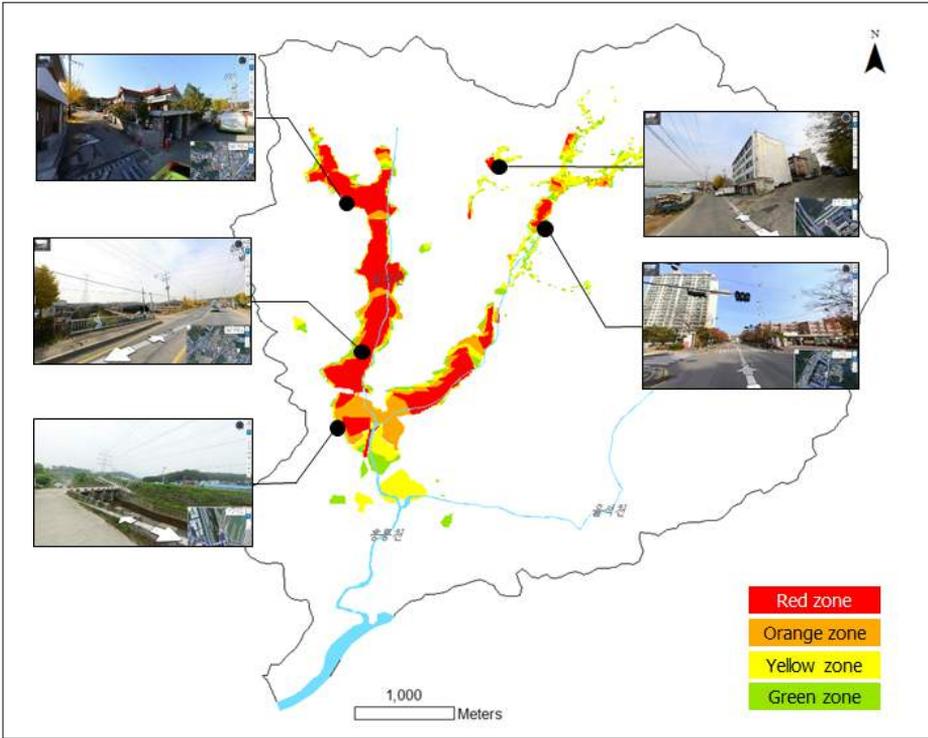
남양주시의 대상지에 대해 구축한 두 가지 재해지도를 토대로 <표 5-2> 및 <그림 5-3>과 같은 도시침수 영향권을 얻었다. 도시침수 영향이 발생할 수 있다고 해석된 총 면적은 2.69km<sup>2</sup>이었는데, 이 중 Red zone(호우 시 매우 심각한 영향이 가능한 곳)은 1.13km<sup>2</sup>로 약 42.1%로 해당되었다. Orange zone(호우 시 큰 영향 발생이 가능한 곳)과 Yellow zone(호우 시 주의할 만한 영향이 발생할 수 있는 곳)은 각각 0.59km<sup>2</sup>와 0.57km<sup>2</sup>로 전체 영향권 면적의 약 22%와 약 21.1%에 해당되었다(나머지 14.8%는 Green zone).

표 5-2 남양주시 대상지의 영향권 등급별 면적 분석 결과

영향권 단계	영향권 면적 (km <sup>2</sup> )	영향권 비율 (%)
Red zone	1.13	42.1
Orange zone	0.59	22.0
Yellow zone	0.57	21.1
Green zone	0.40	14.8
전체면적(km <sup>2</sup> )	2.69	100

영향권의 위치적인 특징은 다음과 같이 분석되었다. Red zone과 Orange zone의 대부분의 면적은 일패천 주위의 자연녹지지역에 설정되었는데, 해당 범위 이내에서 토지이용계획을 변경해 신규 개발사업을 추진함에 있어서 방재측면의 강한 규제가 필요함을 시사하고 있다. 주거용 개발밀도가 높은 흥릉천 상류지역(금곡동)에도 면적은 크지 않지만 Red zone과 Orange zone의 영향권이 설정되었다는 점 또한 눈에 띈다. 이 지역들은 주거·상업 등의 피해를 저감하기 위해 방재계획 내 관련된 대책 수단을 집중해야 할 곳으로 판단되었다.

그림 5-3 남양주시 대상지의 영향권 설정 결과



## (2) 창원시 대상지의 결과

창원시의 대상지에 대해 구축한 두 가지 재해지도를 토대로 <표 5-3> 및 <그림 5-4>와 같은 도시침수 영향권을 얻었다. 도시침수 영향이 발생할 수 있다고 해석된 총 면적은 2.83km<sup>2</sup>이었는데, 이 중 Red zone(호우 시 매우 심각한 영향이 가능한 곳)은 0.08km<sup>2</sup>로 약 2.8%가 해당되었다. Orange zone은 1.59km<sup>2</sup>로 약 56.2%로서 영향권이 설정된 대부분 지역에 호우 시 큰 영향 발생할 수 있는 것으로 나타났다. Yellow zone(호우 시 주의할 만한 영향이 발생할 수 있는 곳)은 0.48km<sup>2</sup>로 전체 영향권 면적의 약 17.1% 수준이었다(나머지 23.9%는 Green zone).

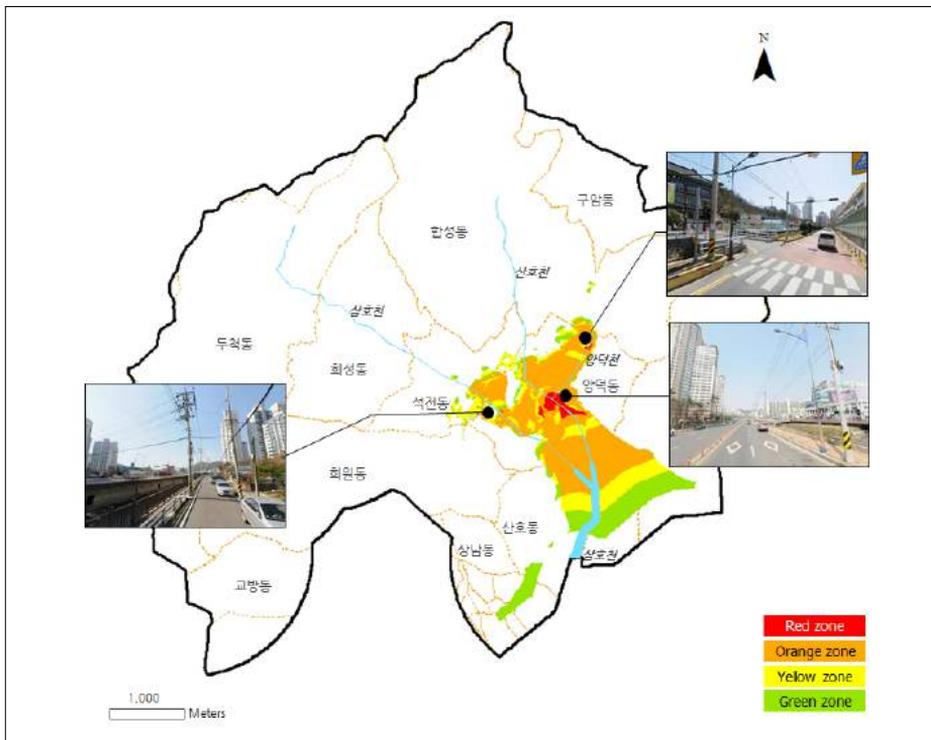
창원시 대상지에 포함된 영향권의 위치적인 특징은 다음과 같이 분석되었다. 대부분 영향권이 Orange zone에 해당되는 가운데, 양덕천과 산호천의 합류부 근처에

일부 Red zone를 보이고 있다. 이러한 영향권은 주로 주거가 밀집되어 있고 상업지역이 일부 포함된 양덕동 일대에 넓게 설정되어 있어 피해를 저감하기 위한 대책수단이 시급한 곳으로 판단되었다.

**표 5-3** 창원시 대상지의 영향권 등급별 면적 분석 결과

영향권 단계	영향권 면적 (km <sup>2</sup> )	영향권 비율 (%)
Red zone	0.08	2.8
Orange zone	1.59	56.2
Yellow zone	0.48	17.1
Green zone	0.68	23.9
전체면적(km <sup>2</sup> )	2.83	100

**그림 5-4** 창원시 대상지의 영향권 설정 결과



## 2. 영향권의 위험원인 조사

중점관리대상지 내 영향권이 설정되면, 적절한 대책수립을 위해 영향권의 각 지점에 대한 위험원인을 조사하고자 하였다. 위험원인 조사를 위해서는 UNDP(BCPR, 2004), ICHARM(Shrestha 외, 2013; Okazumi 외, 2015), 세계은행(Dilley 외, 2005; Jha 외, 2013) 등의 기관에서 제안한 포괄적 위험도 평가기법(comprehensive risk assessment)을 본 연구에 맞게 수정·적용하기로 하였다. 위의 연구들은 공통적으로 침수위와 같은 재해특성의 규명만으로는 효과적인 방재 대책을 수립할 수 없어, 재해가 실제 피해로 이어지는 데 관여하는 사회·경제적 원인을 함께 분석해 도시계획, 복지프로그램 등 개발방식을 현장에 맞게 조정하려는 목적에서 평가기법을 제시하였다.

본 연구에서는 영향권에 포함된 각 지역별로 위험발생 원인을 재해특성, 노출특성, 취약성으로 구분<sup>4)</sup>하고, 각각의 위험원인을 다음과 같이 규명하고자 하였다. 우선, 재해특성 조사는 침수위, 침수면적, 침수유형, 침수원인 등 재해의 물리적 특성을 분석하는 것으로, 재해지도로부터 영향권 내 관련 정보를 도출한다. 노출특성 조사는 영향권 내 거주인구, 토지이용 등 개발의 물리적 특성을 분석하는 것으로, 재해지도와 인구·토지이용지도를 중첩해 GIS분석을 통해 관련 정보를 도출하기로 하였다. 취약성 조사는 영향권 내 인구가 거주하고 토지를 이용함으로써 인해 발생하는 피해 민감성을 조사하기 위한 것으로, 취약한 건축물과 보호대상시설<sup>5)</sup>이 얼마나 포함되어 있는 지에 초점을 두기로 하였다. 마찬가지로, 재해지도와 함께 건축물, 도시계획시설 등의 공간정보를 중첩시킨 뒤 GIS분석을 통해 관련 정보를 도출하기로 하였다.

2차년도 이후에는 재해특성, 노출특성, 취약성을 종합해 실제 피해 가능성을 진단할 수 있도록 각 영향권별로 위험지수를 부여하는 방법을 제시할 예정이다. 아울러, 해당 영향권의 위험지수에 대한 재해특성, 노출특성, 취약성 각각의 기여도를 토대로 중요한 위험가중요인을 파악해 대책수단을 적절히 선택할 수 있도록 통계분

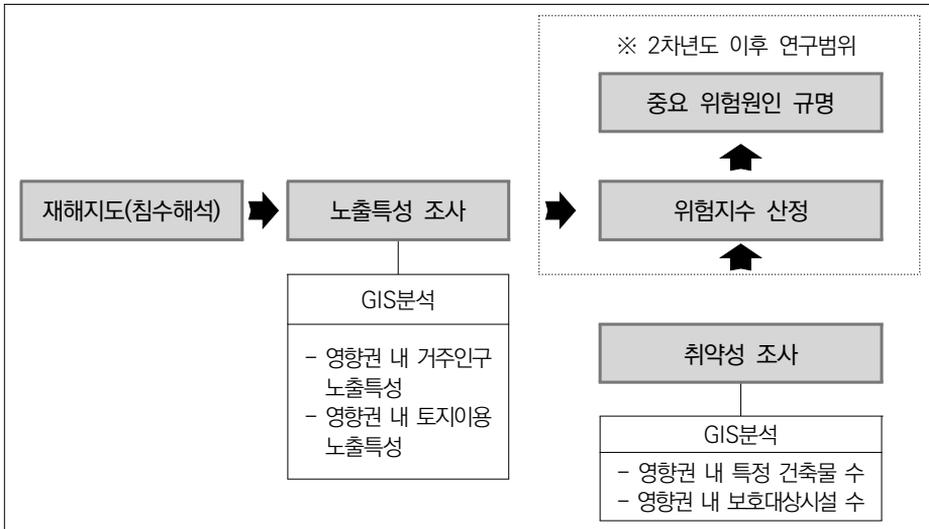
4) 위험도에 대한 학술적인 용어 정의는 '제3장 제1절 용어의 기본개념'을 참고할 것

5) 앞에서 살펴본 샌다이 강령, SDGs 등 국제재난관리전략에서 재난관리 상 목표 설정된 대상을 중시하여 선정

석 등의 연구가 진행될 것이다.

전체적으로, 위험원인 조사를 위해 <그림 5-5>의 절차를 제안하고자 하였으며, 1차년도에는 두 지역의 대상지에 대해 취약성을 조사하는 것까지 연구를 수행하기로 하였다.

**그림 5-5** 위험원인 조사 절차



## 1) 노출특성 조사

### (1) 거주인구 노출특성

거주인구에 대한 노출특성은 “도시침수로 피해가 발생할 수 있는 곳에 거주하는 주민인구(명)”로 정의하였으며, 영향권에 대한 공간정보와 인구지도를 중첩하여 분석하고자 하였다. 영향권에 대한 공간정보는 Red, Orange, Yellow zone별로 분류해 사용하였으며(침수피해가 크게 우려되지 않는 Green zone 제외), 인구지도로는 국토지리정보원에서 2015년 국토조사로 구축한 100m×100m 격자의 인구주제도를 활용하였다.

<그림 5-6> 및 <표 5-4>는 남양주시 대상지의 도시침수에 대한 노출특성을 보여주고 있다. 영향권 내 거주인구는 총 4,030명인데, 이 중에서 Red zone, Orange

zone, Yellow zone에 각각 645명, 610명, 2,775명의 주민이 위치하고 있다. Red zone에도 거주인구 노출은 그렇게 낮지 않다는 점이 특징적인데, 645명의 주민은 주로 주거지역이 밀집되어 있는 금곡동 지역과 양정동 내 일패천 주변 주거지역에 거주하고 있었다. 이 지역은 30년 재현기간 강우 시에도 1m 이상 침수가 발생할 수 있어 주민 안전을 위해 조기경보 시설 등 재난관리 대책과 주민방재교육의 필요가 매우 높은 것으로 판단되었다. Orange zone에 위치한 610명의 대부분은 금곡동 지역 내 흥릉천 복개부 지점 근처에 거주하고 있다. 마찬가지로 Orange zone에도 거주인구 노출은 그렇게 낮지 않은 데, 주거의 밀도가 높은 지역에 설정되기 때문인 것으로 판단된다. 이 지역 또한 30년 재현기간 강우 시에도 50cm에서 1m 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상의 침수가 발생할 수 있어 재난관리, 주민교육 등의 대책이 중시되어야 할 것으로 판단되었다. Yellow zone에 위치한 2,775명의 주민은 금곡동 지역에 주로 거주하고 있음을 알 수 있었다.

**그림 5-6** 남양주시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과

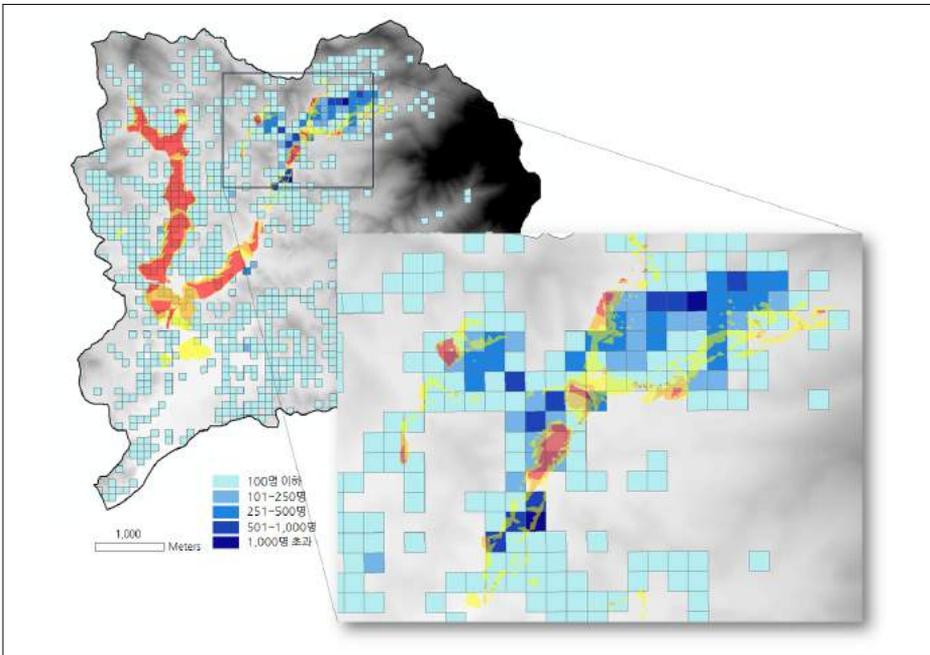


표 5-4 남양주시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과

(단위 : 명)

	Red zone	Orange zone	Yellow zone	총합
거주인구수	645	610	2,775	4,030
비율 (%)	(16.0)	(15.1)	(68.9)	(100)

<그림 5-7> 및 <표 5-5>는 창원시 대상지의 도시침수에 대한 노출특성을 보여주고 있다. 영향권 내 총 도시침수에 노출된 거주인구는 총 41,368명인데, 이 중에서 Red zone, Orange zone, Yellow zone에 각각 3,244명, 31,862명, 6,262명의 주민이 위치하고 있었다. Red zone에 위치한 3,244명은 주로 주거지역이 밀집되어 있는 양덕동 지역, 특히 양덕천과 산호천 주변지역에 집중되어 있었다. Red zone의 면적 자체는 크지 않지만, 이 지역에 다세대 주택 등이 다수 위치하고 있어 거주인구 노출이 작지 않은 것을 알 수 있었다. 이 지역은 30년 재현기간 강우 시에도 1m 이상 침수가 발생할 수 있고, 특히, 양덕천과 산호천의 합류로 외수위가 상승해 침수 발생이 예상되므로 하천을 중심으로 주민의 안전을 위해 예·경보 시스템 설치, 비상대처계획수립 등 재난관리 대책과 주민방재교육의 필요가 매우 높은 것으로 판단되었다. Orange zone에 위치한 31,862명의 대부분은 양덕동 지역에 거주하고 있다. 이 지역 대부분이 주거지역으로 활용되고 있고 상·공업지역으로 일부 활용되고 있어 도시침수로 인해 많은 주민이 영향을 받을 수 있을 것으로 판단되었다. 이 지역 또한 30년 재현기간 강우 시에도 50cm~1m 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상의 침수가 발생할 수 있어 방재대책 수립, 재난관리, 주민교육 등의 대책이 중시되어야 할 것으로 판단되었다. Yellow zone에 위치한 6,262명의 주민은 석전동과 양덕동 일부 지역, 삼호천 하류의 산호동, 양덕동, 봉암동에 주로 거주하고 있다.

그림 5-7 창원시 대상지의 거주인구의 노출특성 평가 결과

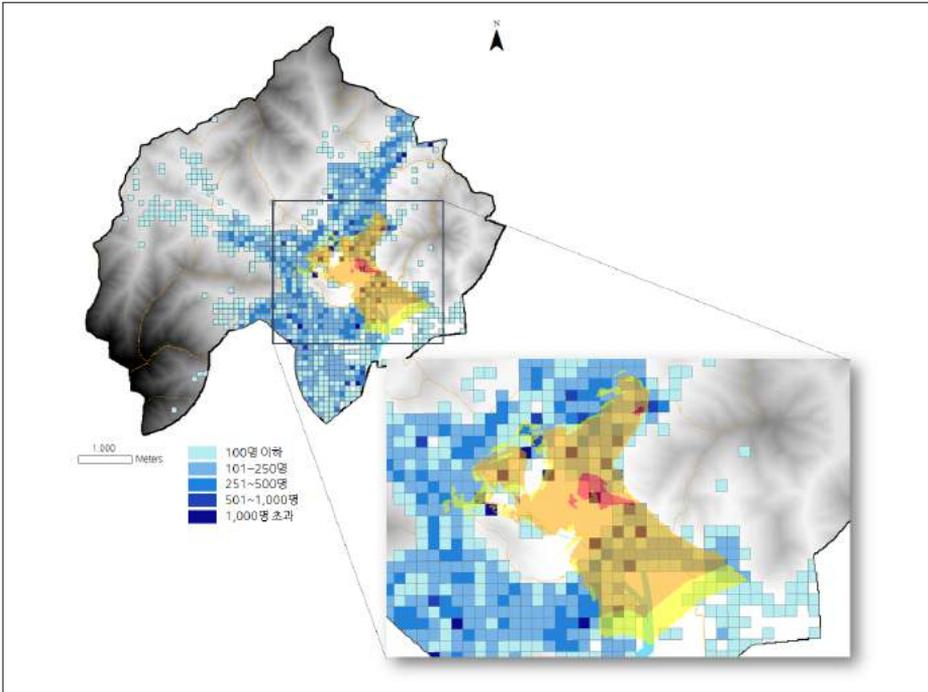


표 5-5 창원시 대상지의 거주인구 노출특성 평가 결과

(단위 : 명)

	Red zone	Orange zone	Yellow zone	총합
거주인구수	3,244	31,862	6,262	41,368
비율 (%)	(7.8)	(77.0)	(15.1)	(100)

## (2) 토지이용 노출특성

토지이용에 대한 노출특성은 “주거·상업·공업 등의 용도별로 도시침수로 피해가 발생할 수 있는 토지의 면적(m<sup>2</sup>)”으로 정의하였으며, 영향권에 대한 공간정보와 토지이용도를 중첩하여 분석하였다. 마찬가지로 영향권에 대한 공간정보는 Red, Orange, Yellow zone별로 분류해 사용하였으며(침수피해가 크게 우려되지 않는 Green zone 제외), 토지이용도로는 국토교통부의 토지이용계획도를 활용하였다(토

지이용계획도 중 도시지역 연속주제도)<sup>6)</sup>.

<그림 5-8> 및 <표 5-6>은 남양주시 대상지의 도시침수에 대한 토지이용 노출특성을 보여주고 있다. 영향권 내 총 노출면적은 233,669m<sup>2</sup>인데, 이 중에서 Red zone은 46,041m<sup>2</sup>, Orange zone은 49,051m<sup>2</sup>, Yellow zone은 138,577m<sup>2</sup>로 구분되었다. Red zone에 대한 단순면적이 1,131,562m<sup>2</sup>이었음을 고려할 때, 토지이용계획을 통해 약 96%의 면적을 자연녹지지역으로 보존하고 있음을 알 수 있었다. 하지만 여전히 30년 재현기간 강우에도 1m 이상의 침수로 큰 피해가 발생할 수 있는 곳을 46,041m<sup>2</sup> 만큼(보다 구체적으로는, 제1종전용주거지역 9,505m<sup>2</sup>, 제1종일반주거지역 32,196m<sup>2</sup>, 제3종일반주거지역 4,340m<sup>2</sup>) 보유하고 있다. 위치적으로, 당초 Red zone의 대부분 일패천 주위에 설정되었으나 이 지역은 자연녹지지역으로 이용되고 있어, Red zone 중에서 토지이용상의 노출이 높은 지역은 오히려 주거가 밀집된 금곡동 지역으로 나타났다. Orange zone에 대한 단순면적이 590,346m<sup>2</sup>이었으나, 토지이용계획을 통해 약 92% 면적을 자연녹지지역으로 보존하고 있었다. 마찬가지로 30년 재현기간 강우에도 50cm에서 1m 사이의 침수 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상 침수가 발생할 수 있는 곳이 여전히 49,051m<sup>2</sup> 만큼 이용되고 있다(구체적으로는, 제1종전용주거지역 4,417m<sup>2</sup>, 제1종일반주거지역 36,302m<sup>2</sup>, 제3종일반주거지역 4,051m<sup>2</sup>)<sup>7)</sup>. 위치적으로, 당초 Orange zone 또한 대부분 일패천 주위와 일패천과 흥릉천 합류부 하류지역에 설정되었으나 실제 토지이용상의 노출이 높은 지역은 주거가 밀집된 금곡동 지역으로 나타났다. Yellow zone에 대한 단순면적이 566,368m<sup>2</sup>이었으나, 이 지역의 약 1/4 면적에 해당되는 138,577m<sup>2</sup>만큼의 토지가 현재 활용되고 있었다(제1종일반주거지역 84,439m<sup>2</sup>, 제3종일반주거지역 13,076m<sup>2</sup>, 준주거지역 25,396m<sup>2</sup>)<sup>8)</sup>. 도시지역의 공간부족 또는 개발압력이 높을 경우 이러한 지역 토지이용을 강제적으로 줄이기는 힘들겠지만, 30년 또는

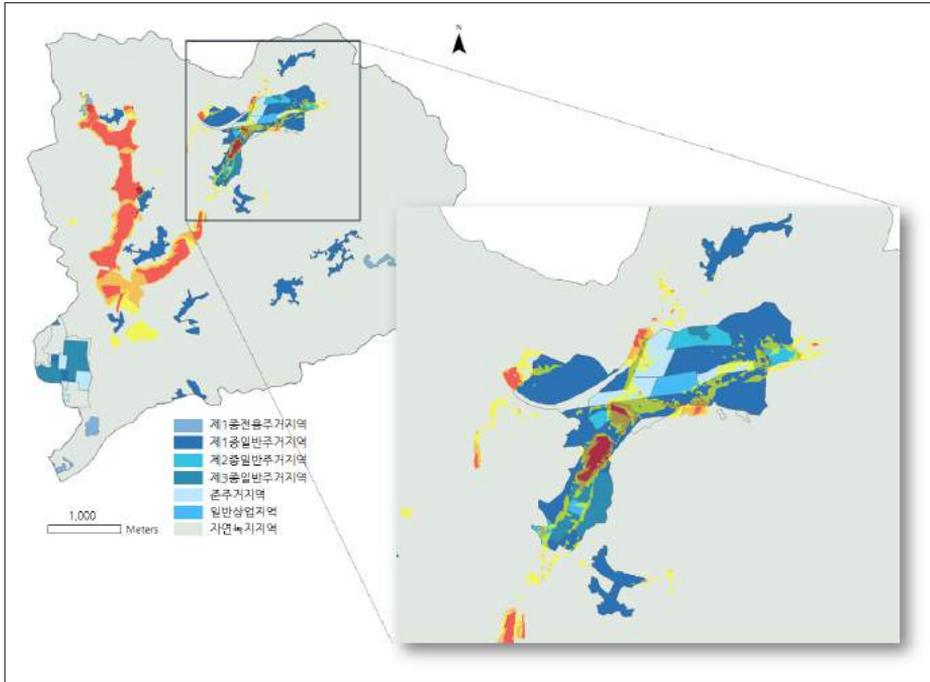
6) 도시지역 연속주제도에서 도시지역은 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역으로 크게 구분되는 데, 주거지역은 다시 주거지역, 전용주거지역, 제1종·제2종·제3종 일반주거지역, 준주거지역으로, 상업지역은 상업지역, 중심상업지역, 일반상업지역, 근린상업지역, 유통상업지역으로, 공업지역은 전용공업지역, 일반공업지역, 준공업지역으로, 녹지지역은 보전녹지지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역으로 상세 분류되었다.

7) 이외에도 제2종일반주거지역 2,750m<sup>2</sup>, 준주거지역 1,530m<sup>2</sup>만큼 포함하고 있다.

8) 이외에도 일반상업지역 2,783m<sup>2</sup>, 제1종전용주거지역 3,278m<sup>2</sup>, 제2종일반주거지역 9,605m<sup>2</sup>만큼 포함하고 있다.

100년 재현기간에 해당되는 호우 시 주의할 만한 영향이 발생할 수 있기 때문에 토지이용계획의 주의가 필요할 것이다.

**그림 5-8** 남양주시 대상지의 토지이용의 노출특성 분석 결과



**표 5-6** 남양주시 대상지의 영향권별 토지이용 노출특성 평가 결과

(단위: m<sup>2</sup>)

토지이용	Red zone	Orange zone	Yellow zone
일반상업지역	-	-	2,783
제1종전용주거지역	9,505	4,417	3,278
제1종일반주거지역	32,196	36,302	84,439
제2종일반주거지역	0.52	2,750	9,605
제3종일반주거지역	4,340	4,051	13,076
준주거지역	-	1,531	25,396
총 면적 (m <sup>2</sup> )	46,041	49,051	138,577

〈그림 5-9〉 및 〈표 5-7〉은 창원시 대상지의 도시침수에 대한 토지이용 노출특성을 보여주고 있다. 영향권 내 총 노출면적은 2,109,032m<sup>2</sup>인데, 이 중에서 Red zone은 63,079m<sup>2</sup>, Orange zone은 1,372,985m<sup>2</sup>, Yellow zone은 440,515m<sup>2</sup>로 구분되었다. Red zone에 대한 단순면적 80,342m<sup>2</sup> 중 토지이용계획을 통해 약 79% 면적을 주거지역 및 상업지역으로 사용되고 있음을 알 수 있었다. 즉, 도시침수 영향권 내 토지이용의 밀도가 높은 데, 30년 재현기간 강우에 1m 이상 침수가 발생할 수 있는 곳이 63,079m<sup>2</sup>(제3종일반주거지역 17,410m<sup>2</sup>, 준주거지역 23,789m<sup>2</sup>, 일반상업지역 17,874m<sup>2</sup>, 제1종일반주거지역 2,212m<sup>2</sup>, 제2종일반주거지역 1,794m<sup>2</sup>)이며 양덕천과 산호천의 합류부를 중심으로 넓게 형성되었다. Orange zone에 대한 면적은 1,566,405m<sup>2</sup>이고, 토지이용계획을 통해 약 88% 토지를 활용하고 있는 것으로 확인되었다. 즉, 30년 재현기간 강우에도 50cm에서 1m 사이의 침수 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상 침수가 발생할 수 있는 곳을 1,372,985m<sup>2</sup>(제2종일반주거지역 235,388m<sup>2</sup>, 제3종일반주거지역 305,051m<sup>2</sup>, 준주거지역 304,967m<sup>2</sup>, 일반상업지역 397,494m<sup>2</sup>)<sup>9)</sup>만큼 활용하고 있으며, 양덕천과 산호천의 합류부에서 산호천 중하류지역으로 넓게 형성되어 있다. Yellow zone의 면적은 462,285m<sup>2</sup>로 약 95%가 주거지역, 상업지역, 공업지역으로 활용 정도가 매우 높았다. 토지이용방식은 주로 제3종일반주거지역 98,358m<sup>2</sup>, 준주거지역 58,344m<sup>2</sup>, 일반상업지역 71,082m<sup>2</sup>, 일반공업지역 154,281m<sup>2</sup>로 구성<sup>10)</sup>되었다. 위치적으로, 주거가 밀집되어 있는 석전동 지역에 상대적으로 넓게 분포하고 있고, 산호천 하류부가 해안과 접해있는 주거·공업 지역에도 발견되었다.

9) 이외에도 제1종일반주거지역 35,959m<sup>2</sup>, 일반공업지역 94,126m<sup>2</sup>만큼 포함하고 있다.

10) 이외에도 제1종일반주거지역 17,087m<sup>2</sup>, 제2종일반주거지역 41,362m<sup>2</sup>만큼 포함하고 있다.

그림 5-9 창원시 대상지의 토지이용 노출특성 분석 결과

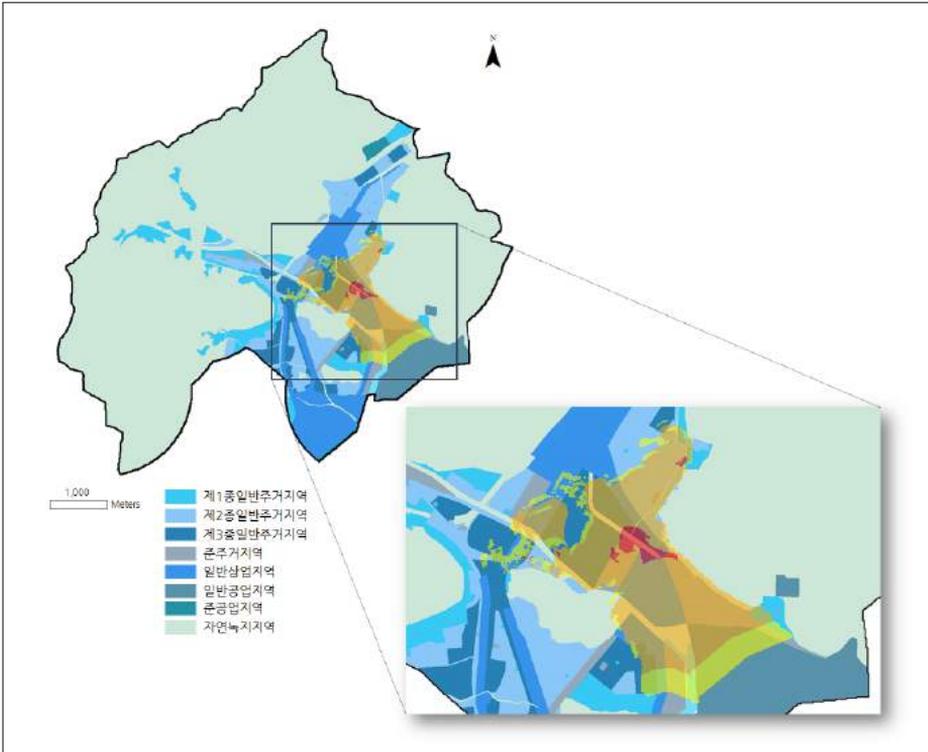


표 5-7 창원시 대상지의 영향권별 토지이용 노출특성 평가 결과

(단위 : m<sup>2</sup>)

토지이용	Red zone	Orange zone	Yellow zone
제1종일반주거지역	2,212	35,959	17,087
제2종일반주거지역	1,794	235,388	41,362
제3종일반주거지역	17,410	305,051	98,358
준주거지역	23,789	304,967	58,344
일반상업지역	17,874	397,494	71,082
일반공업지역	-	94,126	154,281
총 면적 (m <sup>2</sup> )	63,079	1,372,985	440,515

## 2) 취약성 조사

### (1) 건축물 취약성

건축물 취약성은 “도시침수로 피해가 발생할 수 있는 노후 또는 지하건축물의 개수”로 정의하였으며, 영향권에 대한 공간정보와 건축물 지도를 중첩하여 분석하고자 하였다. 영향권에 대한 공간정보는 Red, Orange, Yellow zone별로 분류해 사용하였으며(침수피해가 크게 우려되지 않는 Green zone 제외), 건축물 지도로는 국토교통부의 건물통합정보자료를 활용하였다. 해당 자료에서 건물의 승인일자를 기준으로 30년 이상 된 건축물을 노후건축물로 분류하고 건축물의 지하층수 자료를 토대로 지하건축물을 파악해, 노후건축물, 지하건축물, 노후·지하건축물의 위치를 나타내는 주제도를 작성·활용하였다.

<그림 5-10> 및 <표 5-8>은 남양주시 대상지의 도시침수에 대한 건축물 취약성을 나타내고 있다. 영향권 내 노출된 노후 또는 지하건축물은 총 336개인데, Red zone, Orange zone, Yellow zone에 이러한 건축물이 각각 58개, 70개, 208개소가 위치하고 있다. Red zone에는 노후건축물 24개, 지하건축물 11개, 그리고 노후·지하건축물이 23개로 산정되었다. 이러한 건축물은 주로 일패천 상류의 인근지역과 중하류에 다수 위치하고 있는데, 30년 재현기간 강우 시에도 1m 이상 침수가 발생할 수 있어 특별한 건축 보강, 규제 등 시급한 대책을 요구하고 있다. Orange zone에도 노후건축물 27개, 지하건축물 22개, 그리고 노후·지하건축물이 21개로 산정되었으며, 그 다수는 금곡동 지역과 양정동 일대의 일패천 주위에 위치하고 있었다. 30년 재현기간 강우 시에도 50cm~1m 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상의 침수가 발생할 수 있어 마찬가지로 방재대책이 필요한 것으로 파악되었다. Yellow zone에 위치한 건축물은 노후건축물 59개, 지하건축물 64개, 노후·지하건축물 85개로 구성되었다. 영향권의 단순 면적에 비해 상당히 많음을 알 수 있는데, 주로 주거지역이 밀집되어 있는 금곡동에 위치해 있기 때문인 것으로 분석되었다.

그림 5-10 남양주시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과

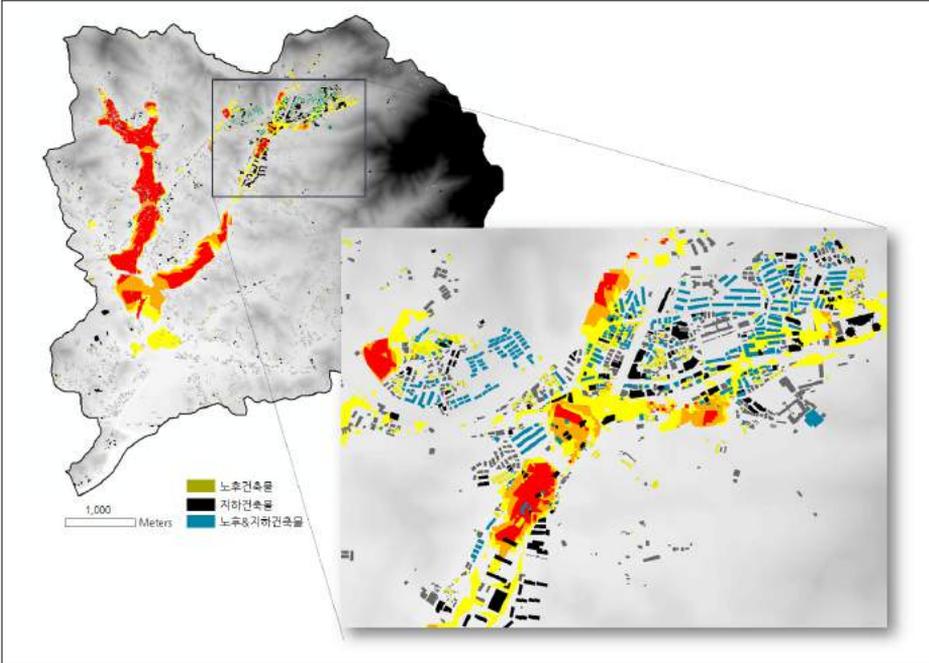


표 5-8 남양주시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과

(단위 : 개)

건축물		Red zone	Orange zone	Yellow zone	총합
취약성	노후건축물	24	27	59	110
	지하건축물	11	22	64	97
	노후·건축물	23	21	85	85
	소계	58	70	208	336

<그림 5-11> 및 <표 5-9>는 창원시 대상지의 도시침수에 대한 건축물 취약성을 나타내고 있다. 이 중에서 Red zone, Orange zone, Yellow zone에 각각 85개, 2,133개, 812개의 취약한 건축물이 위치하고 있다. Red zone에는 노후건축물 59개, 지하건축물 12개, 그리고 노후·지하건축물이 14개가 위치한 것으로 분석되었다. 주로 양덕천 상류의 인근지역과 양덕천의 산호천이 합류하는 지점에 다수 위치

하고 있는데, 30년 재현기간 강우 시에도 1m 이상 침수가 발생할 수 있어 특별한 건축 보강, 하천변 주변지역의 투수성 제고 등 시급한 대책이 요구된다. Orange zone에는 노후건축물 1,642개, 지하건축물 164개, 그리고 노후·지하건축물이 327개로 산정되었으며, 상당수의 건축물이 양덕동 지역에 위치해 있고 일부는 석전동 지역 내 삼호천 주위에 위치하였다. 하천을 중심으로 주변지역에 건축물 밀도가 높은 것을 고려하면 30년 재현기간 강우 시에도 50cm~1m 이상 또는 100년 재현기간 강우 시 1m 이상의 침수가 발생할 수 있어 마찬가지로 중단기적 대책이 요구된다. Yellow zone에서는 노후건축물 624개, 지하건축물 56개, 그리고 노후·지하건축물이 132개로 산정되었으며, 석전동과 양덕동 일부 지역과 삼호천 하류부를 중심으로 봉암동·양덕동·산호동에 위치하였다.

**그림 5-11** 창원시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과

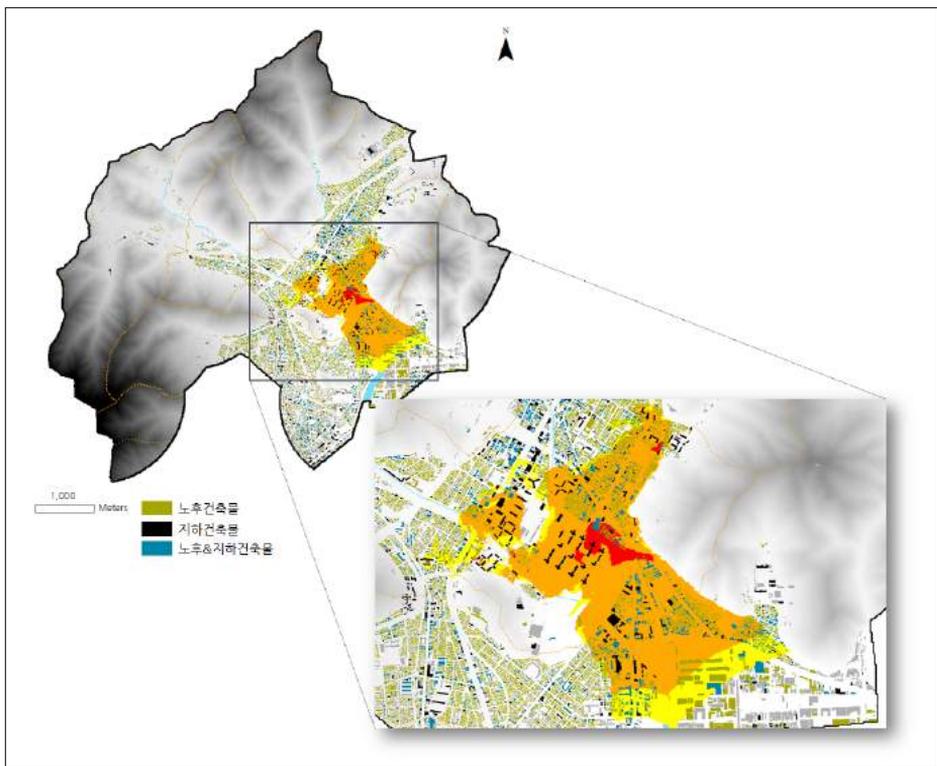


표 5-9 창원시 대상지의 건축물 취약성 평가 결과

(단위 : 개)

건축물		Red zone	Orange zone	Yellow zone	총합
취약성	노후건축물	59	1,642	624	2,325
	지하건축물	12	164	56	232
	노후·건축물	14	327	132	473
	소계	85	2,133	812	3,030

## (2) 보호대상시설 취약성

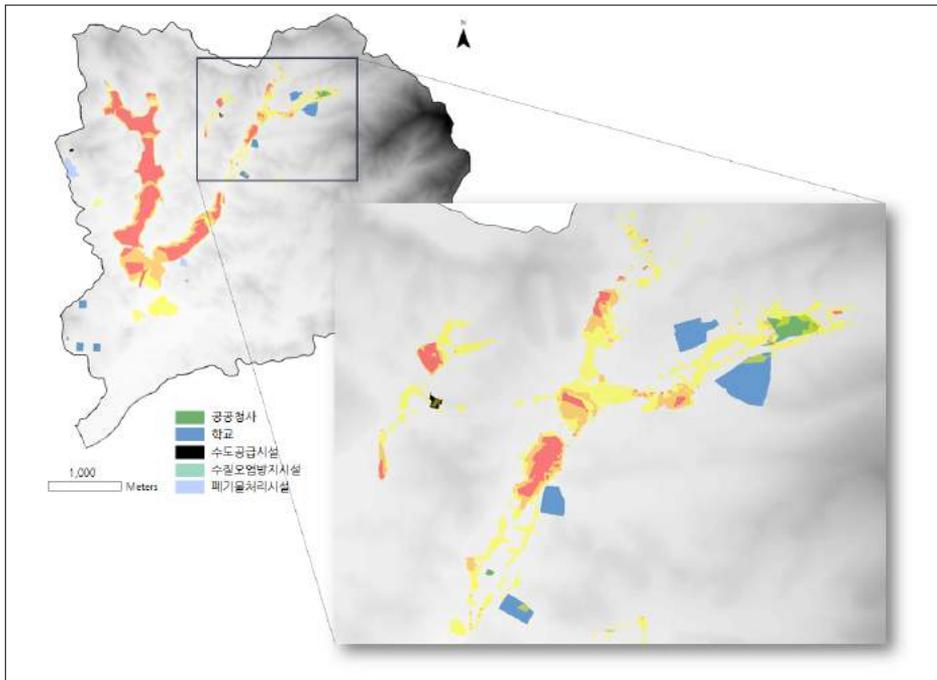
보호대상시설의 취약성이란 기능의 장애가 발생할 때 사회적으로 피해가 확산될 수 있어 특별 대책을 요하는 시설에 초점을 두고, “도시침수로 피해가 발생할 수 있는 곳에 위치한 보호대상시설의 개수”로 정의하여 영향권에 대한 공간정보와 도시계획시설 지도를 중첩하여 분석하기로 하였다. 영향권에 대한 공간정보는 Red, Orange, Yellow zone별로 분류해 사용하였으며(침수피해가 크게 우려되지 않는 Green zone 제외), 도시계획시설 지도로는 국토교통부의 토지이용계획도 상의 도시계획시설도 연속주제도를 활용하였다. 해당 주제도는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서 지정하고 있는 다양한 도시계획시설을 표시하고 있는데, 이 중에서 전기공급시설, 가스공급시설 등의 유통·공급시설, 공공청사, 학교 등의 공공문화체육시설, 종합의료시설 등의 보건위생시설, 수질오염방지시설, 폐기물처리시설 등 환경기초시설에 한정하기로 하였다<sup>11)</sup>.

<그림 5-12> 및 <표 5-10>은 남양주시 대상지의 도시침수에 대한 보호대상시설 취약성을 보여주고 있다. 총 5개의 보호대상시설이 영향권 내 위치하고 있는데, 이 중에서 Orange zone에서는 금곡동 지역에 학교 1개소, 양정동 일대 폐기물처리시설 1개소가, 그리고 Yellow zone에서도 금곡동 지역에 공공청사 1개소, 학교 1개소, 수도공급시설 1개소가 포함되어 있었다. 비록 Yellow zone이라고 하더라도 최근 100년 수준의 극단적인 강우사상이 종종 발생되고 있다는 점과, 사회기능 유지

11) 앞에서 살펴본 샌다이 강령, SDGs 등 국제재난관리전략에서 재난으로부터 보호하도록 강조된 시설을 고려하였고, 서울연구원 외(2015)의 “폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼”과 국립방재교육연구원(2010)의 “도시공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정 연구” 또한 참고하였다.

를 위해 이 시설들은 최우선적으로 보호되어야 한다는 점을 고려해 이 보호대상시설에 대한 대책 수립을 간과하기는 힘들다고 판단되었다.

**그림 5-12** 남양주시의 영향권별 보호대상시설의 취약성 평가 결과



**표 5-10** 남양주시 영향권별 보호대상시설 취약성 평가 결과

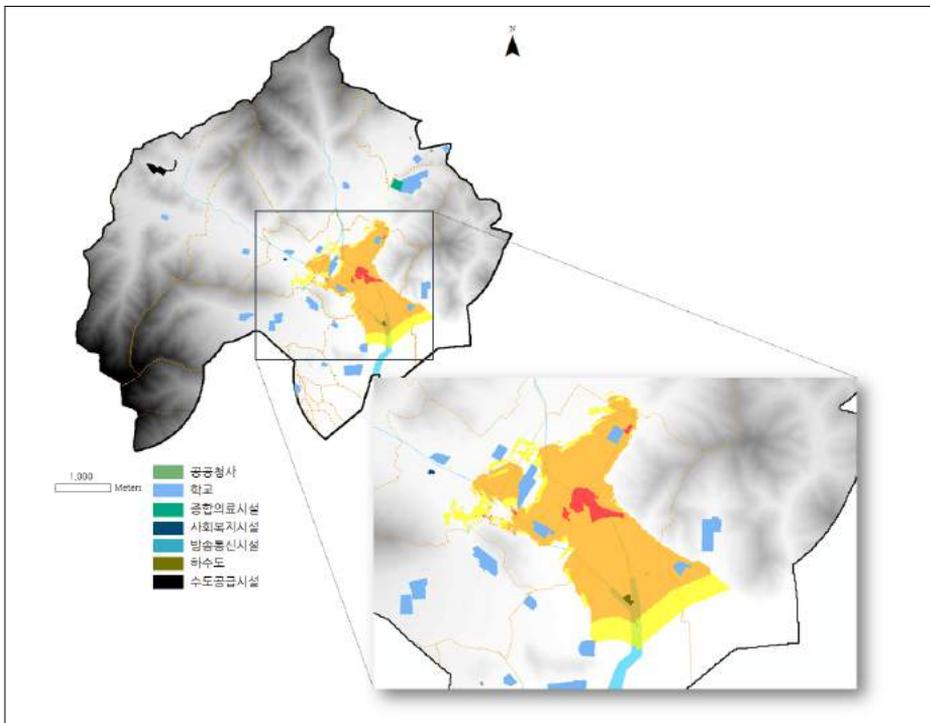
(단위 : 개)

보호대상 공공시설	Red zone	Orange zone	Yellow zone
공공청사	-	-	1
수도공급시설	-	-	1
학교	-	1	1
폐기물처리시설	-	1	-

<그림 5-13> 및 <표 5-11>은 창원시 대상지의 도시침수에 대한 보호대상시설 취약성을 보여주고 있다. 총 11개의 보호대상시설이 영향권 내 위치하고 있는 데, 이

중에서 Orange zone에서는 양덕동 지역에 학교 4개소, 공공청사 1개소, 하수도 1개소, 봉암동 지역에 학교 1개소가, 그리고 Yellow zone에도 석전동 지역의 학교 1개소, 양덕동 지역의 학교 1개소, 석전동과 인접해 있는 회원동 경계지역에 수도시설 1개소, 산호동 지역의 학교 1개소가 위치하고 있었다.

**그림 5-13** 창원시의 영향권별 보호대상시설의 취약성 평가 결과



**표 5-11** 창원시 영향권별 보호대상시설 취약성 평가 결과

(단위 : 개)

보호대상 공공시설	Red zone	Orange zone	Yellow zone
공공청사	-	1	-
기타수도공급시설	-	-	1
학교	-	5	3
하수도	-	1	-

### 3) 위험도 주제도 개발

영향권을 설정한 뒤 위험원인을 조사한 이유는 모든 분석 결과를 공간을 중심으로 재해석하여 현장에 맞게 대책수단을 파악하기 위함이다. 즉, 이 단계는 영향권 내 대책이 필요한 곳을 우선 선정하고, 각 공간에 대한 재해특성 조사 결과와 함께 노출특성 조사, 취약성 조사, 위험지수의 산정, 중요 위험원인 규명 등을 종합해 위험도 주제도를 개발하는 것이 중요하다(1차년도에서는 연구범위에 포함된 취약성 조사까지의 위험도 주제도를 개발하는 데 한정하며, 2~3차년도 추가 연구를 통해 주제도를 더욱 다양하게 개발할 예정). 영향권의 위험도 주제도를 개발하기 위해서, 먼저 영향권 지도를 보면서 Red zone, Orange zone 등이 밀집해 대책수립이 필요한 지역을 사각형 도엽으로 구분하였다. 또한 침수해석 결과를 토대로 도엽 내 침수 발생 원인을 파악하고, 인구, 토지이용 등의 노출특성과 건축물, 보호대상시설 등에 부속된 취약성을 분석하고 이를 종합적으로 나타내는 주제도를 작성하고자 하였다.

#### (1) 남양주시 대상지 결과

남양주시 대상지의 경우 영향권은 총 6개의 도엽으로 구분되었다.

<그림 5-14>의 도엽①에서, 양정동 내 일패천 상류지역은 일패천과 양정동 사거리 근처 일패천으로 유입되는 소하천이 범람한 뒤 좁은 골목을 따라 저지대로 유입되어 침수가 발생하는 것으로 분석되었다. 침수되는 대부분 토지가 자연녹지로 활용되고 있으나 일패천을 중심으로 좌측과 우측의 일부 주거지역이 노출될 수 있다. 침수가 발생할 수 있는 자연녹지에도 건축물이 다수 설치되어 있으며<sup>12)</sup>, 침수가 발생할 수 있는 지역에 264여명의 주민이 거주하는 것으로 분석되었다.<sup>13)</sup> 노후건축물, 지하건축물이 일부 포함되어 피해 민감성이 예상되었지만, 보호대상시설은 설치되어 있지 않았다. <그림 5-15>의 도엽②에서, 양정동 내 일패천 중류지역에도 일패천의 통수능 부족으로 범람해 주변의 넓은 지역에 걸쳐 침수가 발생할 것으로 분석되었다. 마찬가지로 침수되는 대부분 토지가 자연녹지로 활용되고 있으나 일패

12) 특히 Red zone 내에도 256개의 건축물이 설치되어 있으며 약 30개정도는 노후 또는 지하 건축물이다.

13) 특히, Red zone 내에 211여명의 주민이 다수 거주하는 것으로 분석되었다.

천 우측의 일부 주거지역이 노출되고 총 207여명의 주민이 거주하고 있었다<sup>14)</sup>. 침수가 발생할 수 있는 자연녹지에도 건축물이 다수 설치되어 있는데, 이 중에서는 노후건축물, 지하건축물이 일부 포함되어 있었다. 마찬가지로 보호대상 시설은 위치하지 않았다.

<그림 5-16>의 도엽③에서, 양정동 내 일패천과 홍릉천이 합류된 하류지역에는 두 하천이 합류한 이후 하류지역 통수능이 불충분해 범람이 발생하며, 홍수량은 경사가 완만하고 지대가 낮은 넓은 지역에 확산·정체할 것으로 분석되었다. 대부분 토지가 자연녹지로 활용되지만, 일패천의 홍릉천 유입으로 인한 범람 후 홍수량은 홍릉천 하류 우측에 위치해 있는 총 92여명의 주민이 거주하는 주거지역 일부를 관통할 수 있음을 알 수 있었다. 침수가 발생할 수 있는 자연녹지에 59여개의 건축물이 설치되어 있으나 노후·지하건축물은 많지 않고 보호대상시설은 위치하지 않았다.

<그림 5-17>의 도엽④에서, 홍릉천 중하류부 지역은 하천의 좌측에 범람이 넓게 발생할 수 있는 것으로 분석되었다. 침수되는 곳의 토지는 대부분 자연녹지로 지정·활용되고 있으나 총 39명의 주민이 거주하는 주거지역의 침수 발생 가능성이 있음을 알 수 있었다. 해당 지역 내 총 65여개의 건축물이 설치되어 있으나 노후·지하건축물은 존재하지 않았다. 하지만 침수지역 내 폐기물처리시설 1개소가 근접해 있어 일부 피해민감성이 있을 것으로 예상되었다. <그림 5-18>의 도엽⑤에서, 금곡동과 일패동의 경계지점은 주변지역 고도가 높아 우수가 집중되는 저지대로서 가파른 경사를 따라 높은 침수위가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다. 침수지역의 면적 자체는 크지 않지만, 일부는 인구가 밀집한 금곡동의 주거지역과 연결하고 있고 252여명의 주민이 거주하고 있으며, 수도공급시설에도 일부 영향이 있을 것으로 예상되었다. <그림 5-19>의 도엽⑥에서는, 금곡동 주거·상업지역 일대는 홍릉천 복개구간의 종료지점으로써 복개구조물의 장애와 배수용량 부족의 복합적인 영향으로 홍릉천이 일부 역류하고 주변의 노면 유출량이 정체될 것으로 분석되었다. 침수되는 대부분 토지가 총 2,661명의 주민이<sup>15)</sup> 거주하는 주거지역이며 일부 상업지역을 포함하고 있었다. 아파트, 빌

14) 특히, Red zone 내에도 119여명의 주민이 거주하는 것으로 분석되었다.

15) 특히, Red zone 내에 약 235여명, Orange zone 내에 338여명, Yellow zone 내에 2,088여명의 주민이

라, 상가가 위치하고 그 중에서 29개는 노후·지하건축물임을 알 수 있었다. 침수지역 내 학교 2개소와 공공청사가 1개소가 위치하고 있는 데, 그 중에서도 홍릉천 복개종료 지점 인근에 위치해 있는 학교는 높은 침수위로 인해 직접적인 영향을 받을 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

---

거주하는 것으로 분석되었다.

그림 5-14 위험원인조사 결과: 일패동 내 일패천 상류지역

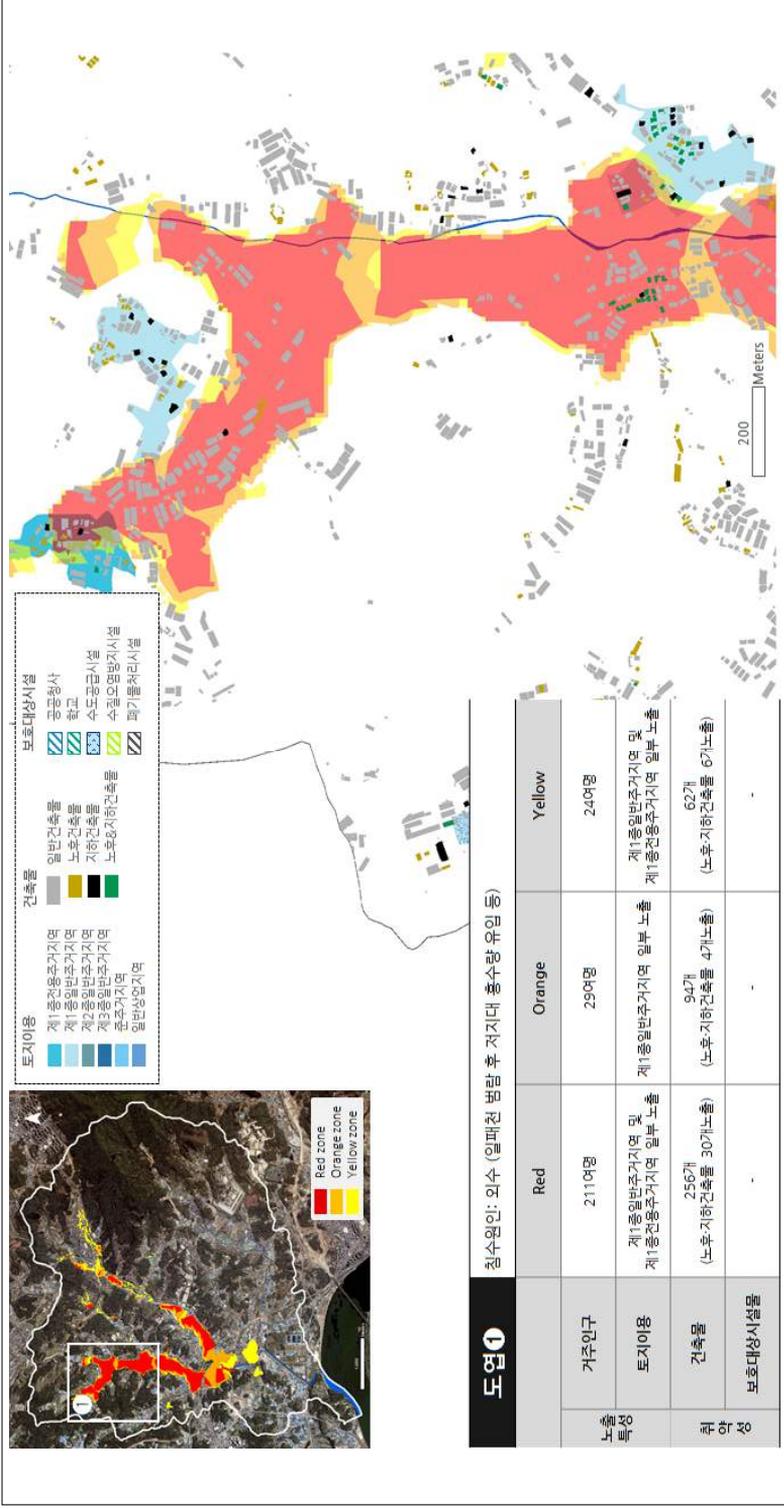


그림 5-15 위험원인조사 결과: 일패동 내 일패천 중류지역

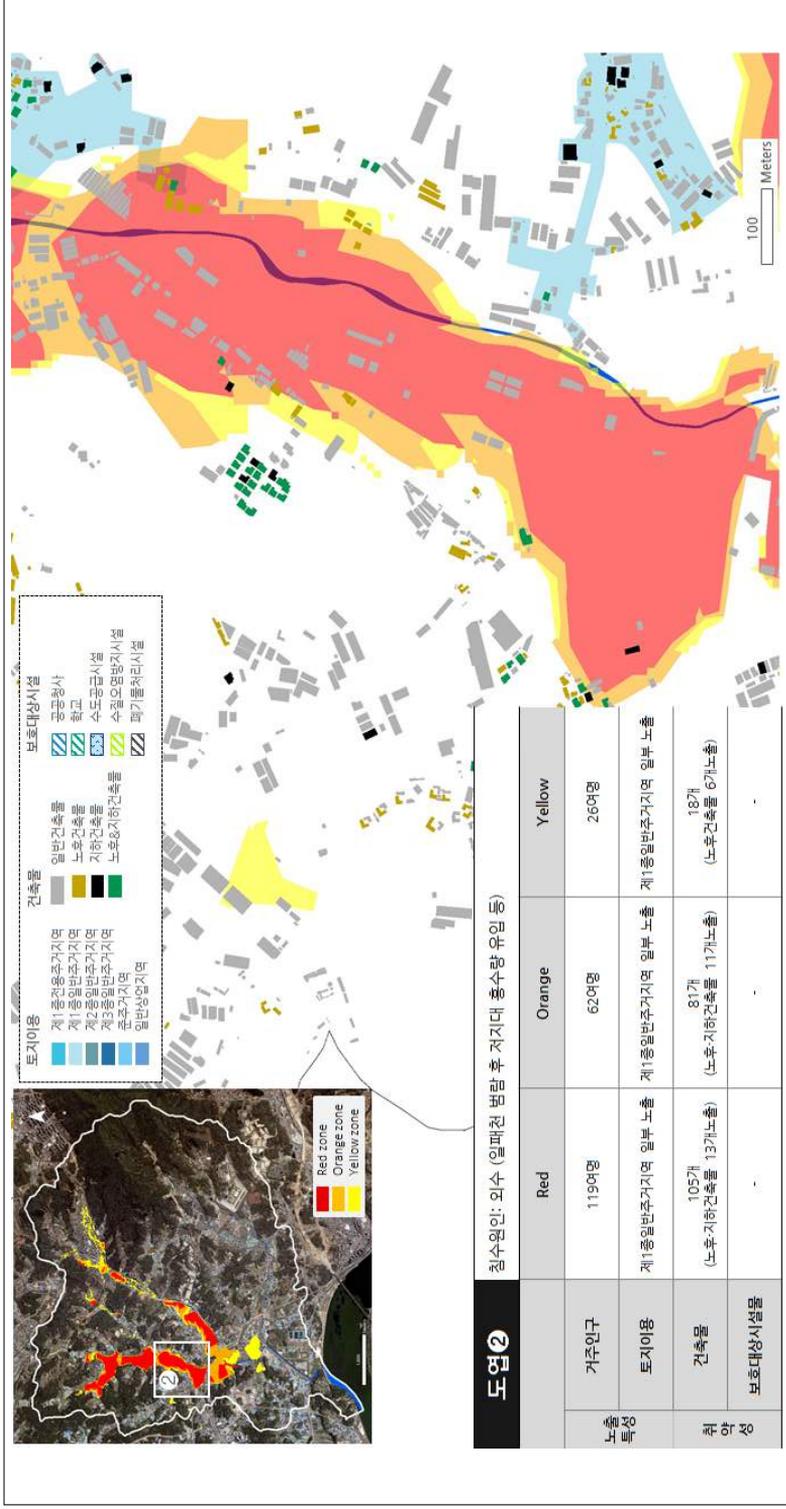


그림 5-16 위험원인조사 결과: 일패천과 흥릉천 합류 후 하류지역

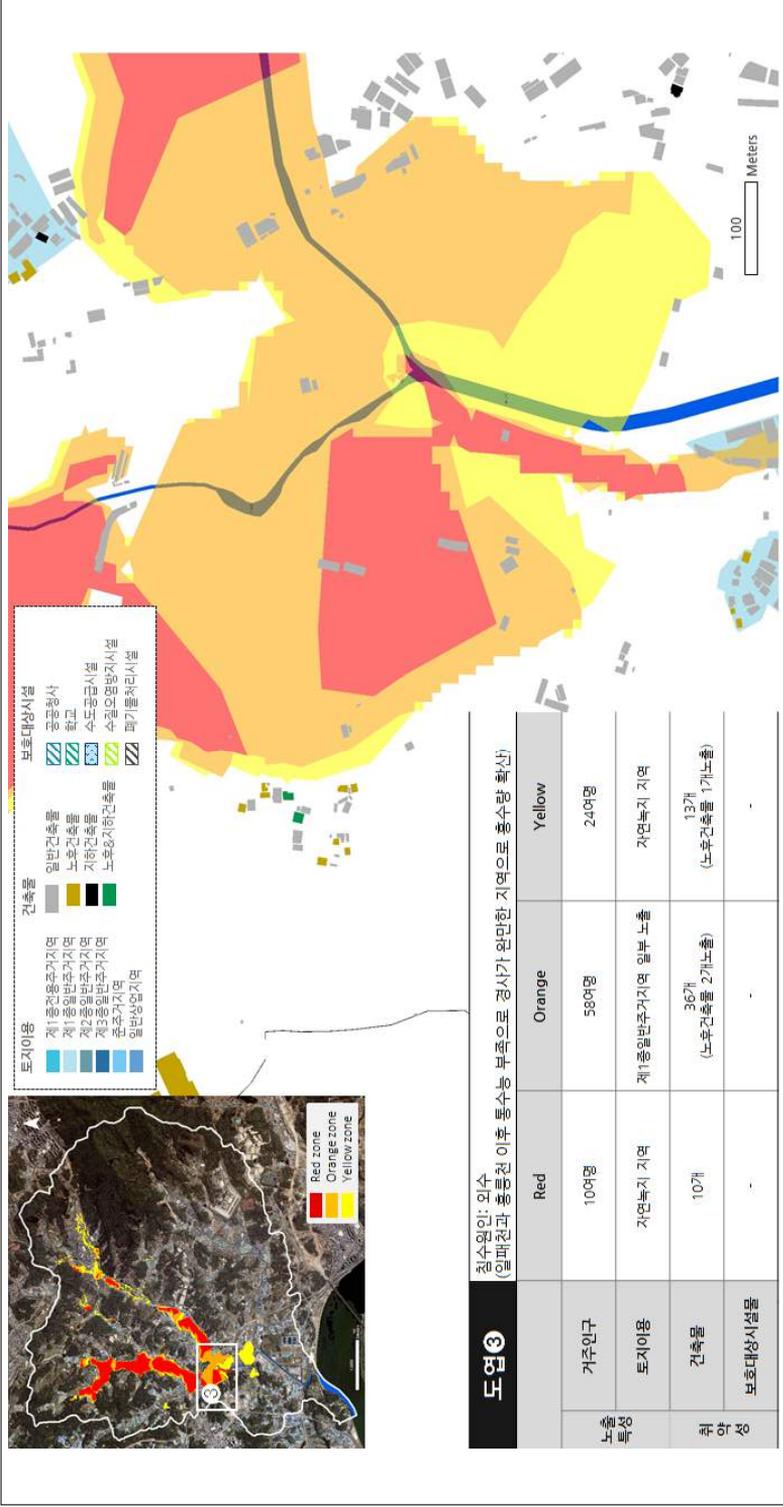


그림 5-17 위험원인조사 결과: 홍릉천 중하류부 지역

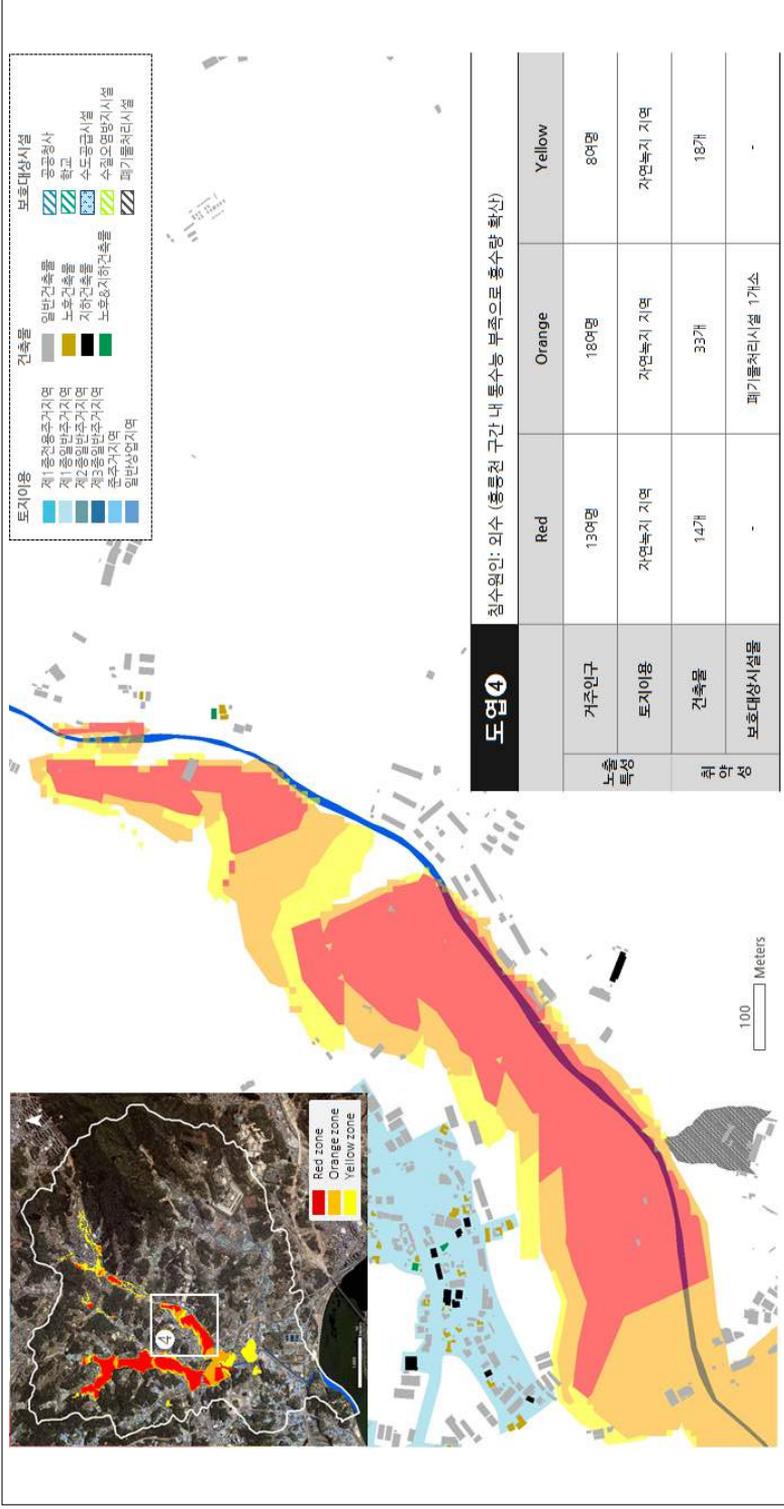


그림 5-18 위험원인조사 결과: 금곡동과 일패동 경계지역

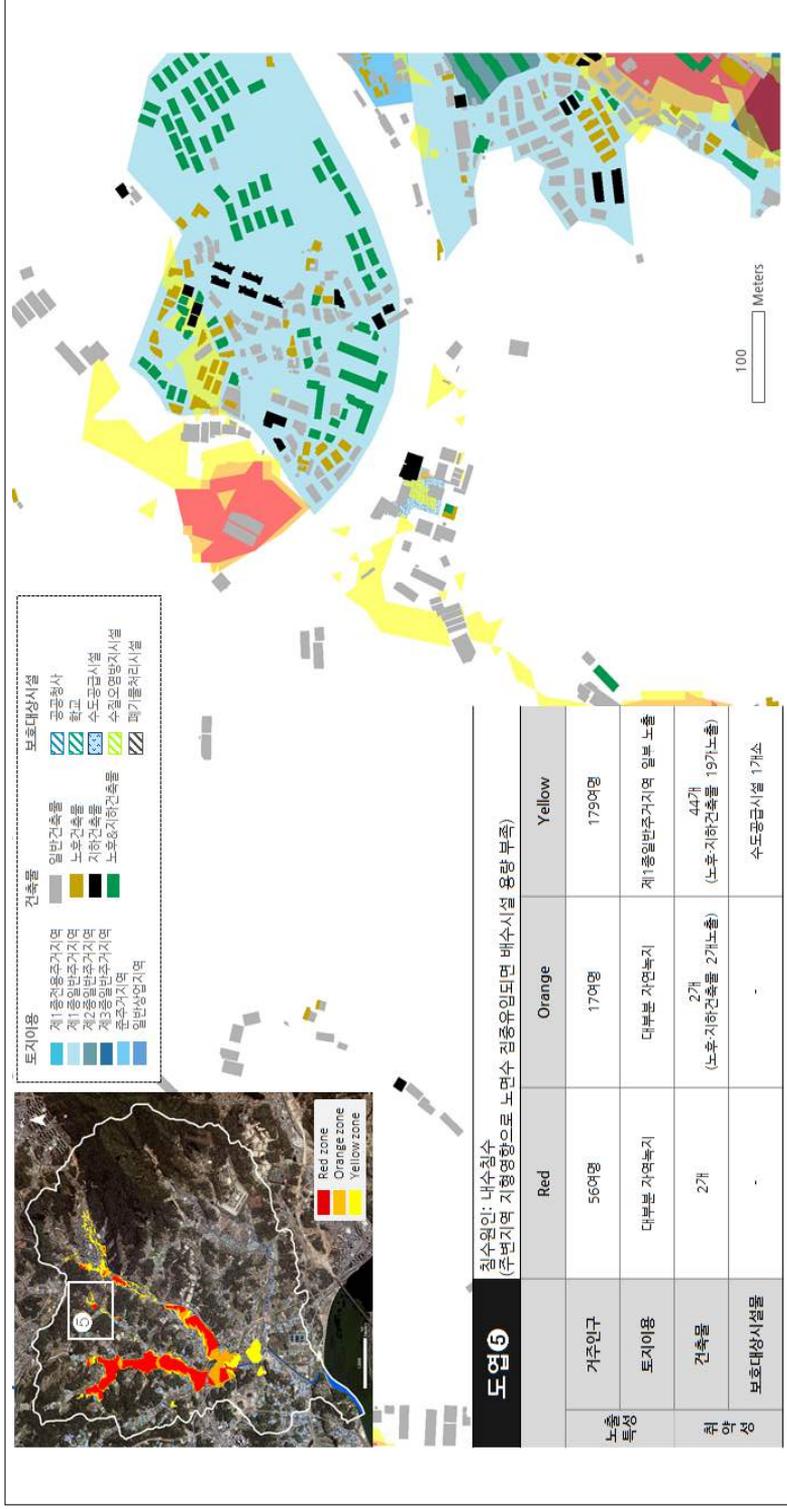
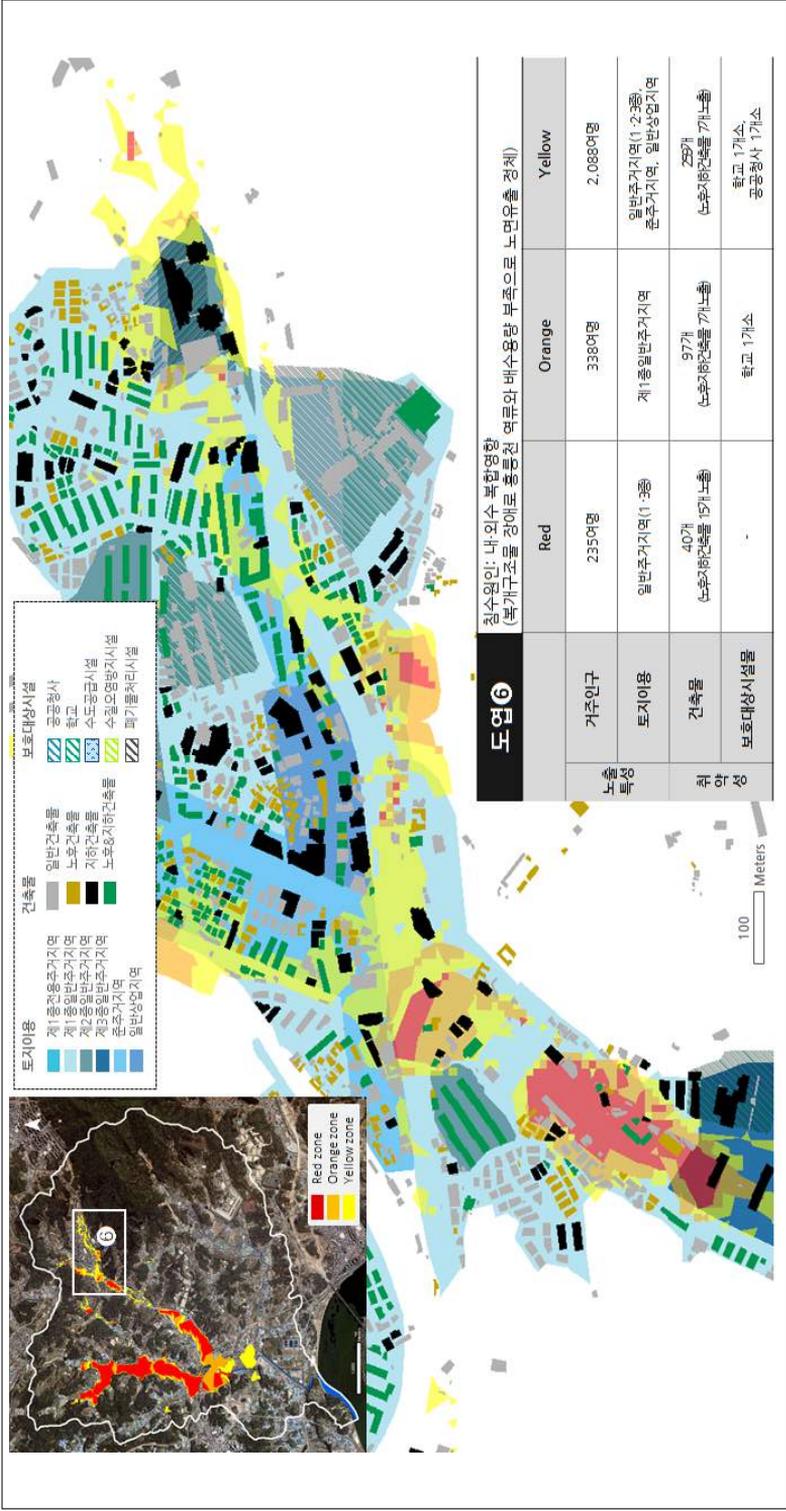


그림 5-19 위험원인조사 결과: 금곡동 일부 지역



## (2) 창원시 대상지 결과

창원시 대상지의 경우 영향권은 총 3개의 도엽으로 구분될 수 있다.

<그림 5-20>의 도엽①에서, 석전동 내 산호천 중하류지역은 통수능 부족과 하수 관거의 배수용량 부족의 복합적인 영향으로 주변의 저지대로 침수가 발생할 것으로 분석되었다. 침수되는 석전동 일대는 대부분 주거지역으로 일부 상업지역을 포함하고 있었다. 주거가 집중된 곳으로 6,500여명의 주민<sup>16)</sup>이 거주하고 있으며, 총 287개의 노후·지하건축물이 확인되었고 수도시설 1개소와 학교 1개소가 위치해 피해 민감성이 높은 것으로 예상되었다. <그림 5-21>의 도엽②에서는, 양덕동을 관통하는 양덕천과 산호천으로 인해 집중호우 시 하천의 통수능 부족으로 주변의 넓은 지역에 걸쳐 침수가 발생할 것으로 분석되었다. 마찬가지로 침수되는 대부분 토지가 4,700여명의 주민이 거주하는 일반주거지역이며 상업지역 일부를 포함하고 있었다. 침수가 예상되는 지역은 건축물의 밀도가 매우 높은 데 이 중에서 노후건축물 또는 지하건축물이 700여개로 분석되었으며, 학교 또한 1개소가 위치하고 있었다. <그림 5-22>의 도엽③에서는, 양덕동 내 양덕천과 산호천이 합류한 이후 산호천의 중하류지역의 통수능 부족으로 범람 발생이 예상되며, 합류부 이후 산호천의 외수위 상승으로 범람이 발생하고 하천의 좌안으로 집중된 유량이 경사가 완만하고 지대가 비교가 낮은 지역에 넓게 확산할 것으로 분석되었다. 일부 상업지역이 포함되어 있으나 토지가 대부분 16,000여명이 거주하는 주거지역(주거지역 내 아파트가 상당부분 차지)이었다. 노출된 건축물 중에서 노후건축물과 지하건축물 또한 50% 이상을 차지하고 학교 또한 2개소를 포함하고 있었다.

---

16) 아파트가 위치해 있는 Orange zone에는 4,211여명과 Yellow zone에 2,249여명의 주민이 거주하고 있는 것으로 분석됨

그림 5-20 위험원인조사 결과: 석전동 일부 지역

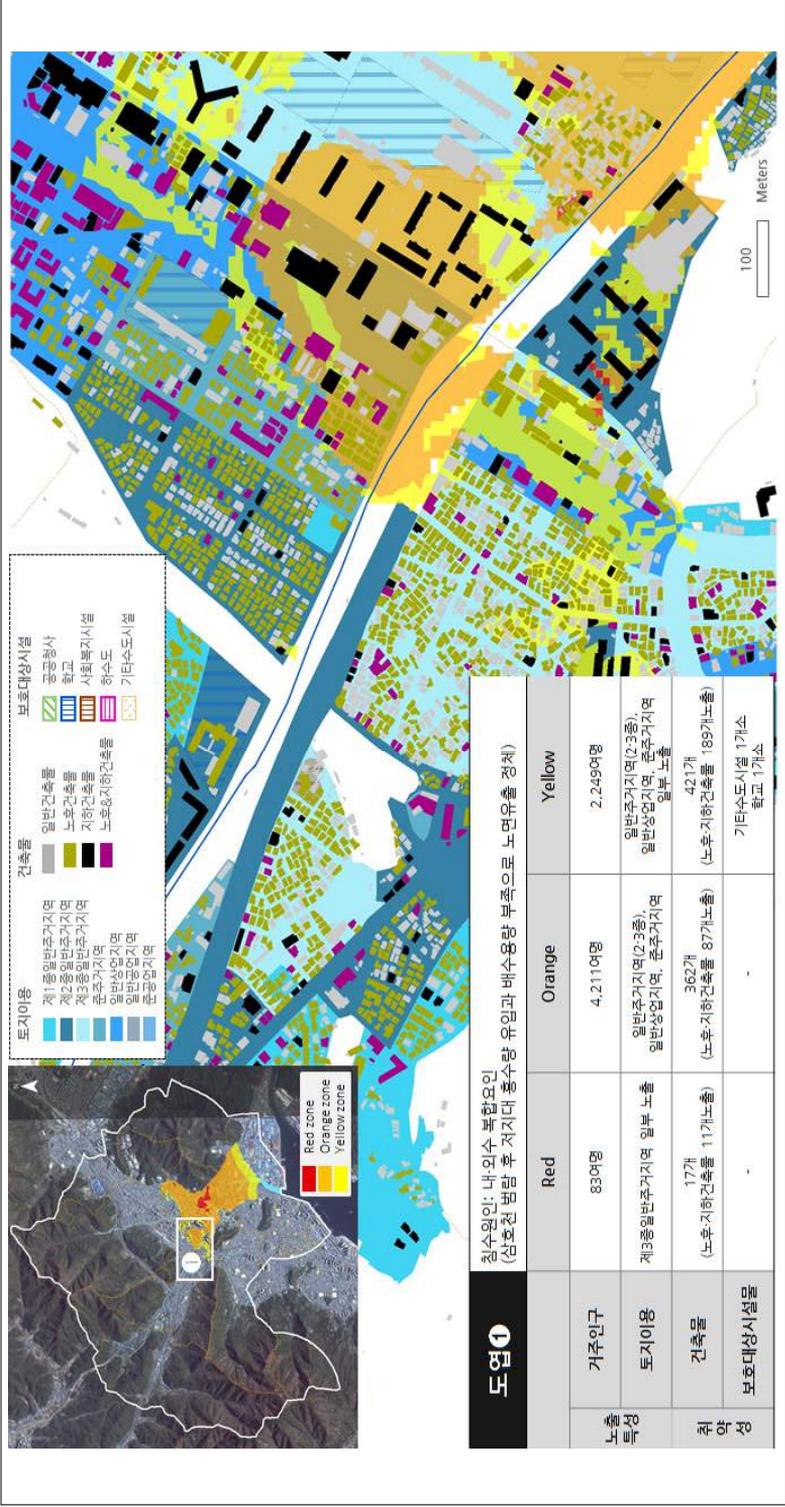


그림 5-21 위험원인조사 결과: 양덕동의 양덕천 상류에서 중하류 일부 지역

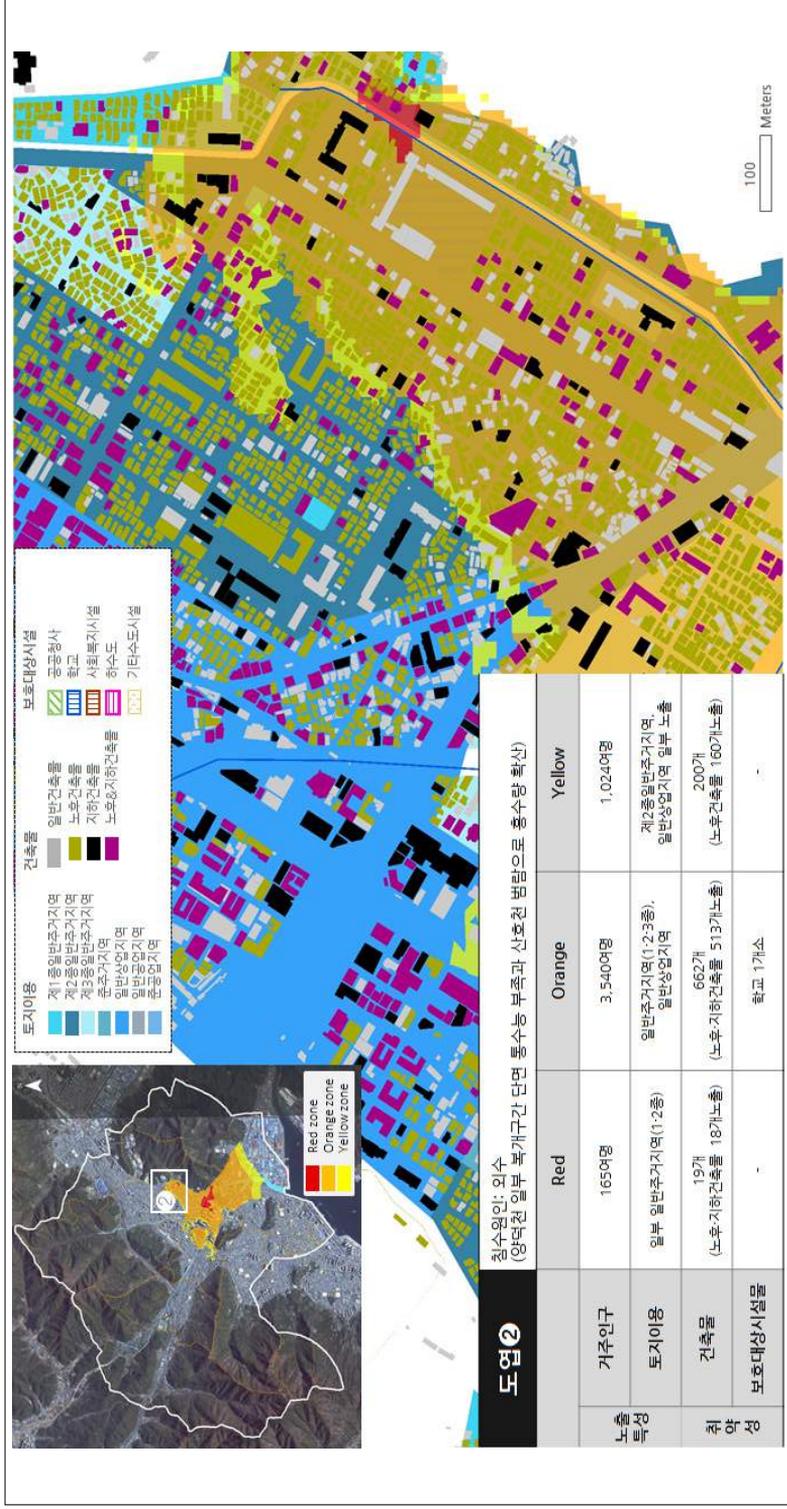
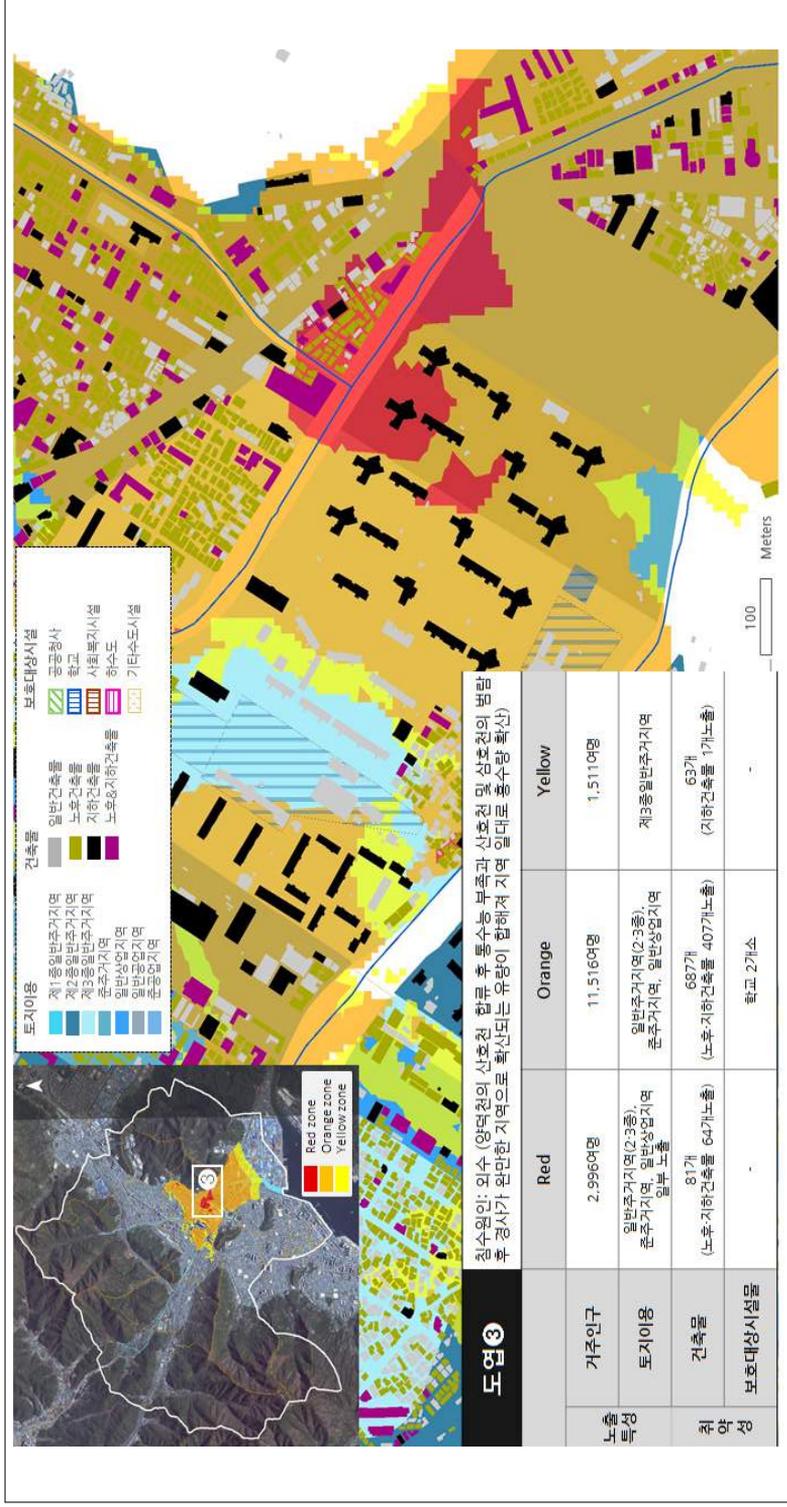


그림 5-22 위험원인조사 결과: 양덕동 양덕천의 산호천 합류부 지역



### 3. 영향권 내 적용가능한 도시계획적 대책수단

개발될 시스템을 통해 추후 대책수단에 대한 실무적인 의사결정을 돕기 위해서는 크게 두 가지 종류의 역량을 지원할 수 있어야 할 것으로 판단된다. 첫째는, 객관적으로 대책수단을 발굴·선별하는 역량이라 할 수 있는데, 현장의 문제에 부합하는 ‘올바른 대책수단’을 파악하게 하는 것을 의미한다. 1차년도 연구를 통해 다양한 대책수단을 조사해 영향권의 위험원인에 맞춰 적절한 대책수단을 제시하고자 함으로, 첫 번째 요건은 상당부분 충족시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 둘째는, 지혜롭게 대책수단을 선택하는 역량이라 할 수 있는데, 대책수단의 기대효과 뿐만 아니라, 예산, 행정, 인력 등 해당 지자체의 내부여건, 대책에 대한 주민의 인식, 즉, 선호도를 종합적으로 고려해 ‘현명한 대책수단’을 파악하게 하는 것을 의미한다. 두 번째 요건에 대해서는 당초 계획된 공정에 따라 2차년도 이후에 대책수단의 실무적 의사결정 지원방법에 대해 자세히 검토·제시할 예정이다.

위와 같은 배경에 따라 본 절에서는 영향권의 위험원인 조사 이후 도시방재계획 수립 단계에서 적용 가능한 대책수단을 조사하여 이를 체계화하고자 하였다. 이미 많은 도시침수 대책이 국내에 소개되었을 뿐만 아니라, 대부분 여러 법률·지침에 걸쳐 시행 근거가 마련되어 있다. 따라서 본 연구에서는 먼저 관련 법률·지침을 조사해 도시침수 방재를 위한 대책에 대한 체계를 파악하고, 각 대책을 위해 시행할 수 있는 수단을 소개하고자 하였다. 다음으로는, 대책수단의 기대효과, 즉, 도시침수 위험을 저감하는 방식을 검토하여, 추후 영향권의 위험원인 조사 결과와 연결해 적절한 대책수단을 강구할 수 있도록 하였다.

#### 1) 도시침수 방재대책의 체계화

자연재해대책법, 국토계획법, 하천법, 건축법 등의 법률과 지침을 토대로 도시침수에 대한 방재대책은 <표 5-12>와 같이 구성된다(각 대책에 대한 정의, 근거, 사업추진 규정 등의 세부사항은 [부록2] 참고). 방재대책은 크게 대책의 성격에 따라 크게 다섯 가지로 구분해 그 수단을 강구할 수 있다. 첫 번째로는 ‘방재대책을 위한

사전조사 및 분석'이라 할 수 있는 데 입지유형 분석, 재해위험성의 분석·평가 등 분석적 대책수단을 포함하고 있다. 두 번째는 '방재계획이나 대책의 수립'이라 할 수 있으며, 방재계획을 수립하는 과정에서 지역·지구 지정, 배수시설 배치, 건축규제 및 대책, 토지이용 대책 등 주로 계획적 대책수단을 포함하고 있다. 셋째로는 방재시설물을 설치하는 것으로, 우수유출 저감시설, 내·배수시설 등 시설적 대책수단을 의미한다. 넷째로는 재난관리대책으로, 예·경보 시스템 운영, 대피대책 수립, 시설물 점검·보수 등의 관리적 대책수단을 포함하고 있다. 마지막으로 법·제도의 운영이라고 할 수 있는 데, 관련 법률과 지침·기준을 개선하는 등의 제도적 대책수단을 의미한다. 위의 다섯 가지 종류의 대책 가운데, 지자체 도시계획 담당자가 시스템에서 제공된 영향권 설정, 위험원인 조사 등의 결과를 이용해 직접 대책을 마련·시행할 수 있는 것으로는 방재계획이나 대책의 수립(계획적 대책수단), 방재시설물의 설치(시설적 대책수단), 재난관리(관리적 대책수단) 대책이 있다.

제공될 중점관리 대상지에 대한 영향권 설정 및 위험원인 조사 결과는 그 자체가 분석적 대책수단이 되어 방재대책을 위한 사전조사 및 분석을 위한 업무를 크게 줄여줄 수 있을 것이다. 또한 법·제도의 운영과 관련해서는 담당부서에도 자체 방재 기준을 검토·설정하는 등의 역할을 부여할 수 있지만, 이는 중앙정부 또는 지자체의 재난관리 전담부서(안전총괄과 등)의 역할에 더욱 가깝다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 도시계획 담당부서에서 도시방재계획 차원에서 직접 다룰 수 있는 계획적·시설적·관리적 대책수단에 초점을 두고 보다 구체적으로 살펴보기로 하였다.

**표 5-12 주요 도시침수 방재대책의 구성**

대책성격	주요 대책	대표적 대책수단	수단유형
조사·분석	입지유형 분석	- 입지유형의 구분(도시, 산지, 농촌, 해안·도서, 하천·호소지역) 및 침수위험도 분석 등 - 홍수방어 여건, 저감시설(펌프장·저류지유수지·등)과의 연계성 분석 등	분석적 대책수단
	재해 위험도 분석·평가	- 재해유형 구분(하천·호우·사면·지반·토사·바람·기타재해), 위험성 검토 등 - 재해위험성 평가(재해취약지역 검토), 상습수해지역, 홍수위험성 평가(외수범람, 내수역류) 파악 등	
방재계획·대책수립	기본 원칙 적용	- 인구·시설의 집중 방지, 개발밀도·재해이력 고려, 저지대 개발 지양, 기후변화 고려 등	계획적 대책수단

대책성격	주요 대책	대표적 대책수단	수단유형
방재계획· 대책수립	방재계획 수립	- 풍수해저감 종합계획 수립·시행, 사전재해영향성 검토, 방재시설의 설치지역·시설의 종류·효과분석 등	계획적 대책수단
	지역·지구 지정	- 용도지구(방재지구) 및 지구단위계획구역의 지정·운영 등 - 재해위험지구 지정(자연재해위험지구, 수해상승지구, 산사태 위험지구, 고립위험지구, 노후시설지구) 등	
	건축물 대책	- 단지·대지 승고, 건축물 배치, 용도·규모 규제, 내수화, 침수방지대책, 설비보호, 건축불허 등	
	토지이용 대책	- 용도·시설 배치, 입지규제, 토지매수·이주, 자연환경보전·활용 등	
방재시설 설치	우수 유출저감 시설 개선	- 지역내·외 저류시설 설치, 침투시설(침투형, 우물형) 설치 등	시설적 대책수단
	내·배수시설 개선	- 하천정비, 배수체계 개선, 배수능력 제고 등	
	도로 침수· 배수 대책	- 도로부 배수 처리, 시가지 침수전이 방지 등	
재난관리	예경보 및 대피	- 예·경보 시스템, 대피로 및 대피시설 확보·운영, 비상대처계획 수립·시행 등	관리적 대책수단
	시설물 유지관리	- 시설 점검·정비·보수·보강 실시, 유지관리계획 수립 등	
법·제도 운영	지침·기준 운영	- 방재지침 마련·운영, 방재시설 최소설치기준 마련, 지구단위 홍수방어기준, 수방기준 설정·운영 등	제도적 대책수단
	관련제도 운영	- 지역별 방재성능목표 강우량 운영, 홍수보험 등	

\* 도시방재계획과 밀접한 대책의 범위를 굵은 선으로 표시

## 2) 도시침수 방재대책의 중요 수단

### (1) 계획적 대책수단

계획적 대책수단에서는 건축물과 토지이용의 대책수단이 중시될 수 있다.

건축물 대책은 건축법 등의 규제를 활용한 <표 5-13>의 수단들이 대표적이며, 주로 침수영향을 피하게 하거나, 영향을 받더라도 피해를 줄이는 특성이 있어 취약성 감소의 효과가 크다고 할 수 있다. (i) 단지·대지 침수방지는 대지의 지반고를 침수위 이상으로 승고하거나 단지 내 노면수 유입을 차단하기 위해 설치하는 차수시설을 의미한다. (ii) 건축물 배치 시 지형으로 인한 빗물유출경로를 고려해 자연 배수기능의 장애를 최소화하고 건축물 침수영향을 사전에 방지할 수 있으며, (iii) 위험지역

을 고려해 건축물의 용도를 사전에 결정하며, 특히 침수위 이하 층에 대한 거실 등 주거용도를 제한하는 것도 가능하다. (iv) 건폐율, 용적률 등 건축물 규모를 제한해 위험지역의 인구·교통 밀집을 사전에 방지할 수 있으며, (v) 침수에 강건한 구조로 설계하고 내수성 높은 재료를 활용할 수 있다. (vi) 건축물의 침수방지 대책으로, 침수위를 고려해 고상식 건축기법을 적용하고, 침수유입이 가능한 경로에 대해서는 차수시설을 설치하며, 건축물 내부에도 역류방지시설을 설치하는 등 피해저감대책을 마련할 수 있다. (vii) 또한 건축설비를 보호하는 것도 가능한 데, 침수위를 고려해 전기·통신·연료·급수·배수·위생 등의 설비 대책을 마련하고, 옥상저류조, 빗물통 등으로 주변의 노면유출을 억제할 수 있다. (viii) 경우에 따라서는 상승적으로 침수되거나 침수가 심각하게 우려되는 지역에 대해서는 신규개발을 억제하고, 주민과의 협의를 통해 기존 건축물의 철거·이전 방안을 검토하는 건축불허대책 또한 중시될 수 있다.

**표 5-13** 계획적 대책수단(건축물 대책수단)의 주요내용 및 기대효과 요약

세부구분	주요내용	기대효과		
		재해 저감	노출 저감	취약 저감
단지·대지 침수방지	- 대지의 지반고를 침수위 이상으로 높임 - 노면수 유입 차단을 위한 차수시설 설치		○	
건축물 배치	- 빗물유출경로 등 자연 배수체계를 고려한 배치		○	
건축물 용도 제한	- 위험지역을 고려한 건축물의 용도 사전결정 - 침수위 이하 주거용도 제한			○
건축물 규모 제한	- 위험지역 건폐율·용적률 제한		○	
건축물 내수화	- 내수성 건축재료 사용			○
건축물 침수방지	- 고상식 건축(piloti)기법 적용 - 침수유입가능 경로 차단 - 건축물 차수시설 및 역류방지시설 설치		○	
건축설비	- 침수위를 고려한 전기·통신·연료·급수·배수·위생 등 건축설비 대책 마련 - 옥상저류, 빗물통 등의 설치			○
건축불허	- 위험지역의 건축불허, 신규개발 억제, 철거·이전		○	

토지이용과 관련된 대책은 주로 국토계획법 상 용도나 시설의 계획을 활용한 <표 5-14>의 수단들을 포함하고 있는데, 주로 침수가 발생할 수 있는 곳의 개발을 회피함으로써 노출특성 감소의 효과가 있으며 재해특성과 취약성을 감소하는 부차적인 효과도 예상된다. (i) 위험지역에 대해서는 인구·교통이 집중되는 유발효과가 있는 용도를 제한하되, 완충·이격을 위해 공원, 녹지, 오픈스페이스, 주차장, 운동장 등의 시설을 배치하며, 공공청사, 의료시설, 유해물질보관시설 등 보호대상시설은 안전한 지역에 배치하여 침수영향을 사전에 방지할 수 있다. (ii) 개발입지 규제로서, 저지대, 급경사지 등 위험지역을 개발예정지에서 제외하고, 보전용지로 지정함으로써 자연경관을 유지하고 휴식·여가공간으로 활용하게 하는 것도 가능하다. (iii) 상습적으로 침수되거나 침수가 심각하게 우려되는 지역에 대해서는 공공에 의한 토지 및 개발권을 매수하고, 특히, 주민협의를 통해 기성시가지내 소규모 취락지구 이전을 검토하는 대책도 중시될 수 있다. (iv) 공간구조 및 토지이용 배치 시 빗물유출경로 등 자연 배수체계를 고려하며, 투수성 및 침식성이 강한 토양의 개발을 최소화하는 등 자연환경을 보전·활용하는 대책도 강구할 수 있다.

**표 5-14** 계획적 대책수단(토지이용 대책수단)의 주요내용 및 기대효과 요약

구 분	세부구분	주요내용	기대효과		
			재해 저감	노출 저감	취약 저감
토지이용 대책	용도·시설 배치	- 인구·교통집중 유발효과가 높은 용도 제한 - 위험지역의 완충·이격을 위해 공원, 녹지, 오픈스페이스, 주차장, 운동장 등 시설 배치 - 공공청사, 의료시설, 유해물질보관시설 등 보호대상시설은 안전한 지역에 배치	○	○	○
	개발입지 제어	- 저지대 평탄지, 급경사지 등의 위험지역을 개발예정지에서 제외하고 보전용지로 지정하여 신규개발 억제		○	
	토지매수·주민이주	- 공공에 의한 토지 매수 - 개발권 매입 - 기성시가지내 소규모 취락지구 이전 검토 - 대체토지 마련		○	
	자연환경의 보전·활용	- 공간구조 및 토지이용 배치 시 자연적인 배수체계의 고려 - 투수성 및 침식성이 강한 토양의 개발 최소화	○	○	

## (2) 시설적 대책수단

시설적 대책수단에는 개별시설의 설치기준에 따라 우수유출 저감시설과 내·배수 시설을 개선하고 도로 침수·배수대책을 검토할 수 있다.

우수유출 저감시설은 침투시설과 저류시설로 구분할 수 있으며, 침수발생 또는 침수심 감소 등 재해저감대책이라 할 수 있다. (i) 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장·보도블록 등 침투시설을 통해 우수의 직접적 유출을 억제하고 지하로 스며들게 할 수 있다. 또한 (ii) 운동장, 공원, 주차장, 단지, 건축물, 습지 등에 우수를 가두어두는 저류시설을 설치할 수도 있다.

내·배수시설은 도시지역 내 빗물에 의한 내수를 하천을 통해 효과적으로 방류시키는 것으로, 침수발생 또는 침수심 감소 등 재해저감대책이라 할 수 있다. 우선적으로, (i) 하도단면을 확대해 통수능을 높이거나 천변저류지를 조성하는 등의 하천정비를 실시할 수 있으며, (ii) 방류구 위치변경, 우수·오수 분리관거 설치, 유출경로를 고려한 배수체계 등을 통해 빗물의 순환방식을 개선시킬 수 있다. (iii) 우수관거를 정비·확충하고, 양·배수장·배수로를 늘려 배수시설의 설계빈도를 상향 조정하는 방법도 가능하며, (iv) 도로 침투·배수대책은 신속한 노면의 배수, 노면부 저지대의 우수 집중 방지, 주변지역의 노면수 유입 차단 등을 위해 실시하는 재해저감대책이라 할 수 있다.

**표 5-15 시설적 대책수단의 주요내용 및 기대효과**

구 분	세부구분		주요내용	기대효과		
				재해 저감	노출 저감	취약 저감
우수유출 저감시설	저류시설 설치	지역내 저 류	- 지표저류(건물 동간, 지붕·옥상·공원·주차장·운동장·단지 내 저류·연못 등)	○		
			- 지하저류(주차장, 공원 하부, 저류조 등)	○		
	지역외 저 류		- 전용저류지(댐식, 굴입식)	○		
			- 겸용저류지(연못저류, 지하저류)	○		
침투시설 설치	침투형	- 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장·보도블럭 등	○			
	우물형	- 건식우물, 습식우물	○			

구 분	세부구분	주요내용	기대효과			
			재해 저감	노출 저감	취약 저감	
내·배수 시설	하천정비	- 하도단면 확대 등 통수능 확대, 천변저류지 설치	○			
	배수체계 개선	- 방류구 위치변경, 우·오수 분리관거 설치, 유출경로를 고려한 배수체계	○			
	배수능력 제고	- 우수관거 정비·확충, 정기적 준설, 설계빈도 상향, 양·배수장·배수로의 정비·확충	○			
	사면 배수	지표수 배수	- 비탈어깨배수, 소단배수구, 비탈끝배수구, 종배수구, 산마루 배수구 등	○		
		지하수 배수	- 지하배수구(암거), 수평배수공, 수직배수공(집수정) 등	○		
	유송잡물유입 방지시설	- 스크린, 유입방지턱, 침사지, 그물망 설치 등	○			
도로침수·배수 대책	도로부 배수 처리	- 노면배수시설 간격 축소, 선배수시스템 도입 - 주변 녹지대를 활용한 자연배수처리 유도	○			
	시가지 침수전이 방지	- 주변대지 지반고의 확보 - 측면부에 침수방지턱·차수판·배수관거 설치	○			

### (3) 관리적 대책수단

관리적 대책수단으로는 예·경보 시스템 및 대피시설의 운영과 함께, 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 근거한 시설물의 점검, 보강 등 안전관리가 대표적인데, 재난 발생의 전주기에 걸쳐 피해를 최소화하는 취약성 저감의 효과가 있다. (i) 조기 예·경보 시스템을 구축·운영하는 방안, 즉, ICT 기술을 활용해 강우, 하천수위 등에 대한 실시간 감시를 시행하고, 비상대처계획과 연계하여 사전 행동요령을 마련할 수 있다. (ii) 또한 재해지도와 연계하여 신속한 주민대피 경로를 설정·관리하고, 취약지역의 경우 대피소를 운영하는 대책도 강구할 수 있으며, (iii) 관리주체별로 주민안전과 밀접한 시설물의 점검, 조치, 보수, 보강 등의 규정된 시설물 안전관리 업무를 통해 시설물 붕괴·파손 등을 미연에 방지할 수 있다. 사실 우리나라의 경우 재난관리 업무는 도시계획과 명확히 구분되어 있어 현 시점에서 활용성이 높지 않을 수 있다. 하지만 일본, 스위스 등 해외에서 계획적·시설적 대책수단을 통해 사전에 위험을 적정수준으로 낮추고 잔존위험에 대해서는 재난관리대책으로 보완하는 방식을 취하고

있는 점을 고려할 때, 영향권 설정 후 통합적으로 대책을 강구하려는 본 연구의 취지에서 시사하고 있는 바가 작지 않다<sup>17)</sup>.

#### (4) 종합

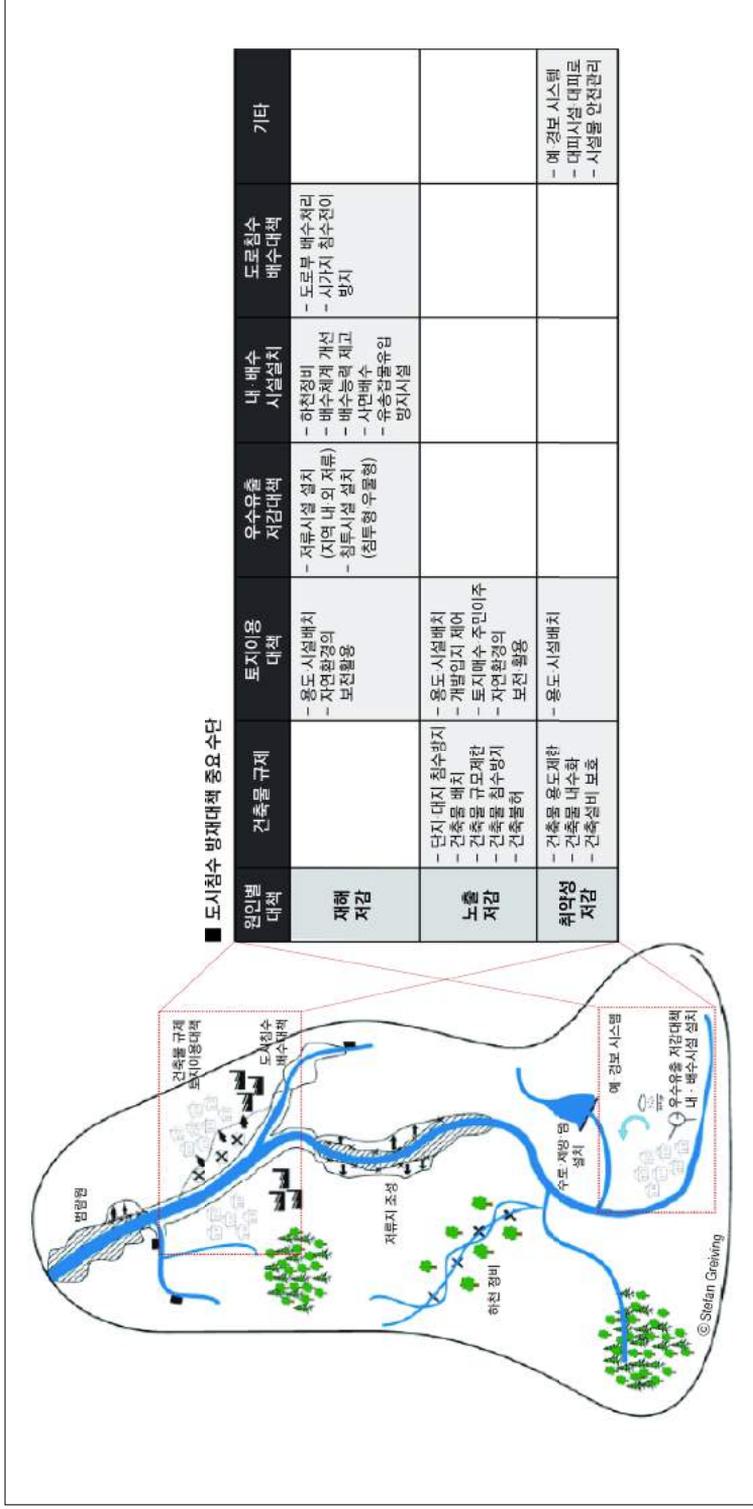
도시침수에 대한 방재대책의 중요한 수단은 <그림 5-23>과 같이 종합적으로 요약할 수 있으며, 대책수단을 선정·시행할 때 다음의 사항을 고려할 필요가 있다. 첫째, 방재계획 수립 시 집행단계와 대책수단의 유형을 중시할 수 있도록 계획적 대책수단, 시설적 대책수단, 관리적 대책수단을 구분하여 작성하는 것이 바람직하다. 둘째, 영향권에 포함되는 각 공간의 위험 원인분석 결과에 맞춰, 원인을 해소하는 데 가장 효과적인 대책수단을 일차적으로 선별할 필요가 있다. 셋째, 대책수단의 선별 작업 이후 사업비용, 사업기간, 경제적 효과 등에 대한 추가 자료조사를 수행하고, 사업추진의 용이함, 주민선호도 등에 대한 다양한 의견수렴 과정을 거쳐 사회·경제·행정적으로 수용성이 높은 대책수단을 결정하며, 단기·중기·장기로 구분된 세부실행계획을 작성·반영하는 방향을 제안하고자 하였다<sup>18)</sup>.

---

17) 특히, 일본과 같이 대형 자연재해로 큰 인명 손실을 기록한 국가의 방재계획에는 재난관리에 대한 구체적인 사항을 포함시켜 지역주민과 함께 의식·문화를 만드는 데 큰 비중을 할애하고 있다.

18) 구체적인 대책수단의 의사결정 방법은 2차년도 이후의 연구대상에 포함된다.

그림 5-23 도시침수에 대한 원인별 대책수단



CHAPTER 6

## 정책제안 및 결론

01 정책제안: 시스템 운영·활용 방향	199
02 결론	209
03 추후연구	211



## 정책제안 및 결론

제6장에서는 향후 중앙·광역·기초·전문기관 등이 협력해 시스템을 운영하기 위한 방향을 제시하였고, 정부에서 재해예방형 도시계획을 실현하는 데 본 시스템을 적극 활용할 수 있도록 법제도, 계획수립, 사업추진 등의 정책을 제안하였다. 이어서 1차년도 동안 수행한 연구 결과를 종합해 결론을 제시하고, 2차년도 이후의 연구방향을 서술하였다.

### 1. 정책제안: 시스템 운영·활용 방향

#### 1) 운영 방향: 주체별 역할분담

시스템의 핵심적인 기능과 역할을 고려할 때, 중앙정부, 지자체, 전문기관이 시스템을 협력적으로 운영하도록 하는 역할 분담이 중요하다고 판단된다. 전체적으로 중앙정부는 시스템의 운영을 뒷받침하는 법적·제도적 지원방안을 마련해야 할 것이고, 지자체는 정책현장에서 시스템의 적극적 활용을 지원·촉진하는 역할을 담당할 수 있어야 할 것이다. 또한 전문기관은 시스템의 정부대행 운영주체로서 자료관리, 요소기술 개선, 정부 요구사항 검토, 정책근거자료 발간 등을 수행해야 할 것이다.

##### (1) 중앙정부의 역할

기초자료의 축적·관리, 도시침수 발생특성의 해석 등을 위해 중앙정부는 각 부처에서 생산하는 원시자료, 발간보고서 등의 공유 또는 상시 협조가 필요하다. 원시자료에는 방재지구 및 위험개선지구 지정 결과, 재해연보 상세 집계자료, 항공사진, 확률강우량도, 토지이용계획도, 건물통합자료, 인구지도, 도로망도, 수치지도, 토지피복도 등이 포함되며, 정부발간보고서에는 재해연보, 기상연보 등이 포함된다.

단순히 자료 협조와 같은 수동적인 역할을 넘어, 토지이용·건축, 방재시설, 개발행위 등과 관련된 법률이나 지침을 개정하여 지자체에서 도시침수 예방대책을 수립·집행하는 데 구속력을 강화해야 할 것이다. 재해지도, 영향권 도면, 위험원인 조사 결과, 대책수단 제안 등 시스템에서 제공하는 정보를 도시방재계획 수립 시 적극 활용하도록 제도적 여건을 마련하는 것이 중요하다. 게다가 많은 지방 중·소도시들이 방재분야에 자체 재원을 충분히 편성하지 못하는 점을 감안할 때, 시스템을 통한 기술의 지원에만 국가 지원을 한정하는 것은 충분치 않다고 할 수 있다. 예방대책 추진에 따른 사업비 지원 등 경제적 유인책과 예방대책 미수립·미추진에 따른 페널티 부여가 동시에 이뤄져야 할 것이다.

본 연구에서 시스템 개발 방향을 수립할 때 자료수집·조사, 라이선스 구입, 시스템 수정·업그레이드·확장 등에 있어서 비용 최소화를 도모하였지만, 시스템의 효용을 유지하고 발전시키기 위해 일정한 운영비가 보장되어야 하며, 중앙정부 예산 담당부처와 도시계획 담당부처의 이해가 수반되어야 할 것이다. 그리고 광역단체, 지방단체와 함께 중점관리대상지의 선정, 영향권 설정, 위험원인 조사, 정비사업 등을 일체화한 국가차원의 선도사업을 추진할 필요가 있다고 판단된다. 이는 시스템의 서비스 제공방식을 보다 현장밀착형으로 전환하기 위해서도 필요하다고 할 수 있다.

## (2) 지자체의 역할

지역단위의 공식 기초자료의 생산주체가 지자체인 점을 고려할 때, 도시침수 자료의 축적·관리와 침수해석을 위해 지자체 또한 원시자료, 발간보고서 등의 상시 협조는 매우 중요하다. 원시자료에는 지자체 상황보고서, 침수흔적도, 하수관망도, 하천기본계획 모형 구축자료가 포함되며, 발간 보고서에는 풍수해저감종합보고서, (소)하천기본계획 보고서 등이 포함된다.

정보구축 또는 정보활용 단계에서 현장의 담당자이자 시스템의 주 사용자인 지자체 의견을 적극 수렴하는 것이 효용 높은 시스템 운영을 위한 필요조건이므로, 최소한 광역단체 차원에서 상호이해에 대한 협약이 필요할 것으로 판단된다. 우선, 주민민원이 잦은 지역, 주거환경 쇠퇴지역, 노약자·저소득층 밀집지역 등에 대한 정보는 공식 문헌으로 파악하기 힘든 것으로, 중점관리대상지를 확정하는 데 현장 의견은 매우 중요

한 정보로 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 시스템에서 영향권을 설정할 때 수문·기상·지형·환경 등 물리적인 요소만을 고려하였으나, 실제 현장의 가치판단에 따라 조정되어야 할 여지가 많다. 특히, 지방행정이 갖는 지역주민의 위험에 대한 인지수준(risk perception)은 영향권 설정기준(침수위 및 재현기간의 기준)에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 영향권을 확정 단계에서 담당자 의견을 반드시 수렴해야 할 것이다.

도시계획과 관련해 도시침수 예방대책의 수립에 구속력을 제공하는 것은 중앙정부 역할이지만, 제공된 정보를 활용해 실제로 계획을 수립할 주체는 지자체라는 점 또한 중요하다. 이는 시스템을 통해 대책수단을 최대한 객관적으로 제시하더라도 어디까지나 해당 지자체에게 참고자료일 뿐이다. 실제 대책수단의 선정에 있어서 중요한 가치(경제성, 수용성, 행정부담 등)는 해당 지자체 내부 여건에 의해 결정될 것이다. 따라서 이러한 가치를 표현하고 시스템 내 포함된 의사결정 규칙을 통해 대책수단을 결정하는 역할은 지자체 담당자에게 남겨져 있다.

도시계획을 수립하는 정책현장의 과정에서 “타 분야 공간계획과 충돌이 발생하는 상황이라 할지라도” 시스템이 보유한 도시침수 영향권, 위험원인 조사 결과, 대책수단 등의 정보를 중시해 타 분야 계획을 수정·조정 할 수 있을 지는 주민안전에 대한 담당자의 책임의식에 상당 부분 달려 있다고 말할 수 있다.

시스템 구축 이후에는 국가 및 광역단체와 함께 도시침수에 대한 위험이 높은 기초단체에서 조속히 대책을 강구하도록 선도사업을 추진할 필요가 있다. 이 가운데, 시스템 초기버전의 한계와 현장의 수요를 지속적으로 파악하고, 요소기술을 보다 실무 맞춤형으로 발전시키기 위해 지자체 담당자의 의견이 핵심이 되어야 할 것이다.

### (3) 전문기관의 역할

센다이 강령에서 제시된 첫 번째 중점과제의 내용과 전문가 그룹의 이행사항을 보면, 시스템 운영과 관련된 전문기관 역할을 명확하게 파악할 수 있다. 즉, <표 6-1> 및 <표 6-2>와 같이 전문기관은 객관성 있는 분석결과를 정책·실무 지원이 가능한 방식으로 제시하고, 수요자의 편의에 맞춰 시스템을 운영해야 할 것이다.

이를 위해 전문기관은 많은 역할을 수행해야 할 것이다. 우선 도시침수와 관련된 원시자료의 수집, 검증, 가공, DB구축, 통계처리, 시각화·공간정보화 등 자료관리의

전문화를 담당해야 할 것이다. 그리고 학계의 최근 이론을 지속적으로 검토해 대상지 선정, 강우 시나리오 자료 생성, 재해특성 분석, 위험원인 조사, 영향권 설정, 의사결정 규칙 등 시스템의 요소기술을 발전시키는 역할을 수행할 수 있어야 할 것이다. 기술 발전과 함께, 활용 가능한 대책수단은 빠른 속도로 변하고, 대책수단의 선호도 또한 사회인식과 지방행정 여건에 따라 변하게 된다. 따라서 지자체 담당자, 업계 종사자, 시민사회 등과 함께 대책수단의 목록, 효과, 경제성, 수용성에 대해 주기적으로 기초 연구를 추진해야 할 것이다. 시스템을 운영하게 되면 현장의 추가 요구사항이 반드시 발생하는 데, 요구사항을 적극 수용해 시스템의 개선으로 이어지도록 해야 할 것이다. 그리고 각 부처·부서별 자료의 갱신 시기에 맞춰 시스템에 포함된 DB와 행정구역별 위험도 프로파일을 업데이트하고 중앙부처와 함께 국가차원의 정책문건을 발간하는 등 위험을 모니터링하는 업무를 시스템 운영을 맡은 전문기관이 일상적으로 수행해야 할 것이다.

**표 6-1 센다이 강령의 첫 번째 중점과제: 재난위험에 대한 이해**

- 자료수집 및 분석: 다양한 이용자의 수요를 고려해 위험도 관련 정보의 수집·분석·관리·활용의 방법을 개선하고 보급을 확대
- 주기적인 평가: 재해특성, 노출특성, 취약성, 위험도 등에 대한 현재 수준(baseline)을 이해하고, 주기적으로 평가를 시행
- 업데이트 및 정보 확산: 정책결정자, 일반대중, 위험한 곳에 있는 지역사회를 위해 위험지도 등의 공간정보를 구축하고 주기적으로 업데이트 시행
- 정보이용: 자유로운 이용·접근을 위해 GIS기반의 정보 시스템 구축
- 정보 시스템의 활용: 재난위험감소를 위한 교육, 기술지원, 경험공유 등 다양한 목적으로 활용

주: 1) 제2장의 내용 중 일부 발췌  
 2) 첫 번째 중점과제 중에서 본 시스템 개발과 무관한 내용은 제외함

**표 6-2 센다이 강령의 전문가 그룹 역할**

- 재난위험도를 구성하는 요소와 중·장기 시나리오 개발에 초점을 둘 것
- 범 국가, 국가, 지역에서 각각 적용할 수 있는 연구를 추진할 것
- 지방정부와 지역사회 대책수립을 지원할 것
- 과학에 기인한 의사결정이 되도록 정책-과학간의 가교를 형성할 것

주: 제2장의 내용 중 일부 발췌

표 6-3 시스템 정보의 구축·갱신을 위한 각 주체의 역할

시스템의 기능	중앙정부	지자체	전문기관
1. 전국 도시침수 기초자료 관리			
① 과거 도시침수 피해이력의 축적·조회	●	●	○
② 과거 도시침수 피해지점의 공간정보	○	●	○
2. 중점관리 대상지의 도시침수 발생특성 해석결과 공개			
① 중점관리 대상지 위치 및 범위 조회	-	●	●
② 도시침수 재해지도 열람	○	○	●
③ 고해상도 항공사진, 확률강우량도, 인구지도, 토지이용도, 하천변 저지대 영역, 도로망지도, 주요 보호시설 위치도 등 타 공간정보와의 중첩 비교	●	●	○
3. 도시침수 영향권 설정 및 위험원인 분석결과 공개			
① 도시침수 영향권 위치, 등급 등의 설정 결과	-	○	●
② 각 영향권의 위험원인 요인 제시	●	-	○
4. 도시계획적 대책수단의 의사결정 참고자료 제공			
① 선정된 영향권의 위험저감 요인에 부합하는 대책수단 권고사항 제시	●	○	○
② 대책수단의 의사결정을 위한 기준 제시	-	○	●
5. 기술정보 공유 및 공식문건 발간			
① 침수해석 및 위험도 평가 방법론 기술서 공개	-	-	●
② 자료출처 및 링크 제공	○	○	-
③ 행정구역별 도시침수 위험도 프로파일 제공	-	-	●
④ 도시침수 피해 및 위험기중요인의 추세 분석	-	-	●
⑤ 도시침수 위험도 관련 정기적인 Brief 배포	●	-	●

주) ●는 주요 자료를 발표하는 기관을, ○는 추가 또는 보조 자료를 생산하는 기관을 각각 의미함

## 2) 활용 방향

### (1) 기본 인식

추후 시스템에서 제공하는 기초정보나 분석결과 등에 공신력을 제공하는 것은 본 도시침수 예방대책 지원시스템이 안정적으로 운용되고 정책적으로 제대로 활용되기 위한 전제라 할 수 있다. 공신력을 확보하기 위해서는 다음과 같이 단기적·중장기적 접근법이 필요할 것이다.

단기적으로, 시스템 구축이 완료된 이후 해당부처와 함께 국가차원의 시급한 정책과 제 해소를 위한 선도사업(특별재난선포에 따른 국가 지원사업의 일환으로 피해지역 추가 반영 가능)을 추진할 필요가 있다. 선도사업에는 도시침수 재해에 대한 선제적 대응을 위해 중점관리대상지의 선정, 영향권 설정, 위험원인 조사, 정비사업 등을 일체화

해야 할 것이다. 또한 선도사업을 추진하는 과정에서 본 시스템을 보완·개선함으로써 본 시스템이 제공하는 정보와 분석결과 등에 대한 공신력을 자연스럽게 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

중장기적으로, 선도사업 추진성과를 바탕으로 시스템 활용을 공식화·제도화하여야 할 것이다. 이를 위해 국토계획법, 건축법, 하천법 등의 법령, 지침, 기준에 근거를 마련할 것을 제안하고자 한다. 특히, 시스템의 운영·활용을 우선 도시계획 수립 지침에 반영해 시범사업, 선도사업 등을 우선적으로 추진하고, 이를 통해 분석기술 및 시스템을 보다 현장밀착형으로 발전시켜 중장기적으로 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 등에 근거를 두는 단계적인 방법이 가능할 것으로 판단된다. 이를 통해 시스템이 제공하는 정보와 분석결과 등의 실무활용에 구속력이 마련되어 시스템 운영 및 정기적인 유지·보수에 안정성이 보장될 수 있을 것으로 판단된다.

## (2) 구체적인 활용방향

본 시스템의 구체적인 활용방향은 크게 세 가지로 구분하여 살펴볼 수가 있다.

첫째, 중앙정부, 광역단체, 기초단체가 공동으로 선도사업을 추진해 도시침수 관련 중점관리대상지를 선정하고 정비하는 목적으로 활용할 수 있을 것이다. 현재 도시계획 관련 법·제도 상 지구지정, 대책마련, 정비, 재원확보 등을 모두 해당 자치단체가 스스로 수행하도록 규정되어 침수문제 해결에 빠른 진척을 기대하기 힘든 상황이다. 확실한 문제 해결을 위해 국가 선도사업을 통해 중점관리대상지를 선정(방재지구 지정 포함<sup>19)</sup>)하고, 중앙·광역·기초단체 간의 사업비를 분담하며, 본 시스템의 정보를 활용하여 도시방재계획을 마련한 뒤 기존 도시계획을 수정한 뒤 관련 정비사업을 발주해 도시방재 정책을 구체적으로 실현시킬 것을 제안하고자 한다. 이는 방재 관련 계획·대책의 부처 간 중복, 내용 간 중복을 최소화하면서 정책의 효과적 추진을 뒷받침하는 방안이라 할 수 있다. 특히, 도시침수에 의해 특별재난지역으로 선포되는 경우가 많지만 복구비 외 중앙의 지원이 한정적인 점을 현 상황을 고려할 때 국가 지원의 일환으로 전년도 피해지역을 선도사업 대상지로 반영하는 방법 또한 충분히 검토

19) 방재지구는 타 위험지구와 달리 국토교통부 장관도 지정할 수 있으며, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제105조의2에 따라 방재사업을 시행하거나 지원할 때 방재지구에 우선적으로 지원할 수 있다.

할 수 있을 것이다.

둘째, 당초 시스템을 개발하는 목적에 맞춰 토지이용 관련 계획에서 활용할 수 있다. 특히, 도시계획 수립지침을 개정하여 도시계획 수립과정에서 시스템 내 탑재된 분석 결과와 제시된 대책수단을 참고로 부문계획인 방재계획을 강화(예로써, <그림 6-1>을 참고)<sup>20)</sup>하는 데 활용성이 높다고 할 수 있다. 예방형 도시계획을 구현하기 위하여 도시·주거환경정비, 도시재정비, 택지개발, 주택건설, 건축 등 개별법령이나 개별지침 개정을 통해 시스템 상에서 도시침수 영향권과 각종 공간계획도면을 중첩해 방재대책을 강구하는 데 활용할 수 있을 것이다. 장기적으로는 토석류, 폭풍해일, 가뭄, 폭염 등 다른 재해에 대한 시스템 구축이 완료되고 요소기술이 안정화된 이후에는, “(가칭) 국가 도시방재 통합시스템”의 체계를 마련할 수 있을 것이다. 이어서 국토계획법령의 개정, 즉, 시행령 수준에서 각종 토지이용 계획을 통합시스템을 이용하여 검증하도록 근거를 마련함으로써 도시계획 전반에 걸쳐 방재개념을 확산시키는 데 효과적이라 판단된다.

셋째, 시스템은 도시계획이나 각종 개발사업 등을 위해 실시하는 재해 취약성 분석과 사전 재해 영향성 검토의 기술검증 수단으로 활용하는 것이 가능할 것이다<sup>21)</sup>. 또한 안전도 설정, 홍수량 분담, 하천정비사업 등의 수계단위 치수대책을 마련함에 있어서도 시스템을 통해 도시지역의 상세 위험정보, 대책수단 등의 정보를 수집할 수 있을 것이다.

#### 그림 6-1 시스템을 활용한 방재계획 개선방안의 예시

- 방재계획(안)은 크게 목표 및 기본방향과 방재계획으로 구분하며, 특히 방재계획에서 본 시스템을 적극 활용·연계해 전문적·기술적인 대책을 수립할 수 있도록 다음과 같은 방안을 제시함

20) 제3장의 설문조사에서 알 수 있듯이, 도시침수 대책마련이 필요한 지역이나 구체적인 지구(地區)를 해당 지자체나 계획수립 대행기관(민간) 등이 자체적으로 설정하는 것은 큰 부담으로 작용할 수 있으며 객관성 역시 담보하기가 쉽지 않기 때문에 국가적 차원에서의 통합적인 기준마련과 관리가 절실하다.

21) 부처 고유의 사무와 전문성을 고려할 때 예·경보, 피난·대피소 운용, 상황통제, 사후복구 등 재난을 관리하는 업무는 국민안전처가 전담하고, 시설물 설치·운영·관리, 도시계획, 정비계획, 수해관리계획 등 재난을 예방하는 업무는 국토교통부가 전담하는 것이 부처 간의 업무 중복성을 피하기 위해 필요하다. 장기적으로는 공공기관에 방재관련 기술기반을 두고, 재해취약성 분석, 풍수해저감대책종합계획, 사전재해 영향성 검토, 유역치수계획 등은 국토교통부의 각 사업부서에서 지자체와 함께 진행하는 게 바람직하다고 판단된다.

**[방재계획(안)]**

1. 목표 및 기본방향: 자연재해 예방을 위한 지자체별 실행 가능한 방재계획 목표 및 방향 설정
2. 방재계획: 종합 방재계획 및 재해유형별 계획으로 구분
  - 종합방재계획: 목표 및 기본방향에 적합한 자연재해 통합 관리방향 제시
  - 재해유형별 계획: 홍수, 산사태, 태풍 및 해일, 지진, 화재, 기타 재해와 관련하여 지자체에서 우선적·집중적으로 실행해야 할 재해별 계획 수립

- 본 정책지원 시스템과 연계되는 재해유형별 계획은 ①재해피해 여건분석, ②중점관리대상지 선정, ③재해지도 작성, ④영향권 설정, ⑤대책 수립 크게 5가지 항목으로 구분하여 내용 작성

**① 재해피해 여건분석**

- 과거 기상·수문특성, 피해위치, 피해이력, 위험개선지구·방재지구, 하천변 저지대 지역, 방재시설 등 도시침수와 관련된 일반사항을 정리

**[시스템 활용 방향 ①]**

- 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능①에 해당되어, 전국 행정구역별 업데이트된 정보 제공

**② 중점관리대상지 선정**

- 중앙정부나 지자체에서 해당 재해에 대해 우선적인 대책이 필요하다고 판단되는 지역을 선별·선정
  - 중앙정부 차원에서 전문연구기관을 통해 제시하거나 해당 지자체가 스스로 과거 침수피해 등을 고려해 설정한 공간범위로서, 지자체는 지역주민 의견을 고려해 확정

**[시스템 활용 방향 ②]**

- 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능②에 해당되어, 과거 피해이력분석, 현장·탐문조사, 공간정보 분석 등을 종합해 선정한 중점관리대상지의 공간범위를 제공 가능 (대상지 점진적으로 확대)
- 중점관리대상지 선별·선정하기 위한 기술서 제공

**③ 재해지도 작성**

- 장래 기후변화 영향 등을 고려해 중점관리대상지의 재해지도를 작성하고, 중요한 침수발생 지역 위치 등 공간적 이해를 제고
  - 기후변화를 고려해 강우 상정 기준 마련
  - 상정된 강우 조건에서 저지대 배수불량, 하천범람 등으로 인한 침수해석 실시
  - 재해지도 작성 및 결과 해석

**[시스템 활용 방향 ③]**

- 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능③에 해당되어, 30년과 100년 재현기간 조건에서 장래 강우 시나리오 자료, 침수해석 결과 도면 등을 제공 가능 (대상지 점진적으로 확대)
- 강우 시나리오 생성, 침수해석 간소화 등의 기술서 제공

**④ 영향권 설정**

- 작성된 재해지도를 토대로 재해특성에 따라 공간을 유형화·구획화 함으로 각 공간에 속성 부여
  - 침수영향과 발생가능성을 토대로 Red, Orange, Yellow, Green 등으로 구분해 추후 차등적인 대책 추진을 가능하도록 함

[시스템 활용 방향 ④]

- 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능③에 해당되어, 국제적으로 통용되는 방법으로 증점관리대상지의 영향권을 설정 (대상지 점진적으로 확대)
- 영향권 설정기준 및 절차에 대한 기술서 제공

⑤ 대책 수립

- 영향권 지도 위에서 대책수립이 필요한 곳을 선정된 뒤 적절한 대책수단을 조사하고 실행계획 작성
  - 선정된 곳에 대한 위험원인을 파악한 뒤, 위험원인에 따라 대책수단의 목록을 작성
    - 대책수단의 유형은 계획적·시설적·관리적 대책수단으로 구분
  - 국가, 지자체, 지역주민들이 협의한 뒤 비용, 기대효과, 사업추진의 용이성, 주민선호도 등을 종합적으로 고려해 대책수단을 확정하고 단기·중기·장기적으로 실행계획 작성

[시스템 활용 방향 ⑤]

- 영향권에 대한 위험원인 조사 결과는 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능④을 통해 제공
- 대책수단의 목록 및 의사결정 수단과 관련하여 도시침수 예방대책 지원시스템의 기능⑤를 통해 제공
- 위험원인 조사방법에 대한 기술서 제공
- 위험원인별 대책수단에 대한 목록 제공
- 대책수단 의사결정을 위한 수요조사 방안 등 기준 제시

그림 6-2 방재계획 구성요소 및 시스템 활용방향의 예시

구분	방재계획 구성요소	시스템 활용 방향
1. 목표 및 기본방향	1) 목표 - 자연재해로 인하여 발생하는 피해를 최소화하기 위한 지역 내 적절한 방재계획 목표 설정 2) 기본방향 - 자연재해 예방을 위해 실행가능한 방재계획의 기본방향 설정	
2. 방재계획	1) 종합 방재계획 - 목표 및 기본방향에 적합한 자연재해 통합 관리방향 제시 2) 재해유형별 계획 - 홍수, 산사태, 태풍 및 해일, 지진, 화재, 기타 재해와 관련하여 지자체에서 우선적·집중적으로 실행해야 할 재해별 계획 수립 ※ 재해유형별 계획 작성 방법 방법1. 국가적 차원에서 최우선적 대책이 필요하다고 생각되는 지자체의 경우: 국토연구원에서 시스템 활용 및 주기적 정보 제공 방법2. 전문기관에 요청 또는 지자체별 개별 수행	[재해유형별 계획] 행정구역별 과거재해 피해 이력(발생빈도-피해액)을 분석하여 우선적으로 대책이 필요한 중점관리 지자체 선별
홍수	가. 재해피해 여건분석 - 과거 기상·수문특성, 피해위치, 피해이력, 위험개선지구·방재지구, 하천변 저지대 지역, 방재시설 등 도시침수와 관련된 일반사항을 정리 나. 중점관리대상지 선정 - 중앙정부나 지자체에서 해당 재해에 대해 우선적인 대책이 필요하다고 판단되는 지역을 선별·선정 (지자체 주민의견 고려) ① 과거 피해이력 분석: 재해취약성분석, 풍수해저감보고서, 재해연보, 침수흔적보고서, 언론매체 조사 등을 통합하여 종합적 분석 ② 현황분석을 결과를 바탕으로 현장·담문조사 실시 ③ 공간정보분석 등을 종합하여 중점관리대상지 공간범위 설정 다. 재해지도 작성 - 장래 기후변화 영향 등을 고려해 중점관리대상지의 재해지도를 작성하고, 중요한 침수발생 지역 위치 등 공간적 이해를 제고 ① 기후변화를 고려한 경우 상정 기준 마련 ② 상정된 조건에서 저지대 배수불량, 하천범람 등으로 인한 침수해석 실시 ③ 재해지도 작성 및 결과 해석 라. 영향권 설정 - 작성된 재해지도를 토대로 재해특성에 따라 공간을 유형화·구획화 함으로 각 공간에 속성 부여 - 침수영향과 발생가능성을 토대로 Red, Orange, Yellow, Green zone 등으로 구분 마. 대책 수립 - 영향권 지도 위에서 대책수립이 필요한 곳을 선정된 뒤 적절한 대책수단을 조사하고 실행계획 작성 ① 위험원인에 따른 대책수단 목록 작성 (대책수단 유형: 계획적·시설적·관리적 대책수단) ② 국가·지자체·지역주민들과 협의 후, 비용, 기대효과, 사업추진 용이성, 주민선호도 등을 고려한 대책수단 확정 ③ 단기·중기·장기 대책수단별 실행계획 작성	[재해피해 여건분석] 전국 행정구역별 업데이트된 정보 제공 [중점관리대상지 선정] 중점관리대상지 공간범위 선별·선정을 위한 기술서 제공
산사태		[재해지도 작성] · 30년, 100년 재해기간 조건에서 장래 강우 시 나리우 자료, 침수해석 결과 도면 제공 · 강우 시나리오 생성, 침수해석 간소화 등 기술서 제공
태풍·해일		[영향권 설정] · 국제적 통용되는 방법으로 중점관리대상지 영향권 설정 · 영향권 설정기준 및 절차에 대한 기술서 제공
지진		
화재		[대책 수립] · 대책수단 목록 및 의사결정 수단 제공 · 위험원인 조사방법에 대한 기술서 제공 · 위험원인별 대책수단에 대한 목록 제공 · 대책수단 의사결정을 위한 수요조사 방안 등 기준 제시
기타 (교통, 범죄)		

## 2. 결론

본 연구는 도시침수에 대한 도시계획적 대책을 위해 시·군 담당자에게 분석 부담을 줄여주면서, 필수적인 대책에 대해서는 근거와 함께 구속력을 제공하기 위한 정책지원 시스템을 개발하기 위해 추진되었다. 이를 위해 전문 연구기관의 참여, 기술기반 확충, 역할분담에 대한 법적근거 확보 등의 마련이 중요하며, 특히, 기술기반의 확충에 초점을 두고자 하였다.

도시침수 예방대책 지원시스템을 개발함에 있어서 다섯 가지 기능을 구현하고자 하였다. (i) 전국 행정구역별 도시침수 피해이력 등 기초자료를 일괄 관리하고, (ii) 중점관리대상지를 지정해 도시침수 재해지도를 구축·공개하고자 하였다. (iii) 중점관리대상지에 대해서는 영향권을 설정하고 위험원인 분석결과를 공개해 공간을 중심으로 한 구체적인 위험정보를 제공하려 하였다. (iv) 중점관리대상지에 대해 도시계획 단계에서 대책수단 마련 시, 적절한 의사결정을 할 수 있도록 참고자료를 제공하고자 하였다. 마지막으로, (v) 관련된 공식문건을 발간하고 기술정보를 공유하기 위한 플랫폼을 제공하려 하였다. 해당 시스템은 총 3년에 걸쳐 개발되며, 1차년도는 시스템 구축을 위한 개념정립과 방법론 검증의 단계로서 관련된 연구를 수행하였다.

행정구역별 기초자료의 확보와 중점관리대상지 선정 기준을 도출하기 위해, 시·군·구 단위의 행정구역별 과거 도시침수 피해여건을 통계 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다. 재해연보의 피해자료를 토대로, (i) 도시지역 1km<sup>2</sup>당 연평균 65백만원 초과 시 피해액이 높은 시·군·구라 할 수 있으며, (ii) 도시지역 1km<sup>2</sup>당 연평균 0.12회 초과 시 피해빈도 높은 시·군·구라 할 수 있었다. (iii) 피해액과 피해빈도 기준으로 도시침수 피해가 우려되는 시·군·구를 51개 선별하였으며, 지역적으로 경기도와 경상남도에 속한 지역이 도시침수 관리가 상대적으로 시급함을 확인할 수 있었다.

국가적으로 도시침수 대책이 시급한 지역에 상세 위험정보를 제공하기 위해 방법론의 프로토타입을 다음과 같이 제안하였다. (i) 시·군·구 선별, 침수이력조사, 현장·탐문조사, 공간분석 등을 통한 중점관리대상지를 선정한다. (ii) 이어서, 기후변화로 인한 확률강우량 변동을 고려해 침수유발 강우를 재현할 수 있도록 강우 시나리오 자료

를 산정한다. (iii) 집중호우 시 저지대 침수, 우수 배제 실패, 소하천 범람 등 다양한 원인으로 발생하는 도시침수 현상을 효과적으로 재현하도록 간소화된 수문해석기법을 통해 재해지도를 개발한다. 1차년도에는 남양주시와 창원시의 대상지에 대해 위의 방법론 프로토타입을 적용하였고, 신뢰성과 실용성에 있어서 충분히 만족할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

중점관리대상지에 대한 침수해석 결과를 이용해 관련부처의 정책결정 또는 지자체의 도시계획 단계에서 실무적으로 방재대책을 강구할 수 있도록 다음과 같은 방법론을 제안하였다. (i) 국제적으로 통용되는 영향권 설정 기준과 방법을 참고하여, 재해지도로 부터 침수 영향권을 설정한다. (ii) 영향권이 설정된 지역의 위험원인을 재해특성, 노출특성, 취약성으로 구분해 체계적으로 조사하고, 위험가중원인을 분석한다. (iii) 기존 법률·지침·연구문헌을 토대로 구분한 도시침수 방재대책수단을 참고하여, 위험원인 조사 결과에 맞춰 효과적인 대책수단을 선정한다. 추가적으로, 2차년도 이후의 추가연구를 통해 (iv) 행정용이성, 경제성, 사회적 수용성 등을 고려해 대책수단의 실현 가능성을 평가한 뒤 관련 계획에 반영하는 절차를 제시할 할 예정이다.

추후 시스템의 구축을 위해 관련된 담당자, 실무자, 전문가의 의견을 수렴해 적절한 운영체계를 조사하였으며, 시스템 구조, 화면시안 설계 등 개념설계 결과를 제시하였다. 아울러 안정적인 시스템의 운영·활용을 위해 주체별 역할분담 방식을 검토하고, 법제도 개선방향을 제안하였다.

### 3. 추후연구

2차년도는 ‘시스템 구축 및 확대’ 단계로서 1차년도 연구를 바탕으로 중점관리대상지 확대 적용(최대 8개소), 방법론 안정화 및 기술서 개발, 시스템 구축(DB중심), 실무활용을 위한 협의 등에 집중해 연구를 진행할 예정이다. 또한 3차년도는 ‘시스템의 활용 및 제도화’ 단계로서 중점관리대상지 확대 적용(최대 8개소), 기능 고도화·자동화, 시스템 구축(전용프로그램), 매뉴얼 및 운영계획 수립, 제도적 근거 확보 방안 검토 등을 주로 수행할 예정이다.

#### 1) 2차년도

도시침수 위험도 관리 관련 정책동향과 시스템 개발 방향을 정립하는 연구는 1차년도에 실시되었고, 이후 추가연구를 계획하고 있지 않다. 시·군·구 행정구역별 도시침수 피해여건 분석에 대해서는, 기 지정된 방재지구 및 위험개선지구와 하천변 저지대의 지역별 특성을 분석하고, 시·군·구별 지표를 개발하고자 한다. 이 지표는 1차년도 연구를 통해 확보한 시·군·구별 피해지표와 함께 통계분석을 통해 지구지정의 효과와 저지대 개발로 인한 경제적 손실 등을 계량하는 데 활용될 예정이다.

중점관리대상지의 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위해 먼저 중점관리대상지로 선정 가능한 지역 중 최대 8개소를 선정하고자 한다. 1차년도에 제시된 대상지 선정 방법에 대한 기술서를 작성하고, 이 방법을 이용해 중부지방의 지자체(인천광역시 부평구, 경기도 광주시, 포천시, 강원도 평창군, 화천군, 인제군, 충청북도 제천시, 충청남도 청양군 등)를 중심으로 대상지 조사가 진행될 것이다.

선정된 다수의 대상지에 대해 1차년도에 제시된 침수해석 방법론의 확대·적용이 실시된다. 이를 위해, 강우 시나리오 자료 생성 기법을 보다 간소화하여 전국에 대한 강우 시나리오 자료를 생성(자료 생성기법의 기술서 작성 포함)할 예정이다. 아울러 1차년도에 제시된 침수해석 방법론을 보다 안정화(SWMM 자료를 활용한 노면수 해석의 정확도 개선, 하수관망도 해석의 중요요인 도출 후 지역특성에 맞게 관망간소화 기준 제시)하면서, 선정된 다수의 대상지에 확대·적용해 방법론의 범용성을 검토하고자 한다(침수해석기법 기술서 보완 포함).

도시계획적 대책수립 방법에 대해서도, 다수의 대상지에 대해 영향권을 설정(영향권 설정기법 기술서 개발 포함)하고, 위험원인 조사를 수행하고자 한다. 특히, 위험원인 조사에 대해서는 방법론을 일부 개선할 예정인데, 특히, 도로시설의 취약성을 분석하는 방법을 추가하고, 재해특성, 노출특성, 취약성을 종합해 해당 지역의 위험지수를 부여하는 방법을 제시하고자 한다. 게다가 사업비용, 저감효과, 주민선호도, 행정부담 등 대책수단의 의사결정을 위한 제약요인을 종합적으로 파악한 뒤 체크리스트를 마련할 예정이다.

도시침수 예방대책 지원시스템의 구축을 위해서는 외부기관 자료수집을 완료하고, 시스템 DB의 구축이 진행될 예정이다. 도시침수 예방지원 시스템의 운영·활용방안은 2차년도에 별도 연구계획을 포함하고 있지 않다.

## 2) 3차년도

도시침수 위험도 관리 관련 정책동향과 시스템 개발 방향을 정립하는 연구는 1차년도에 실시되어 3차년도에도 연구를 계획하고 있지 않다. 시·군·구 행정구역별 도시침수 피해여건 분석에 대해서는, 1~2차년도 동안 확보된 자료를 토대로 시·군·구별 도시침수 위험도 프로파일을 개발해 담당자 인식제고를 위한 시각정보를 마련할 예정이다.

중점관리대상지의 도시침수 해석 및 재해지도 개발은 3차년도에도 계속 진행될 예정이다. 마찬가지로 중점관리대상지로 선정 가능한 지역 중 최대 8개소를 선정할 것이다. 1차년도에 제시된 대상지 선정 방법을 이용해 남부지방의 지자체(부산광역시 강서구, 기장군, 울산광역시 울주군, 전라남도 순천시, 광양시, 화순군, 경상북도 영천시, 경상남도 합천군 등)를 중심으로 대상지 조사가 진행될 것이다. 이어서 선정된 대상지에 대해 침수해석을 실시해 재해지도를 만들고 영향권 설정, 위험원인 조사 등 도시계획적 대책 수립방법을 계속해서 실증할 예정이다(위험원인 조사방법 기술서 작성 포함). 추가적으로, 대책수단의 의사결정을 지원하기 위해 1차년도에 제시된 위험원인별 대책수단과 2차년도에 제시될 제약요인 체크리스트를 이용해 담당자가 스스로 대책수단을 선정할 수 있는 의사결정 방법론을 제시할 예정이다. 이 방법론은 각종 제약요인에 대한 주관적인 중요도를 결정이론에 따라 구조화하여 대책수단의 실행력을 실무적

으로 판단하는 데 활용하고자 한다.

끝으로 3차년도에는 모든 연구결과를 탑재하고 배포·설치할 수 있도록 전용 프로그램을 개발하며, 시스템 매뉴얼을 작성해 시스템 구축을 완료할 예정이다. 아울러, 관련 부서 및 지자체와의 협의를 통해 시스템의 실무활용 및 안정적 운영을 위한 법제도 개선사항을 제시하고자 한다.



## 【인용문헌】

### 1) 국문자료

- 강양석. 2007. 도시기본계획의 방재계획 부문에서 설정되어야 할 지표. 국토계획 제 42권 제2호. pp. 17-29.
- 국립방재교육연구원. 2010. 도시공간 및 시설에 대한 안전실태조사 및 방재계획 기준 설정 연구.
- 국립재난안전연구원. 2013a. 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화 및 통합 연계 환경 개발.
- 국립재난안전연구원. 2013b. 도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 및 시범 적용.
- 국토연구원(주관연구기관). 2010-2015. 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발. 최종보고서. 국토교통부 · 국토교통과학기술진흥원.
- 국토연구원. 2015-2016. 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업. 국토교통부.
- 국토교통부. 2011. 확률강우량도 개선 및 보완 연구.
- 국토교통부. 2012. 설계홍수량 산정요령.
- 김종원, 김창현, 심우배. 2006. 최근 홍수피해의 실태와 수해 최소화를 위한 정책방향. 국토정책 Brief 100호. '06년 7월 31일자.

- 김현주, 안재찬. 2004. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(I). 국립재난안전연구원.
- 김현주, 정태호. 2005. 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구(II). 국립재난안전연구원.
- 도심지 토사재해 통합관리기술 개발 연구단(주관연구기관). 2012-2017. 도시특성을 고려한 도심지 토사재해 예측·평가 및 통합관리기술 개발. 연차보고서. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원
- 문채, 윤혜철, 조판기. 2003. 도시방재에 관한 연구 - 일본의 사례를 중심으로. 국토연구원.
- 문채. 2006. 우리나라 방재도시계획의 운영실태에 관한 연구. 국토연구 51(2006년 12월). pp.151-168.
- 문채. 2012. 도시기본계획과 풍수해저감종합계획의 연계방안에 관한 연구. 한국정책연구 제12권 제3호. pp.157-176.
- 문채. 2015. 도시기본계획의 방재도시계획 운용실태에 관한 연구 - 경기도를 사례로 -. 한국지역개발학회지 제27권 제5호. pp.303-329.
- 서울연구원, 서경대학교, 동아대학교, (주)제일엔지니어링. 2015. 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼(안). 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술개발. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원.
- 신상영, 이석민, 박민규. 2011. 기상이변에 대응한 서울시의 수해방지전략. SDI 정책리포트 제96호. 서울시정개발연구원.
- 심우배, 왕광익, 이범현, 이문원, 문채. 2008. 재해에 안전한 방재도시계획 수립방안 연구. 국토연구원.
- 심우배, 왕광익, 이범현, 차정우, 김학열. 2009. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I). 국토연구원.
- 심우배, 김걸, 지승희, 김학열 외. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축

방안 연구(II). 국토연구원.

심우배. 2008. 우리나라 도시침수피해 특성과 정책과제. 국토정책 Brief, 제189호. 국토연구원.

심우배. 2011. 기후변화에 따른 새로운 도시방재 패러다임과 도시정책방안. ISUE PAPER 2011-29.

심재현, 최승용. 2012. 도시홍수 피해분석 및 미래도시 홍수 대응 전략. 물과 미래 제45권 제7호, pp. 16-22.

옥진아, 류근원. 2013. 풍수해저감계획과 경기도 도시계획과의 연계방안. 정책연구. 경기개발연구원.

이상은, 김성훈. 2015. 물복지 시대의 새로운 수자원 기술 패러다임 - 물확보, 물이용 다양성 확보와 물재난 저감. 물과 미래 48(1). pp. 68-75.

조완희, 한건연, 김현식, 김진수. 2015. 내수 및 외수영향을 고려한 침수해석에 관한 연구. 한국지리정보학회지 18(1). pp. 74-89.

한국건설기술연구원. 2007. 도시홍수 예경보 및 침수예측 기술. 국토교통부.

한국수자원학회. 2009. 하천설계기준 해설집. 국토해양부.

## 2) 외국자료

Bao Q., Pengfei L., Tianjun Z., Yimin L., Yongqiang Y., Guoxiong W., Bian H., Jie H., Lijuan L., Jiandong L., Yangchun L., Hailong L., Fangli Q., Zhenya S. and Bin W. 2013. The Flexible Global Ocean-Atmosphere-Land system model, Spectral Version 2: FGOALS-s2. *Advances in Atmospheric Sciences*. 30(3). pp. 561-576.

Barredo, J. I., de Roo. A. and Lavalle, C. 2007. Flood risk mapping at European scale. *Water Science & Technology* 56(4). pp. 11-17.

Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BCPR). 2004. Reducing Disaster

Risk: a Challenge for Development. United Nations Development Programme.

- Birkmann, J. 2007. Risk and vulnerability indicators at different scale - applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazard* 7. 20–31.
- Chylek, P., Li, J., Dubey, M. K., Wang, M., and Lesins, G. 2011. Observed and model simulated 20th century Arctic temperature variability: Canadian Earth System Model CanESM2. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 11(22). pp. 893-907.
- Collins, W. J., Bellouin, N., Doutriaux-Boucher, M., Gedney, N., Hinton, T., Jones, C. D., Liddicoat, S., Martin, G., O'Connor, F., Rae, J., Senior, C., Totterdell, I., Woodward, S., Reichler, T. and Kim, J. 2008. Evaluation of the HadGEM2 model. Met Office Hadley Centre Tech. Note 74.
- Dasgupta S, Zaman A, Roy S, Huq M, Jahan S and Nishat A. 2015. Urban Flooding of Greater Dhaka in a Changing Climate: Building Local Resilience to Disaster Risk. The World Bank, Washington, DC.
- Dilley M, Chen RS, Deichmann U, Lerner-Lam AL and Arnold M,. 2005. Natural Disaster Hotspots, A Global Risk Analysis. The World Bank, Washington, DC.
- Doney, SC., Lima, L., Feely, RA., Glover, DM., Lindsay, K., Mahowald, N., Moore, JK. and Wanninkhof, R. 2009. Mechanisms governing interannual variability in upper-ocean inorganic carbon system and air-sea CO<sub>2</sub> fluxes: Physical climate and atmospheric dust. *Deep-Sea Res.* 2(56). pp. 640-655.
- Dunne, JP., John, JG., Adcroft, AJ., Griffies, SM., Hallverg, RW.,

- Shevliakova, E, Stouffer, R.J., Cooke, W., Dunne, K.A., Harrison, M.J., Krasting, J.P., Malyshev S.L., Milly, P.C.D., Phillips, P.J., Sentman, L.A., Samuels, B.L., Spelman, M.J., Winton, M., Wittenberg, A.T. and Zadeh, N. 2012. GFDL's ESM2 global coupled climate carbon earth system models. Part I: Physical formulation and baseline simulation characteristics. *J. Clim.* Vol. 25. pp. 6646-6665.
- Euporpean Commission. 2010. Risk assessment and mapping guidelines for disaster management. EU Comission staff working paper. Brussels 21.12.2010 SEC(2010) 1626 final.
- Fernandez, R. and Sanahuja, H. 2012. Linkages between Population Dynamics, Urbanization Processes and Disaster Risks: a Regional Vision of Latin America. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, United Nations Human Settlements Programme, United Nations Population Fund.
- Gent, P.R., Danabasoglu, G., Donner, L.J., Holland, M.M., Hunke, E.C., Jayne, S.R., Lawrence, D.M., Neale, R.B., Rasch, P.J., Vertenstein, M, Worley, P.H., Yang, Z.L., and Zhang, M. 2011. The Community Climate System Model version 4. *J. Climate.* Vol. 24. pp. 4973-4991.
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim H. and Kanae S. 2013. Global flood risk under climate change, *Nature Climate Change* 3. pp.816–821.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: Syntehsis report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Inter-government Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1–104.
- Jha AK, Miner TW, Stanton-Geddes Z (eds.). 2013. Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practices. The World Bank, Washington, DC.

- Jungclaus, JH., Keenlyside, N., Botzet, M., Haak, H., Luo, JJ., Latif, M., Marotzke, J., Mikolajewicz, U., and Roeckner, E. 2006. Ocean Circulation and Tropical Variability in the Coupled Model ECHAM5/MPI-OM. *J. Climate*. Vol. 19. pp. 3952-3972.
- Jones, CD., Hughes, JK., Bellouin, N., Hardiman, SC., Jones, GS., Knight, J., Liddicoat, S., O'Connor, FM., Andres, RJ., Bell, C., Boo, KO., Bozzo, A., Butchart, N., Cadule, P., Corbin, KD., Doutriaux-Boucher, M., Friedlingstein, P., Gornall, J., Gray, L., Halloran, PR., Hurtt, G., Ingram, WJ., Lamarque, JF., Law, RM., Meinshausen, M., Osprey, S., Palin, EJ., Parsons Chini, L. Raddatz, T., Sanderson, MG., Sellar, AA., Schurer, A., Valdes, P., Wood, N., Woodward, S., Yoshioka, M. and Zerroukat, M. 2011. The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geosci. Model Dev*. Vol. 4. pp. 543-570.
- Lee, S., Okazumi, T., Kwak, Y. 2015a. Possibilities and challenges in the development of a global flood disaster risk indicator from the post-2015 UN processes perspective: a preliminary study. *Water Policy* 17. pp.208-227.
- Lee, S., Okazumi, T., Kwak, Y. and Takeuchi, K. 2015b. Vulnerability proxy selection and risk calculation formula for global flood risk assessment: a preliminary study. *Water Policy* 17. pp.8-25.
- Lee, S. and Vink, K. 2015. Assessing the vulnerability of different age groups regarding flood fatalities: case study in the Philippines. *Water Policy* 17. pp.1045-1061.
- Lee, T. and Jung, C. 2014. Nonparametric statistical temporal downscaling of daily precipitation to hourly precipitation and implications for climate change scenarios. *Journal of Hydrology* 510. pp.182-196.
- Loat, R. 2010. Risk management of natural hazards in Switzerland. Federal

- Office for the Environment FOEN.
- Manzini, E., Cagnazzo, C., Fogli PG., Bellucci, A., and Müller, WA. 2012. Stratosphere-troposphere coupling at inter-decadal time scales: implications for the North Atlantic Ocean. *Geophys. Res. Lett.* 39(5).
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), Ministère de l'Équipement (METL), des Transports et du Logement. 1997. Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR).
- Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement. 1997a. Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). Guide general.
- Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement. 1997b. Plans de prevention des risques littoraux (PPR). Guide méthodologique.
- Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement. 1999. Plans de prevention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation. Guide méthodologique.
- Ministère de l'équipement. 2002. Plans de prevention des risques naturels (PPR). Risques sismiques.
- Mulvany, T.J., 1850. On the use of self registering rain and flood gauges. *Inst. Civ. Eng. Proc. (Dublin)*, 4, 1-8.
- O'Keefe, P., Westgate, K., and Wisner, B. 1976. Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature* 260. pp.566-567.
- Okazumi T, Lee S, Kwak Y, Maksym G, Kuribayashi D, Yasuda N, Sawano H,. Global Water-related Disaster Risk Indicators Assessing Real Phenomena of Flood Disasters: Think Locally, Act Globally, Prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. 2015 (GAR15). UNISDR.
- Regional office for Asia and Pacific of UNISDR (UNISDR-AP). 2012. Unplanned Urbanization Increasing Flood Impacts, News Archive 9 August. Available

- at: <http://www.unisdr.org/archive/27965> (Accessed January 30 2013).
- Saunders, WSA., Beban, JG., Kilvington, M. 2013. Risk-based land use planning for natural hazard risk reduction. GNS Science Miscellaneous Series. vol. 67.
- Shrestha B, Lee S, Kwak Y,. 2013. Main Volume, In Japan: Supporting Investments in Water-Related Disaster Management(Financed by the Japan Special Fund). TA7276. The Asia Development Bank.
- Scoccimarro, E., Gualdi, S., Bellucci, A., Sanna, A., Fogli, PG., Manzini, E., Vichi, M., Oddo, P., and Navarra, A. 2011. Effects of tropical cyclones on ocean heat transport in a high-resolution coupled general circulation model. *J. Climate*. 24(16). pp. 4368-4384.
- Tjiputra, JF., Roelandt, C., Bentsen, M., Lawrence DM., Lorentzen, T., Schwinger, J., Seland, Q., and Heinze, C. 2012. Evaluation of the carbon cycle components in the Norwegian Earth System Model (NorESM). *Geosci. Model Dev*. Vol. 6. pp. 301-325.
- UN DESA. 2011. World Urbanization Prospects.
- UNESCO. 2013. International Hydrological Programme (IHP) "Water Security: Responses to Local, Regional, and Global Challenges" Strategic Plan VIII (2014-2021). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2009. 2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction. Geneva, UNISDR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2011. HFA Progress in Asia-Pacific: Regional Synthesis Report 2009-2011, Geneva, UNISDR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2013. Synthesis Report: Consultations on a Post-2015 Framework on Disaster Risk

Reduction (HFA2), Geneva, UNISDR.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2015. Global Assessment Report 2015 on Disaster Risk Reduction, Geneva, United Nations.

Voldoire, A., Sanchez-Gomez, E., Melia, D.S., Decharme, B., Cassou, C., Senesi, S., Valcke, S., Beau, I., Alias, A., Chevallier, M., Deque, M., Deshayes, J., Douville, H., Fernandez, E., Madec, G., Maisonnave, E., Moine, M.P., Planton, S., Saint-Martin, D., Szopa, S., Tyteca, S., Alkama, R., Belamari, S., Braun, A., Coquart, L., and Chauvin, F. 2013. The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation, *Climate Dynamics*. 40(9). pp. 2091-2121.

Volodin, E.M., Dianskii, N.A. and Gusev, A.V. 2010. Simulating presentday climate with the INMCM4.0 coupled model of the atmospheric and oceanic general circulations, *Izv., Atmos. Ocean. Phys.* 46(4). pp. 414-431.

Watanabe, M., Suzuki, T., Oishi, R., Komuro, Y., Watanabe, S., Emori, S., Takemura, T., Chikira, M., Ogura, T., Sekiguchi, M., Takata, K., Yamazaki, D., Yokohata, T., Nozawa, T., Hasumi, H., Tatebe, H., and Kimoto, M. 2010. Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability and Climate Sensitivity, *Journal of Climate*. Vol. 23. pp. 6312-6335.

Watanabe, S., Hajima, T., Sudo, K., Nagashima, T., Takemura, T., Okajima, H., Nozawa, T., Kawase, H., Abe, M., Yokohata, T., Ise, T., Sato, H., Kato, E., Takata, K., Emori, S., and Kawamiya, M. 2010. MIROC-ESM 2010: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments. *Geosci. Model Dev.* Vol. 4, pp. 845-872.

Wu T, Yu R, Zhang F, Wang Z, Dong M, Wang L, Jin X, Chen D, Li L. 2010. The Beijing Climate Center atmospheric general circulation model:

description and its performance for the present-day climate. *Clim. Dyn.* 34(1). pp. 123-147.

Yukimoto, S., Adachi, Y., Hosaka, M., Sakami, T., Yoshimura, H., Hirabara, M., Tanaka, T. Y., Shindo, E., Tsujino, H., Deushi, M., Mizuta, R., Yabu, S., Obata, A., Nakano, H., Koshiro, T., Ose, T. and Kitoh A. 2011. A new global climate model of the meteorological research institute: MRI-CGCM3—model description and basic performance, *J. Meteor. Soc.* Vol. 90(A). pp. 23-64.

### 3) 인터넷 자료

국가통계포털. [www.kosis.kr/](http://www.kosis.kr/). '16. 2 9일자 검색.

국민안전처 [www.mpss.go.kr/](http://www.mpss.go.kr/). '16년 3월 23일자 검색.

국토교통부 국가공간정보포털·오픈마켓. <http://market.nsd.go.kr/>. '16년 3월 23일자 검색.

국토교통부 국가수자원관리종합정보시스템 <http://www.wamis.go.kr/>. '16년 3월 23일자 검색.

국토교통부 국토지리정보원. [www.ngii.go.kr/](http://www.ngii.go.kr/). '16년 4월 22일자 검색.

국토교통부 하천관리지리정보시스템. [www.ringis.go.kr/](http://www.ringis.go.kr/). '16년 5월 10일자 검색.

국토의 계획 및 이용에 관한 법률. 법률 제13475호. 2015년 8월 11일. 일부개정. 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. '16년 6월 7일자 검색.

광역도시계획수립지침. 국토교통부지침 제642호. 2015년 12월 29일. 일부개정. 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. '16년 6월 7일자 검색.

기상청. <http://www.kma.go.kr/>. '16년 3월 23일자 검색.

노컷뉴스. [www.nocutnews.co.kr/](http://www.nocutnews.co.kr/). '16. 3. 7일자 검색. 6월 30일자 검색. 10월 6일자 검색.

도시·군기본계획수립지침. 국토교통부훈령 제569호. 2015년 8월 3일. 타법개정. 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. '16년 6월 7일자 검색.

뉴스시스. [www.newsis.com/](http://www.newsis.com/). '16. 3. 7일자 검색. 6월 30일자 검색.

미 연방재난관리청 홍수지도 서비스 센터. <http://msc.fema.gov/portal>. '16년 8월 7일자 검색.

벨기에 재난역학연구센터의 EM-DAT. <http://www.emdat.be/>. '16년 8월 7일자 검색.

아시아경제. [www.asiae.co.kr/](http://www.asiae.co.kr/). '16. 3. 7일자 검색. 10월 6일자 검색.

연합뉴스. [www.yonhapnews.co.kr/](http://www.yonhapnews.co.kr/). '16. 3. 7일자 검색. 6월 30일자 검색. 10월 6일자 검색.

이투데이. [www.etoday.co.kr/](http://www.etoday.co.kr/). '16. 3. 7일자 검색. 6월 30일자 검색. 10월 6일자 검색.

일본 국토교통성. <http://www.mlit.go.jp/index.html/>. '16년 7월 5일자 검색.

일본 국토교통성의 재해지도 포털. <http://disaportal.gsi.go.jp/>. '16년 8월 7일 검색.

자연재해대책법. 법률 제14480호. 2016년 12월 27일. 타법개정. 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. '16년 6월 7일자 검색.

지구단위계획수립지침. 국토교통부훈령 제78호. 2016년 12월 8일. 일부개정. 국가법령정보센터. <http://www.law.go.kr/>. '16년 6월 7일자 검색.

EU 6차FP FLOODsite 사업단. <http://www.floodsite.net/>. '16년 8월 7일 검색.

Institut Pierre-Simon Laplace, France. <http://icmc.ipsl.fr/>. '16년 5월 15일 검색.

International Organization for Standardization. <http://www.iso.org/iso/>. '16. 4. 20. 검색.

Les services de l'État dans la Manche. <http://www.manche.gouv.fr/>. '16년 9월 12일자 검색.

UNEP/GRID-Geneva의 지구위험도 자료플랫폼. <http://preview.grid.unep.ch/>. '16년 8월 7일자 검색.





## SUMMARY

### **Development of the Urban Flooding Risk Prevention System(I)**

Lee Sangeun, Kim Changhyun, Park Taesun, Kim Mieun, Kim Seulyea

As urban flooding is becoming more serious, the national disaster policy calls for expert groups' participation, technical infrastructure, and institutional settings necessary for central and local governments, and other groups to take their own roles with bigger responsibilities. With a focus on technical infrastructure, this study aims to develop a policy supporting system, which can be used to relieve persons in charge of urban planning in municipalities of technical burdens, and offer the responsibility to necessarily implement the minimum level of disaster prevention measures.

To develop the system, this study defines five functions of the system based on interviews, online surveys, and case studies. First, the system needs to help access data such as damage records and relevant reports due to urban flooding at the municipality level. Second, the system needs to help disseminate more technical information such as hazard maps for the area at high risk due to urban flooding (called a priority management site, PMS). Third, the system let persons in charge of urban planning to get the spatial boundary of urban

flooding impact, and understand the causes of high risk for PMS. Fourth, the system is required to offer the reference information useful to make adequate decisions upon disaster prevention measures. Fifth, the system must provide a platform in sharing official documents and technical information. This system will be developed through the 3-year study, and this study mainly focuses on the establishment of basic concepts and the validation of all risk assessment methods.

To acquire damage data at the municipality, and also set out the criteria for selecting the PMS, this study analyzed the past records on damages in urban areas. In result, the criterion in high magnitude was set to be 65 million KRW per 1km<sup>2</sup> of urban area per year, while that in high frequency was set to be 0.12 times per 1km<sup>2</sup> of urban area per year. Using two criteria, this study could identify a total of 51 municipalities where disaster prevention measures for urban flooding are relatively urgent. To provide technical risk information for municipalities including PMS, this study proposed a prototype of risk assessment methods, including: (i) identifying the boundary of PMS through selection of municipality, investigation of past damage records, field investigation and interview, and also geo-hydrological data analysis; (ii) generating future rainfall scenario data with consideration of climate change impacts on probabilistic characteristics of short-term rainfall; (iii) developing the hazard map by using simplified methods which are effective to analyze various reasons of urban flooding. As the 1st year, this study applied the prototype to two PMSs in Namayangju and Changwon, showing methodological possibilities in both reliability and practicality.

To help municipalities make decisions upon disaster prevention measures based on developed hazard maps, this study proposed the procedures and

methods, as follows: (i) delineating the boundary of urban flooding impact after applying the criteria suggested internationally to two hazard maps; (ii) investigating hazard, exposure, and vulnerability objectively within the boundary of the impact, and analyzing their importances in formulating the risk; (iii) selecting effective measures according to the results of risk investigation at PMSs (for this purpose, disaster prevention measures were previously grouped according to their expected effectiveness); (iv) evaluating the feasibility of measures at multi-dimensions of, for example, the administration, economy, and social acceptance (for this purpose, the 2nd-year study is expected to propose adequate methods). This study also examines proper ways to operate the system after collecting opinions from practitioners and experts, and shows the results of the conceptual design including structure of the system and draft of display.



# 부록 1

도시방재계획의 법제도 등 현황

## 1. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 (시행령) 상 방재계획 현황

### 1) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 상 방재계획

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 상 광역도시계획, 도시군·기본계획, 도시·군관리계획에서 방재 관련 정책방향 및 방재지구 지정·변경의 관한 사항이 명시되어 있음
- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 상에 명시된 방재계획을 살펴보면 다음과 같음
  - 광역도시계획: 시행령 제2장 제9조 ‘방재’에 관한 사항 명시
  - 도시군·기본계획: 법률 제3장 제19조 경관에 관한 사항 중 ‘방재 및 안전’에 관한 사항 명시
  - 도시군·관리계획: 법률 제4장 제2절 제37조 용도지구에 관한 사항 중 ‘방재 지구’에 관한 사항 명시

#### 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 시행령 제2장 제9조

법 제12조제1항제5호에서 “대통령령이 정하는 사항”이라 함은 다음 각호의 사항을 말한다.

1. 광역계획권의 교통 및 물류유통체계에 관한 사항
2. 광역계획권의 문화·여가공간 및 방재에 관한 사항

※ 광역도시계획에는 다음 각 호의 사항 중 그 광역계획권의 지정목적에 이루는 데 필요한 사항에 대한 정책 방향이 포함되어야 한다.

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제3장 제19조

- ① 도시·군기본계획에는 다음 각 호의 사항에 대한 정책 방향이 포함되어야 한다. <개정 2011.4.14.>
1. 지역적 특성 및 계획의 방향·목표에 관한 사항
  2. 공간구조, 생활권의 설정 및 인구의 배분에 관한 사항
  3. 토지의 이용 및 개발에 관한 사항
  4. 토지의 용도별 수요 및 공급에 관한 사항
  5. 환경의 보전 및 관리에 관한 사항
  6. 기반시설에 관한 사항
  7. 공원·녹지에 관한 사항
  8. 경관에 관한 사항
    - 8의2. 기후변화 대응 및 에너지절약에 관한 사항
    - 8의3. 방재 및 안전에 관한 사항
  9. 제2호부터 제8호까지, 제8호의2 및 제8호의3에 규정된 사항의 단계별 추진에 관한 사항
  10. 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항
- ② 삭제
- ③ 도시·군기본계획의 수립기준 등은 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관이 정한다.

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제4장 제2절 제 37조

- ① 국토교통부장관, 시·도지사 또는 대도시 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 용도지구의 지정 또는 변경을 도시·군관리계획으로 결정한다. <개정 2011.4.14, 2013.3.23>
1. 경관지구: 경관을 보호·형성하기 위하여 필요한 지구
  2. 미관지구: 미관을 유지하기 위하여 필요한 지구
  3. 고도지구: 쾌적한 환경 조성 및 토지의 효율적 이용을 위하여 건축물 높이의 최저한도 또는 최고한도를 규제할 필요가 있는 지구
  4. 방화지구: 화재의 위험을 예방하기 위하여 필요한 지구
  5. 방재지구: 풍수해, 산사태, 지반의 붕괴, 그 밖의 재해를 예방하기 위하여 필요한 지구
  6. 보존지구: 문화재, 중요 시설물 및 문화적·생태적으로 보존가치가 큰 지역의 보호와 보존을 위하여 필요한 지구
  7. 시설보호지구: 학교시설·공용시설·항만 또는 공항의 보호, 업무기능의 효율화, 항공기의 안전운항 등을 위하여 필요한 지구
  8. 취락지구: 녹지지역·관리지역·농림지역·자연환경보전지역·개발제한구역 또는 도시자연공원구역의 취락을 정비하기 위한 지구
  9. 개발진흥지구: 주거기능·상업기능·공업기능·유통물류기능·관광기능·휴양기능 등을 집중적으로 개발·정비할 필요가 있는 지구
  10. 특정용도제한지구: 주거기능 보호나 청소년 보호 등의 목적으로 청소년 유해시설 등 특정시설의 입지를 제한할 필요가 있는 지구
  11. 그 밖에 대통령령으로 정하는 지구
- ② 국토교통부장관, 시·도지사 또는 대도시 시장은 필요하다고 인정되면 대통령령으로 정하는 바에 따라 제1항 각 호의 용도지구를 도시·군관리계획결정으로 다시 세분하여 지정하거나 변경할 수 있다. <개정 2011.4.14, 2013.3.23>
- ③ 시·도지사 또는 대도시 시장은 지역여건상 필요하면 대통령령으로 정하는 기준에 따라 그 시·도 또는 대도시의 조례로 용도지구의 명칭 및 지정목적, 건축이나 그 밖의 행위의 금지 및 제한에 관한 사항 등을 정하여 제1항 각 호의 용도지구 외의 용도지구의 지정 또는 변경을 도시·군관리계획으로 결정할 수 있다. <개정 2011.4.14>
- ④ 시·도지사 또는 대도시 시장은 연안침식이 진행 중이거나 우려되는 지역 등 대통령령으로 정하는 지역에 대해서는 제1항제5호의 방재지구의 지정 또는 변경을 도시·군관리계획으로 결정하여야 한다. 이 경우 도시·군관리계획의 내용에는 해당 방재지구의 재해저감대책을 포함하여야 한다.

## 2) 도시·군기본계획수립지침 상 방재계획

- 도시·군기본계획이란, 국토의 한정된 자원을 효율적이고 합리적으로 활용하여 주민의 삶의 질을 향상시키고, 특별시광역시시군을 환경적으로 건전하고 지속가능하게 발전시킬 수 있는 정책방향을 제시함과 동시에 장기적으로 시군이 공간적으로 발전하여야 할 구조적 틀을 제시하는 종합계획임 (도시군·기본계획수립지침 1-2-1)
- 도시·군기본계획 수립대상 시·군의 경우, 도시·군기본계획상의 부문별계획에 따라 도시·군관리계획을 작성하는 것을 원칙으로 하기에, 도시군기본계획상 명시되어 있는 방재계획에 관한 사항을 살펴봄

### 「도시·군관리계획수립지침」 제1편 제6장 제1절 방재계획

[도시·군관리계획수립지침] 제1편 제6장 제1절  
 1-6-1-2. 도시·군기본계획 수립대상 시·군은 도시·군기본계획상의 도시·군관리계획 목표년도의 개발지표와 각 부문별 계획에 따라 작성하고, 도시·군기본계획 수립대상이 아닌 시·군은 목표년도의 개발지표와 각 부문별 개발계획 등 시·군의 장기발전구상을 포함하여 작성한다.

- 도시군기본계획이 구체적으로 제시되어 있는 「도시·군기본계획수립지침」 상 방재계획은 부문별계획에 속해있으며, 구체적인 내용은 다음과 같음
  - (제4장 제3절) 부문별 계획 수립기준에 공간구조의 설정에 관한 사항이 명시되어 있음
    - 공간구조 개편방향 중 방재대책에 도시계획적 대책 (토지이용, 기반시설) 제시에 대한 사항이 명시되어 있음
  - (제4장 제40절) 부문별 계획 수립기준에 방재 및 안전에 관한 사항이 명시되어 있음
    - 방재계획 및 재해예방대책 수립의 필요성 명시되어 있음
    - 내용: 기반시설 및 토지이용체계, 상습침수지역, 연암침식
- 이렇듯 도시·군기본계획수립지침 상 방재 관련 도시계획적 대책수단 제시 및 방재계획 및 재해예방대책 수립의 필요성을 명시하고 있는 실정임

「도시·군기본계획수립지침」 제4장 제3절 공간구조의 설정

4-3-1. 공간구조의 설정

(1) 공간구조의 진단

- ① 시가지면적 변화추이 및 주요 교통축의 변화추이 등을 검토하여 시가지 성장행태를 분석한다.
- ② 산업 및 기능, 토지이용분포 등을 고려하여 기존 공간구조의 문제점을 종합적으로 분석한다.

(2) 공간구조개편방향

- ① 당해 시·군 및 주변 시·군의 지형·개발상태·환경오염 등 여건과 목표년도의 개발지표에 의한 중심지체계를 설정하고, 토지이용계획, 교통계획, 기타 도시·군기본계획의 근간이 되는 사항을 대상으로 하여 2개년 이상의 기본골격안을 구상한다.
- ② 대안별로 개발축·보전축을 설정하고 성장주축과 부축 등을 설정하여, 개발축별 핵심기능을 부여하고 기능강화를 위한 전략을 제시한다.
- ③ 보전축은 지역내 충분한 녹지공간 확보와 생태적 건전성 제고를 위하여 녹지축, 수변축, 농업생산축, 생태축 등 다양한 형태로 배치하고 이들을 연결하여 네트워크화한다.
- ④ 각 안에 대한 지표, 개발전략, 기본골격 등의 차이점을 명시한 후 계획의 합리성, 경제적 타당성, 적정성, 환경성 등에 대한 장·단점을 비교·분석하고 최종안의 선택사유를 제시한다.
- ⑤ 개발과 보전이 조화되는 공간구조 설정을 위하여 토지적성평가 결과를 활용하여 계획의 합리성과 효율성을 제고한다.
- ⑥ 기후변화에 따라 대형화·다양화되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위하여 일반적인 방재대책(하천, 하수도, 펌프장 등)과 함께 도시의 토지이용, 기반시설 등을 활용한 도시계획적 대책을 제시한다.

3) 도시·군관리계획수립지침 상 방재계획

- 도시·군관리계획이란, 광역도시계획 및 도시·군기본계획에서 제시된 시·군의 장기적인 발전방향을 공간에 구체화하고 실현시키는 중기계획임 (도시·군관리계획수립지침 1-3-2)
- 도시·군관리계획이 구체적으로 제시되어 있는 「도시·군관리계획수립지침」 상 방재계획을 살펴보면 다음과 같음
  - (제3편 제2장 제6절) 용도지역·용도지구·용도구역계획 - 용도지구 내 방재지구 지정에 관한 사항을 명시하고 있음
    - 침수, 산사태·지반붕괴, 지진, 해일 발생위험지역에 대한 방재지구 지정 지역에 대하여 명시하고 있음
    - 국토계획법 제4장(도시·군관리계획) 제2절 제37조의 내용과도 일맥상통함
  - (제6편 제2장 제2절) 경관 및 안전계획 - 안전계획 내 방재계획을 명시하고 있음
    - 방재계획 수립 및 대책의 필요성 명시되어 있으나, 각 사항에 대해 개념적인 계획방안(토지이용계획 수립·대책 마련 등이 필요함 정도의 수준)에 대해서

만 제시되어 있음

- 구체적으로 저지대 및 지내력 적은 지역, 수해상습지역, 하천이나 강변도로, 건물붕괴, 화재발생 지역에 필요한 방재계획 수립 내용 및 필요성을 명시하고 있음
- 국토계획법 제3장(도시·군기본계획) 제19조의 내용과 일맥상통함
- 도시·군관리계획수립지침 상에는 방재계획 수립을 명시하고 있으나, 실제 도시·군관리계획 상에는 전문성 부족, 데이터 미비 등의 이유로 구체적인 방재계획이 미비한 실정임
- 이에 본 연구를 통해 다양한 자연재해 중 범람으로 인해 위험한 지역을 도출하고, 구체적인 방재계획 수립방안 (방법 및 대책수단)을 제시하고자 하며, 추후 방재지구 지정에도 기여하고자 함

「도시·군관리계획수립지침」 목차 <개정 2015. 01. 27>

제1편 총칙	
제2편 기초조사	
<b>제3편 용도지역·용도지구·용도구역계획</b>	
제1장 용도지역계획	
제2장 용도지구계획	..... 제2장 제6절 방재지구
제3장 용도구역계획	
제4편 기반시설계획	
제5편 도시개발계획	
<b>제6편 경관 및 안전계획</b>	
제1장 경관계획	
제2장 안전계획	..... 제2장 제2절 방재계획
제7편 환경성검토	
제8편 도시·군관리계획의 수립절차	
제9편 행정사항	

### 「도시·군관리계획수립지침」 제3편 제2장 제6절 방재지구

3-2-6-1. 방재지구는 풍수해·산사태·지반붕괴 그 밖에 재해를 예방하기 위하여 필요한 지구로서, 다음의 지역에 지정할 수 있다.

- (1) 풍수해때 침수 등으로 인하여 재해의 위험이 예상되는 지역
- (2) 지반이 약하여 산사태·지반붕괴의 위험이 예상되는 지역
- (3) 지진발생이 우려되어 특별히 예방대책을 마련하여야 할 필요가 있는 지역
- (4) 해일의 피해가 우려되어 예방대책을 마련하여야 할 필요가 있는 지역

### 「도시·군관리계획수립지침」 제6편 제2장 제2절 방재계획

6-2-2-1. 시·군의 규모확대와 고밀화에 따라 재해발생시 피해규모가 확대되는 추세임을 감안하여 토지이용계획이나 기반시설계획시 도시·군기본계획수립지침에 의한 방재계획을 구체화시키고 안전도를 높일 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.

6-2-2-2. 수해·지진 등 발생가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립한다.

- (1) 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대에는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립하여야 한다.
- (2) 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가피한 경우에는 유수지를 충분히 확보하고 유수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획하여야 한다.
- (3) 수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지를 많이 확보하여 재해로 인한 인명이나 재산의 피해가 최소화되도록 토지이용계획을 수립하여야 한다.
- (4) 하천이나 강변도로는 장기 강우빈도를 감안하여 계획하고(가능하다면 강우빈도는 100년 주기를 권장), 하천복개시에는 충분한 유수단면을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (5) 지진·폭발·진동에 의한 건물붕괴 등이 우려되는 지역은 이에 대한 대책을 강구하여야 한다.
- (6) 화재발생시 그 피해가 주변지역으로 확대될 가능성이 큰 지역에 대하여는 피해가능성을 검토한 후 대책을 마련하여야 한다.

## 2. 지자체 도시·군관리계획 상 방재계획 반영 현황

- 실질적으로 지자체에서 매 5년마다 수립하고 있는 도시·군관리계획 상 명시된 방재계획 내용을 살펴봄
- 총 4개 지자체의 도시·군관리계획을 살펴본 결과 크게 세 부분에 방재 관련 사항을 명시하고 있음
  - 도시개발 장기구상/부문별계획: 방재 및 안전계획
  - 도시관리계획 용도지구: 방재지구
  - 도시관리계획 도시계획시설: 방재시설

- 지자체별 도시개발 장기구상/부문별계획의 ‘방재 및 안전계획’ 방재 반영 현황에 관한 내용을 살펴본 결과는 다음과 같음
  - A시: 방재 및 안전계획에 관한 사항이 명시되어 있지 않음. 용도지구 재정비 중 방재지구<sup>1)</sup>를 검토하였으나 피해가 우려되는 지역을 선정하지는 않음
  - B시: 목표 및 기본방향, 추진 전략으로 구성되어 있으나, 추진전략은 각 항목의 필요성에 대해 간략히 서술함 (방재지도 작성: 구체적인 방법이 아닌 개념 및 도입 필요성 등)
  - C시: 기본방향, 도시재해방지계획, 도시방재계획으로 구성되어 있으나, 주로 종합방재대책의 필요성을 언급하고 있을 뿐 구체적인 방재계획에 대한 내용은 전무하였음
  - D시: 기본방향, 피해유형별 방재계획, 해안지구별 해일대책 방안으로 구성되어 있음. 특히, 집중적인 관리가 필요한 재해에 대하여 구체적인 지역을 선정하고, 이에 대한 대책안을 제시하고 있음
- 지지자체별로 상이한 방재계획을 수립(지자체 특성에 맞는 방재계획 수립)하고 있으나, 법령 상 제시하고 있는 방재계획과 관련된 사항이 제대로 반영되고 있지 않는 실정임

---

1) 최근 10년 이내 2회 이상 발생하여 인명피해를 입은 지역, 향후 동일한 재해 발생 시 상당한 피해가 우려되는 지역

부록그림 1-1 지자체별 도시관리계획 목차

A시 2016	B시 2010	C시 2008	D시 2010
제1장 계획의 개요	제1장 계획의 개요	제1장 계획의 개요	제1장 계획의 개요
1. 도시관리계획이란?	1. 계획의 목적	1. 계획의 목적	1. 계획수립의 배경 및 목표
2. 계획수립 배경 및 목적	2. 계획의 범위	2. 계획의 범위	2. 계획의 범위
3. 계획의 범위	3. 계획의 수립절차		3. 계획의 절차
4. 계획 수립의 과정			4. 계획수립의 기본원칙
제2장 도시의 성격	제2장 지역의 특성과 현황	제2장 지역의 특성과 현황	제2장 지역의 특성과 현황
1. 도시발전 및 계획연혁	1. 도시연혁	1. 도시연혁	1. C시의 도시연혁
2. 상위계획 검토	2. 도시현황	2. 도시현황	2. 도시현황
	3. 상위 및 관련계획 검토	3. 상위 및 관련계획 검토	3. 상위 및 관련계획
			4. 도시개발의 문제점 및 잠재력
제3장 도시개발의 장기구상	제3장 도시개발의 장기구상	제3장 도시개발의 장기구상	제3장 도시기본계획
1. 계획의 목표	1. 도시미래상 및 목표설정	1. 도시미래상	1. 도시의 미래상
2. 도시지표의 설정	2. 도시공간구조 구상	2. 도시지표 설정	2. 도시지표 설정
3. 용도지역별 소요연적 추정	3. 도시지표 설정	3. 공간구조 구상	3. 공간구조 구상
4. 사회경제성장지 여유물량 검토	4. 생활권 설정 및 인구배분 계획	4. 생활권 설정 및 인구배분 계획	4. 부문별 구상
	5. 토지이용계획	5. 토지이용계획	가. 생활권설정 및 인구배분구상
제4장 도시관리계획 결정	6. 도심 및 주거환경	6. 교통·물류계획	나. 토지이용구상
1. 용도지역 재정비	7. 기반시설계획	7. 정보·통신계획	다. 기반시설구상
2. 용도지구 재정비	8. 환경의 보전과 관리계획	8. 도심 및 주거환경계획	리. 도심 및 주거환경구상
3. 용도구역: 변경없음	9. 경관 및 미관계획	9. 환경의 보전과 관리계획	마. 환경의 보전과 관리구상
4. 도시계획시설 재정비	10. 공원·녹지계획	10. 경관 및 미관계획	바. 경관 및 미관구상
5. 지구단위계획구역 재정비	11. 경제·산업·사회·문화의 개발 및 진흥계획	11. 여가 및 공원·녹지계획	사. 공원·녹지구상
6. 지구단위계획 변경	12. 방재 및 안전계획	12. 방재 및 안전계획	아. 방재 및 안전구상
	13. 계획 부문별 관련사업계획	13. 경제·산업·사회·문화의 개발 및 진흥계획	자. 경제·산업·사회·문화의 개발 및 진흥구상
제5장 단계별 집행계획	제4장 도시관리계획	제4장 도시관리계획	제4장 도시관리계획
1. 계획의 개요	1. 용도지역계획	1. 도시미래상 정립	1. 도시계획구역
2. 도시계획시설 집행상태	2. 용도지구계획	2. 도시관리계획구역 결정	2. 용도지역
3. 단계별 계획수립	3. 도시계획시설계획	3. 용도지역계획	3. 용도지구
가. 집행계획 수립대상 선정	4. 지구단위계획	4. 용도지구계획	4. 용도구역
나. 사업비 추정		5. 도시계획시설계획	5. 도시계획시설
다. 단계별 집행계획		6. 지구단위계획	6. 지구단위계획
1) 단계별 집행계획 총괄	제5장 집행계획	7. 도시계획사업	7. 도시계획사업
2) 교통시설 단계별 집행계획	1. 단계별 집행계획		
3) 공간시설	2. 자원조달 방안	제5장 집행계획	제5장 집행계획
4) 유통·공급시설		1. 단계별 집행계획	1. 단계별 집행계획
5) 공공·문화체육시설		2. 자원조달 방안	2. 자원조달 방안
6) 방재시설			
7) 보건위생시설			
8) 환경기초시설			

부록그림 1-2 도시관리계획 내 “방재 및 안전계획” 부분

A시 2016	B시 2010	C시 2008	D시 2010
-	방재 및 안전계획	방재 및 안전계획	방재 및 안전구상
[용도지구 재정비] 방재지구 검토 → 방재지구 대상지역 없음	1. 목표 및 기본방향 가. 목표 나. 기본방향 2. 추진전략 가. 종합방재체계 확립 1) 통합된 도시방재시스템 확립 2) 재해단계별 관리대책 수립 나. 풍수해 사전예방 대책 강화 1) 효율적인 재해예방 관리대책 수립 2) 취약지구 및 시설물 관리 다. 방화활동 강화 라. 교통사고 대책 마. 방재지도 작성 1) 방재지도의 정의 2) 방재지도 작성의 필요성 3) 방재지도 유형 4) 방재지도 작성 바. 자선대책	1. 기본방향 2. 도시재해방지구획 가. 종합치수 대책수립 1) 수해빈도 높은지역 치수대책강화 2) 치수안전도 향상 나. 지역안전성 향상과 불연도시 건설의 촉진 1) 건축물 불연화 사업전개와 오픈스페이스의 확보 2) 방화생활권 형성 3) 주민 방재활동의 강화와 피난 재해인의 안전 확보 다. 방재체제 강화 및 전문화 1) 광역적 방재활동체제의 정비와 사실의 내실화 2) 방재 정부체계 구축 3) 방재인력의 전문화 라. 교통체계 강화 및 범죄예방 마. 어린이보호구역 확대사업 바. 기타도시형 재해의 대책 1) 예방위주의 시설강화와 재해연상 변화에 대응한 조사연구의 추진 2) 민간참여 확대와 지역방재협회 설립	1. 기본방향 2. 피해유형별 방재계획 - 해안재해 - 지진 - 화재 - 기타
		3. 도시방재계획 가. 재난유형별 도시방재 시스템 구축 및 관리 1) 재난관리 2) 단계별 재해관리 나. 도시방재정보체계 및 종합행정체계의 구축 1) 도시방재정보체계의 구축 2) 광역적 방재활동체제의 정비와 사실의 내실화 3) 방재인력의 전문화 다. 도시방재관련 긴급 구조 체계의 확립 라. 소방부문 방재활동 강화 및 기타 도시형 재해대책의 강화	3. 해안지구별 해안대책 방안 - 1부두 및 마산항 - 2부두 및 마산수협 공판장 - 노신로 해안도로 - 제부두 및 조선소 진운부두 - 봉암공단 해안도로



## 부록 2

### 도시계획적 대책수단 리스트

부록표 2-1 주요 도시침수 대책수단의 근거 및 개념

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
조사·분석	입지유형 분석	입지유형의 구분	사전재해영향성 검토협의 실무 지침, 2016, 국민안전처	개발지역의 입지특성에 따라 구분한 5개 유형(도시지역, 해안·도시지역, 산지지역, 농촌지역, 하천·호소지역)	자연재해대책법에 의한 행정 계획 및 개발사업에 적용
		침수위험도 분석 등	하천법 제21조 제1항~제6항	홍수피해의 위험도를 예측하는 홍수위험지도 등을 이용하여 침수위험의 정도를 분석하는 것	중앙행정기관·지자체장은 “국토의 계획 및 이용에 관한 법률”에 따른 도시·군계획 등 각종 계획을 수립할 경우 홍수피해상황 조사결과를 계획에 반영해야 함
		유역의 홍수 방어 여건 분석	하천설계기준 해설, 2009, 수자원학회	홍수방어계획이란 하천에서 발생하는 홍수재해로부터 인명·재산피해를 입지 않도록 방어하기 위한 조사·계획·대책수립에 대한 사항을 파악하고, 결정하기 위해 책정하는 치수대책을 말함	유역 홍수방어계획과의 연계성을 검토
		우수유출저감 시설과의 연계성 분석 등	자연재해대책법 제2조 제6호, 시행령 제16조 제1항 제2호	우수유출저감시설이란 우수의 직접적 유출을 억제하기 위해 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설을 말함	우수유출저감시설 사업계획 수립 시 다른 사업과의 중복 또는 연계성 여부를 검토
재해 위험성 분석·평가	재해유형 구분 및 재해유형별 위험성 검토 등	사전재해영향성 검토협의 실무 지침, 2016, 국민안전처	개발예정용지 내·외에서 재해유형별(하천재해, 호우재해, 사면재해, 지반재해, 해안재해, 바람재해 등)로 재해유발 가능성이 있는 지역	재해이력조사, 현장조사 시행	
	재해위험성 평가	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제2조제3항	재해취약지역이란 재해에 취약한 지역을 말함	방재지구, 급경사지, 풍수해 저감종합계획에서 자연재해의 위험이 높은 지역에 주차장, 공원, 녹지, 유원지, 광장, 학교, 운동장, 공공청사, 문화시설, 청소년수련시설, 종합의료시설을 설치할 경우 저류시설 및 주민대피시설 등을 포함한 도시·군계획시설 결정	

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
		홍수위험성 평가	자연재해대책법 시행령 제8조 제1항	자연재해위험개선지구는 재해위험 원인에 따라 침수위험지구, 유실위험지구, 고립위험지구, 취약방재시설지구, 붕괴위험지구, 해일위험지구로 구분하여 지정해야 함	하천의 외수범람과 내수배제 불량으로 인한 침수가 발생하여 인명 및 건축물·농경지 등의 피해를 유발하였거나 침수피해가 예상되는 지역인 “침수위험지구” 적용
		상습수해지역 파악 등	자연재해대책법 제12조, 제18조	해당 없음	상습침수지역, 산사태위험지역 등 지형적 여건 등으로 재해발생이 우려되는 지역을 자연재해위험개선지구로 지정·고시 상습침수지역, 홍수피해예상지역, 기타 수해지역의 재해경감을 위해 지구단위 홍수방어기준 설정
계획·대책의 수립	기본원칙 적용	인구·시설의 집중 방지	도시관리계획 수립지침 제5장 제2절(수립의 일반원칙)	해당 없음	“국토의 계획 및 이용에 관한 법률”에 따른 도시관리계획 수립시 적용
		저지대 개발지양			
		개발밀도 및 재해이력 고려			
		기후변화 고려			
방재계획 수립	사전재해 영향성 검토	자연재해대책법 제2조 제4호	자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해 유발요인을 예측·분석하고, 그 대책을 마련하는 것	국토·지역계획, 도시개발, 산업·유통단지 조성, 에너지 개발, 교통시설 건설, 하천이용·개발, 수자원·해양개발, 산지개발·골재채취, 관광단지개발·체육시설 조성, 대통령령으로 지정하는 계획·사업에 적용	
		자연재해대책법 제2조 제5호, 제16조 제1~2호	지역별로 풍수해의 예방·저감을 위해 시·도지사 및 시장·군수가 지역안전도 진단 등을 거쳐 수립한 종합계획	시장·군수는 5년마다 시·군 풍수해저감종합계획을, 시·도지사는 시·군 종합계획을 기초로 시·도 풍수해저감종합계획을 수립해야 함	
		자연재해대책법 제64조 제1항, 시행령 제55조 제1호~제12호	방재시설이란 자연재해대책법 시행령 제55조 제1호~제12호에 해당하는 시설을 말함	자연재해대책법 시행령 제55조 제1호~제12호에 해당하는 시설을 설치할 때 적용됨	
지역·지구지정	용도지구 지정·운영	국토의 계획 및 이용에관한법률 제2조 제16호, 제37조 제5호	토지이용 및 건축물의 용도·건폐율·용적률·높이 등에 대한 용도지역의 제한을 강화하거나 완화함으로써 용도지역의 기능을 증진시키고, 미관·경관·안전 등을 도모하기 위해 도시·군관리계획으로 결정하는 지역	방재지구(풍수해, 산사태, 지반붕괴, 기타 재해예방을 위한 지구)를 용도지구의 하나로 구분하여 지정해야 함	
					지구단위

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
	계획 구역의 지정·운영 등	이용에관한법률 제2조 제5호	이용에관한법률 제2조 제5호	립대상지역의 일부에 대하여 토지 이용 합리화, 기능 증진, 미관 개선, 양호한 환경 확보, 지역의 체계적·계획적 관리를 위해 수립하는 도시·군관리계획	시장·군수는 용도지구(방재지구 포함)에 대하여 지구단위계획구역을 지정할 수 있음
	자연재해 위험 지구 지정 등	자연재해대책법 제12조 제1항, 제14조의2제1항	자연재해대책법 제12조 제1항, 제14조의2제1항	상습침수지역, 산사태위험지역 등 지형적 여건 등으로 인해 재해가 발생할 우려가 있는 지역	시장·군수·구청장이 지정·고시하고, 정비사업계획을 수립·실시
	건축물의 용도 제한	건축법 제2조 제3호, 제11조 제4항 제2호	건축법 제2조 제3호, 제11조 제4항 제2호	“건축물의 용도”란 건축물의 종류를 유사한 구조, 이용 목적 및 형태별로 묶어 분류한 것을 말함	방재지구 및 자연재해위험개선지구 등 상습적으로 침수되거나 침수가 우려되는 지역에 건축하려는 건축물에 대하여 지하층 등 일부 공간을 주거용으로 사용하거나 거실을 설치하는 것이 부적합하다고 인정되는 경우에는 건축위원회의 심의를 거쳐 건축허가를 하지 않을 수 있음
	건축물의 규모 제한	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제31조 제2항 제4호, 제75조, 제84조 제6항 제2호	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제31조 제2항 제4호, 제75조, 제84조 제6항 제2호	국토교통부장관, 시·도지사, 대도시 시장은 방재지구를 다음과 같이 세분하여 지정할 수 있음 - 시가지방재지구: 건축물·인구가 밀집되어 있는 지역으로서 시설 개선 등을 통하여 재해 예방이 필요한 지구 - 자연방재지구: 토지의 이용도가 낮은 해안변, 하천변, 급경사지 주변 등의 지역으로서 건축 제한 등을 통하여 재해 예방이 필요한 지구	방재지구안에서는 풍수해·산사태·지반붕괴·지진 그 밖에 재해예방에 장애가 된다고 인정하여 도시·군계획조례가 정하는 건축물을 건축할 수 없음. 다만, 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수가 지구의 지정목적에 위배되지 아니하는 범위 안에서 도시·군계획조례가 정하는 기준에 적합하다고 인정하여 당해 지방자치단체에 설치된 도시계획위원회의 심의를 거친 경우에는 그러하지 않음 녹지지역·관리지역·농림지역·자연환경보전지역의 건축물로서 방재지구의 재해저감대책에 부합하게 재해예방시설을 설치한 건축물의 경우 해당 용도지역별 건폐율의 150% 이하의 범위에서 도시·군계획조례로 정하는 비율을 초과해서는 안됨
	건축물 내수화	건축법 제49조 제4항	건축법 제49조 제4항	해당없음	자연재해위험개선지구 중 침수위험지구에 국가·지자체·공공기관이 건축하는 건축물은 침수방지 및 방수를 위해 건축물의 1층 전체를 필로티(건축물을 사용하기 위한 경비

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
					실, 계단실, 승강기실, 그 밖에 이와 비슷한 것을 포함한다) 구조로 할 것, 국토교통부령으로 정하는 침수 방지시설을 설치할 것
	건축물 대책	단지·대지 침수방지	건축법 제40조 제1항~제4항	대지란 “공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률”에 따라 각 필지(筆地)로 나눈 토지이며, 대지는 인접한 도로면보다 낮아서는 안 됨	건축법 제2조 제2항에 의한 건축물의 대지에 적용 습한 토지, 물이 나올 우려가 많은 토지, 쓰레기, 그 밖에 이와 유사한 것으로 매립된 토지에 건축물을 건축할 경우에는 성토(盛土), 지반개량 등 필요한 조치를 해야 함 대지에는 빗물·오수의 배출·처리를 위해 필요한 하수관, 하수구, 저수탱크, 기타 이와 유사한 시설을 해야 함 손궤(무너져 내림)의 우려가 있는 토지에 대지를 조성하려면 국토교통부령에 따라 옹벽을 설치하거나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 함
		건축물의 배치	도시·군관리 계획수립지침 6-2-2-2(1)~3)	해당없음	수해·지진 등 발생가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립해야 함 (1) 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대에는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립해야 함 (2) 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가피한 경우에는 우수지를 충분히 확보하고 우수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획해야 함 (3) 수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지를 많이 확보하여 재해로 인한 인명이나 재산의 피해가 최소화되도록 토지이용계획을 수립해야 함
		건축물 침수방지	건축법 제49조 제4항	건축물의 1층 전체를 필로티 구조로 하거나 침수방지시설을 설치하는 것	자연재해위험개선지구 중 침수위험지구에 국가·지자체·공공기관이 건축하는 건축물에 적용

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
			건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제19조의2, 건축법 제35조 제2항, 건축법 시행령제23조의 2 제5항	국도교통부령으로 정하는 “침수방지시설”이란 차수판(遮水板), 역류 방지 밸브를 말함	건축물의 소유자나 관리자는 화재, 침수 등 재해나 재난으로부터 건축물의 안전을 확보하기 위하여 필요한 경우에는 해당 지자체의 건축조례에 따라 수시점검을 실시해야 함
	건축설비 보호	건축법 시행령 제87조 제1항, 도시·군기본계획수립지침 4-10-5	건축법 시행령 제87조 제1항, 도시·군기본계획수립지침 4-10-5	해당없음	건축설비는 건축물의 안전·방화, 위생, 에너지 및 정보통신의 합리적 이용에 지장이 없도록 설치하여야 하고, 배관피트 및 덕트의 단면적과 수선구의 크기를 해당 설비의 수선에 지장이 없도록 하는 등 설비의 유지·관리가 쉽게 설치해야 함 상습침수지역 등 재해가 빈발하는 지역에 대하여는 가급적 개발을 억제해야 함. 상습침수지역을 개발할 때에는 집중호우에 의한 배수유역에서 충분한 우수를 저류할 수 있는 우수지를 확보하거나 충분한 녹지를 확보하여 도시내 담수능력을 배양하도록 하는 등 재해에 대한 예방대책을 수립해야 함
	건축불허 등	국토계획법 시행령 제75조, 건축법 제11조 제4항 제2호	건축법이나 다른 법률에 불구하고 건축위원회의 심의를 거쳐 건축허가를 하지 않는 것	건축법이나 다른 법률에 불구하고 건축위원회의 심의를 거쳐 건축허가를 하지 않는 것	국토계획법상의 방재지구 안에서는 풍수해·산사태·지반붕괴·지진, 기타 재해예방에 장애가 되어 도시·군계획조례에서 정하는 건축물은 건축할 수 없음 국토계획법상의 방재지구 및 자연재해대책법에 의한 자연재해위험개선지구 등 상습침수지역이나 침수우려지역에 건축하려는 건축물에 대해 지하층 등 일부공간의 주거용 사용, 가설 설치가 부적합할 경우
	지하공간 침수 방지	자연재해대책법 제2조 제7호, 제17조 제1항	풍수해로부터 시설물의 수해내구성)을 강화하고 지하공간의 침수를 방지하기 위해 관계 중앙행정기관장 또는 국민안전처장관이 정하는 기준	풍수해로부터 시설물의 수해내구성)을 강화하고 지하공간의 침수를 방지하기 위해 관계 중앙행정기관장 또는 국민안전처장관이 정하는 기준	침수취약지구 내의 지하도로, 지하광장, 지하공동구, 지하도상가, 지하도시철도, 지하철도, 지하변전소에 적용
토지이용 대책	용도·시설 배치	도시·군관리계획수립지침 6-2-2-2 (3),	도시·군관리계획수립지침 6-2-2-2 (3),	해당없음	수해상습지역에는 가급적 운동장·공원 등 공공용지를 많이 확보하여 재해로 인한 인

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
			3-2-6-4		명이나 재산의 피해가 최소화 되도록 토지이용계획을 수립하여야 함 방재지구의 재해피해 저감을 위해 재해저감대책을 수립하는 지역은 공원녹지, 광장, 학교, 공공청사 등을 활용해야 함
	개발입지 규제	도시·군관리 계획수립지침 6-2-2-2 (1), (2)	해당없음		수해·지진 등 발생가능한 재해에 대비하여 재해에 취약한 지역과 장소를 발견하고 이에 대비하여 다음 사항을 고려한 방재계획을 수립해야 함 (1) 저지대 및 지내력이 적은 지역에는 내수범람 및 침수방지를 위한 배수 및 방수시설을 충분히 설치하고, 취약지대에는 인구가 밀집되지 않도록 토지이용계획을 수립해야 함 (2) 저지대는 가급적 자연배수가 되도록 계획하고, 불가피한 경우에는 우수지를 충분히 확보하고 우수지의 기능이 최대한 발휘되도록 계획해야 함
	토지 매입	재해위험개선사업 및 이주대책에 관한 특별법 제18조 제1~4항	사업시행자가 개선사업지구 안의 토지·건축물 또는 그 토지에 정착된 물건이나 그 토지·건축물 또는 물건에 관한 소유권 이외의 권리를 수용·사용하는 것	개선사업지구 안의 토지·건축물·토지, 정착물건 및 소유권 이외의 권리가 대상임	
	주민이주 등	재해위험개선사업 및 이주대책에 관한 특별법 제2조 5호, 제11조	이주대책계획이란 재해위험 개선사업으로 인해 생활의 근간을 상실하게 되는 주민의 이주를 위한 구체적인 계획을 말함	사업시행자는 “공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률”에 따른 이주대책계획을 수립·시행해야 함	
	자연환경의 보전·활용	도시·군기본 계획수립지침 4-4-3 (4) ③, 4-7-1 (5), 4-10-5 (1)	해당없음		상습침수지역 등 재해가 빈발하는 지역에 대하여는 가급적 개발을 억제해야 함 (1) 상습침수지역을 개발할 때에는 집중호우에 의한 배수유역에서 충분한 우수를 저류할 수 있는 우수지를 확보하거나 충분한 녹지를 확보하여 도시내 담수능력을 배양하도록 하는 등 재해에 대한 예방대책을 수립해야 함 (2) 재해가 빈발하는 도시는 (1)의 재해예방대책을 구체적으로 제시해야 함 상습수해지역 등 재해가 빈발하는 지역과 하천 하류지역의

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
					<p>수해를 유발할 가능성이 있는 상류지역은 원칙적으로 보전 용지로 지정하되, 시가화예정 용지로 설정하고자 하는 경우에는 당해 지역에 유수되는 우수의 흡수율을 높이기 위하여 녹지비율을 강화하는 등 방재 대책을 미리 수립해야 함</p> <p>단지개발시 불투수층을 최대한 감소시켜 초기강우시 비점오염 물질의 발생을 억제시키고 발생된 비점오염 물질은 하천에 유입되기 전에 이를 차단관리하는 방안을 수립해야 함</p>
시설물의 설치	우수유출저감시설 설치	저류시설 설치 등 침투시설 설치 등	자연재해대책법 제2조 제6호, 제19조~제19조의 7	우수의 직접적 유출을 억제하기 위해 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설	<p>우수유출저감시설 설치대상 개발사업인 국토·지역계획 및 도시개발, 산업·유통단지 조성, 관광지·관광단지 개발, 기타 대통령령 지정사업 등에 적용됨</p> <p>우수유출저감시설의 종류는 자연재해대책법 시행령 제16조의3 제1항에 규정되어 있음</p>
	도로침수·배수대책	도로부 배수처리	도로법 제35조 제5호, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제30조 제1항~제3항	해당없음	<p>도로관리청이 아닌 자의 도로공사 시행 허가기준에 배수시설 및 비탈면 보호시설 등을 적절하게 설치하여 도로의 유지·관리에 문제가 없도록 할 것</p> <p>도로시설의 보전, 교통안전, 유지보수 등을 위해 도로에는 측구(側溝), 집수정 및 도수로(導水路) 등 적절한 배수시설을 설치해야 함. 이 경우 배수시설에 공급되는 전기시설은 침수의 영향을 받지 않도록 설치해야 함</p> <p>배수시설의 규격은 강우의 지속시간, 강도, 지형상황에 따라 적절하게 결정되어야 함</p> <p>길어깨는 노면 배수로로 활용할 수 있으며, 길어깨에 붙여서 측구를 설치하는 경우에는 교통안전을 위하여 윗면이 열린 측구를 설치하여서는 안됨</p>
		시가지 침수방지	도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관	도로는 사용 및 형태, 규모, 기능에 따라 구분함	도로의 배수시설에는 노면의 배수에 지장을 주지 아니하는 범위 안에서 빗물이 땅속에

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
			한 규칙 제9조 제1항, 제12조 제1항 제5호, 제14조의3 제1항 제7호, 제16조 제1항 제5호, 제19조의3 제4호, 제30조 제1항 제3호		스며들게 유도하고 노면에서 유출되는 빗물을 최소화하기 위한 빗물관리시설 설치를 고려할 것 바닥은 보행에 적합한 표면을 유지할 수 있도록 평탄성, 지지력, 미끄럼저항성, 내구성, 투수성, 배수성을 갖춘 구조로 설치할 것 폭우로 인한 침수 등을 방지하기 위해 재해취약지역에는 지하도로를 설치하지 않을 것. 다만, 배수시설을 설치하는 경우에는 그러하지 않음 빗물로 차량과 보행자의 통행이 불편하지 아니하도록 배수시설을 갖춘 것  재해취약지역에서 국가·지자체가 설치·관리하는 면적 3,000㎡ 이상의 주차장에는 지형 및 배수환경 등을 검토하여 적절한 규모의 지하 저류시설을 설치하는 것을 고려할 것. 다만, 하천구역 및 공유수면에 설치하는 경우에는 그러하지 않음
	내·배수 시설설치	하천정비 및 내수배제 시설 설치	하천의 구조·시설기준에 관한 규칙 제11조  도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제116조 제2호	내수배제시설이란 제내지의 물을 하천으로 강제 배제하기 위한 시설을 말함  빗물에 의한 제내지의 내수를 하천으로 내보내기 위하여 설치하는 배수시설은 방수설비로 결정할 것	하천으로의 내수배제를 위한 펌프와 전기시설에 적용됨  도시·군 계획시설 중 방재시설(하천)에 적용됨
		배수체계 개선	사전재해영향성 검토협의실무 지침, 2016, 국민안전처	해당 없음	자연재해대책법에 의한 개발사업에 적용됨
		배수능력 제고			
		사면배수			
		유송잡물 유입 방지시설 등			
재난 관리	예·경보 및 대피	예·경보 시스템	자연재해대책법 제37조 제1항, 시행령 제30조, 제31조 제1항	비상대처계획이란 태풍·지진·해일 등 자연현상으로 인해 대규모 인명·재산피해가 우려되는 댐, 다중이용시설, 해안지역 등에 대해 시설물 또는 지역의 관리주체가 수립하는 계획	비상대처계획에 비상시 응급행동 요령, 경보체계, 비상대피계획, 이재민 수용계획, 주민대피계획, 구조활동로 등을 포함

대책 단계	주요 대책	대표적 대책수단	근거법령·지침	용어 정의	관련사업 및 관련내용
		대피로 및 대피시설 확보·운영	자연재해대책법 제21조, 시행령 제18조 제3호	재해정보지도란 재해발생 시 대피요령, 대피소, 대피경로 등의 정보를 표시한 지도	자연재해 경감 및 신속한 주민대피 등을 위해 재해지도 제작·활용
		비상대처계획 수립·시행 등	자연재해대책법 제37조 제1항~제6항	태풍·지진·해일 등 자연현상으로 인해 대규모 인명·재산의 피해가 우려되는 댐, 다중이용시설, 해안지역 등에 대해 시설물 또는 지역의 관리주체가 피해경감을 위해 수립하는 대책	내진설계 대상시설물, 해일·하천범람·호우·태풍 등으로 피해가 우려되는 시설물, 댐·저수지, 자연재해위험개천지구 중 지자체장이 인정하는 지역 등에 적용됨
	시설물 유지관리	시설물 안전법 제2조 제12호	완공시설물의 기능보전, 시설물이 이용자의 편의와 안전제고를 위해 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상부분을 원상복구하며 경과시간에 따른 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동	시설물안전법에 의한 1종 시설물 및 2종 시설물의 관리주체는 기본계획에 따라 소관 시설물에 대한 안전 및 유지관리계획을 수립·시행	
법·제도 운영	지침·기준운영	방재지침 마련·운영	자연재해대책법 제3조 제5항	시장·군수·자치구청장이 자연재해의 유형별로 지역특성을 고려하여 정한 구체적인 대처요령	관계 공무원의 업무지침, 주민교육·홍보자료 등으로 적극 활용
		지구단위 홍수 방어기준	자연재해대책법 제2조 제11호, 제18조 제1항	상습침수지역이나 재해위험도가 높은 지역에 대해 침수피해를 방지하기 위해 국민안전처장관이 정한 기준	상습침수지역, 홍수피해예상지역, 기타 수해지역의 재해경감을 위해 필요할 경우 지정
		수방기준 설정·운영 등	자연재해대책법 제2조 제7호, 제17조	풍수해로부터 시설물의 수해내구성을 강화하고 지하공간의 침수방지를 위해 관계 중앙행정기관장 또는 국민안전처장관이 정하는 기준	수방기준 제정대상의 준공검사나 사용승인 시 적용여부 확인



## 부록 3

시스템 수요조사 설문지 및 결과

### 1. 시스템 수요조사 설문지

#### 『도시침수 예방대책 지원시스템』 개발을 위한 수요조사 설문지

##### ▣ 시스템 개발 개요

###### ■ 과제 개요

- 과 제 명: 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 ('16~'18)
- 연구기관: 국토연구원 국가도시방재연구센터
- 연구목적: 도시침수 위험에 대한 상세 위험도 분석 정보 제공과 도시계획적차원의 방재대책 제시

###### ■ 시스템 개발 필요성

- 폭우위험도 공간정보 제공 및 지역여건에 부합하는 도시계획적 대책 마련 시급
- 주 업무와의 관련성이 높지 않은 지자체 도시계획 담당자에게 방재분야 기술역량을 지원

###### ■ 시스템 개발 전략

- 도시계획적 수립 시 반드시 필요한 최소수준의 예방대책 마련을 위해 위험도 평가 및 영향권 설정 결과 등의 정보를 제공
- 시·군의 도시계획 수립 시 계획적 대책수단, 시설적 대책수단, 관리적 대책수단에 대해 구체적인 대책을 쉽게 마련토록 시스템 구축 및 운영



**문6. 자연재해대책법 상 도시계획(방재계획) 수립 시 풍수해저감종합계획을 충분히 고려하도록 명시하고 있습니다. 귀하는 현재 방재계획 시 이를 충분히 반영하고 있습니까? 만약, 그렇지 않다면 이유가 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능)**

- ① 담당부처 또는 담당부서가 서로 다르고 자료 협조가 어려움
- ② 전문적인 지식이 요구되고 시간 및 노력 등 과도한 행정적 소비가 큼
- ③ 풍수해저감종합계획을 고려해 구체적인 대책을 세울 경우 타 분야 계획(용도지정 등)과 충돌 발생 가능성이 있음
- ④ 반영을 하고자 하더라도 방재계획에 관한 구체적인 지침이 없음
- ⑤ 기타 ( )

**문7. 귀하가 도시계획 수립 시 풍수해저감종합계획 등의 기초조사 결과를 반영한 구체적인 방재계획을 마련하기 위해 무엇이 필요하다고 생각하십니까? (복수응답 가능)**

- ① 도시·군기본계획 상 방재종합대책의 구체적 사항 및 절차 정립
- ② 도시·군관리계획 상 방재계획 마련을 위한 구체적 사항 및 절차 정립
- ③ 방재계획의 실효성 확보를 위해 국토계획법령 하의 법적근거 및 세부지침 강화
- ④ 기타 ( )

**문8. 귀하가 도시계획 시 방재계획을 고려하기 위해 「도시침수 예방대책 지원시스템」을 활용한다면, 시스템 상에서 얻고자 하는 정보는 무엇입니까? (복수응답 가능)**

- ① 부처별 보유하고 있는 기초자료 (강우자료, 관망도, 하천설계도면 등)
- ② 방재계획 수립을 위해 활용 가능한 침수해석 결과 (침수 재해도면 등)
- ③ 해당지역의 방재계획 대책안을 마련하기 위한 위험도 관련 정보 (대책이 필요한 지역의 위치, 영향권 설정결과, 위험정도)
- ④ 도시계획적 차원에서의 구체적인 방재계획 대책 방안
- ⑤ 기타 ( )

**문9. 시스템 상에서 기초자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.**

자료항목	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
1. 시군구 단위의 재해이력	①	②	③	④	⑤
2. 풍수해저감종합계획 보고서	①	②	③	④	⑤
3. 하천기본계획 보고서	①	②	③	④	⑤
4. 침수흔적보고서	①	②	③	④	⑤
5. 국민안전처·지자체 상황보고서	①	②	③	④	⑤
6. 기상(강우) 관측·전망자료	①	②	③	④	⑤
7. 수치지도(1:1000)	①	②	③	④	⑤
8. 우수·우수 관망도	①	②	③	④	⑤
9. 토지이용현황도	①	②	③	④	⑤

문10. 시스템 상에서 기초자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

자료항목	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
1. 침수해석 도면(침수심 정보)	①	②	③	④	⑤
2. 침수 등급화 도면	①	②	③	④	⑤
3. 영향권 설정 결과(Red · Orange · Yellow)	①	②	③	④	⑤

문11. 시스템 상에서 도시침수 위험도 관련 자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

자료항목	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
1. 침수예상지역의 토지이용 특성	①	②	③	④	⑤
2. 침수예상지역의 인구 분포	①	②	③	④	⑤
3. 침수예상지역의 건축물 분포	①	②	③	④	⑤
4. 침수예상지역의 주요 취약시설 분포	①	②	③	④	⑤

문12. 시스템 상에서 도시계획적 방재대책으로 영향권 설정 결과에 따라 권장되는 계획적, 시설적, 관리적 대책수단을 제시한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

- ① 매우 낮음      ② 낮음      ③ 보통      ④ 높음      ⑤ 매우 높음

문13. 도시침수 예방대책 지원시스템 구축방향과 관련하여 자유롭게 의견을 기술하여 주세요.

## 2. 시스템 수요조사 결과

### ■ 응답자 현황

구분	빈도(명)	비율(%)
공무원	8	36.4
전문가	10	45.5
업계종사자	4	18.2
TOTAL	22	100.0

(1) 귀하는 현재 자연재해 중 홍수로 인한 침수 관련 자료의 수집이 용이하다고 생각하십니까?

구분	빈도(명)	비율(%)
매우 어렵다	5	22.7
어렵다	8	36.4
보통이다	8	36.4
그렇다	1	4.5
매우그렇다	0	0
TOTAL	22	100.0

(2) 자료의 수집에 어려움이 있다면, 그 이유는 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능)

구분	빈도(명)	비율(%)
자료 생성과 취합 어려움	4	12.5
자료 수집 운영주체 상이함	13	40.6
정부기관 자료유통 보안 엄격	10	31.3
자료관리 시스템 사용 어려움	3	9.4
기타	2	6.3
TOTAL	32	100.0

(3) 귀하께서 풍수해저감종합계획 등에서 제공되는 자료 (재해정보, 저감대책 등)를 이용한 적이 있다면, 이 자료가 귀하의 업무 (예방대책 및 도시·군관리계획 수립 등)에 충분하다고 생각하십니까?

구분	빈도(명)	비율(%)
사용한 적 없음	4	19.0
사용하지만 충분하지 않음	15	71.4
충분함	2	9.5
TOTAL	21	100.0
결측	3	-

(4) 만약 3번문항에서 2번 (사용하지만 충분하지 않다)을 선택하셨다면, 그 이유는 무엇입니까?

구분	빈도(명)	비율(%)
토지이용, 계획시설, 규제 대책 소홀	8	57.1
재해지도, 자료생성 유통 어려움	4	28.6
기타	2	14.3
TOTAL	14	100.0
결측	8	-

(5) 만약 전문기관에서 풍수해저감종합계획 등의 자료와 연계해 도시침수와 관련된 기초자료분석 및 침수해석결과를 제공한다면 도시계획(방재계획) 수립 시 활용정도가 높다고 생각하십니까?

구분	빈도(명)	비율(%)
매우 그렇지 않다	0	0.0
그렇지 않다	1	4.5
보통이다	6	27.3
그렇다	12	54.5
매우 그렇다	3	13.6
TOTAL	22	100.0

(6) 자연재해대책법 상 도시계획(방재계획) 수립 시 풍수해저감종합계획을 충분히 고려하도록 명시하고 있습니다. 귀하는 현재 방재계획 시 이를 충분히 반영하고 있습니까? 만약, 그렇지 않다면 이유가 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능)

구분	빈도(명)	비율(%)
담당 부처, 부서 다르고 자료 협조 어려움	6	18.8
전문적 지식요구 등 과도한 행정적 소비	6	18.8
타분야계획과 충돌 발생 가능성	11	34.4
방재계획 구체적 지침 없음	6	18.8
기타	3	9.4
TOTAL	32	100.0

(7) 귀하가 도시계획 수립 시 풍수해저감종합계획 등의 기초조사 결과를 반영한 구체적인 방재계획을 마련하기 위해 무엇이 필요하다고 생각하십니까? (복수응답 가능)

구분	빈도(명)	비율(%)
도시군기본계획 상 구체적 사항 및 절차	6	16.7
도시군관리계획 상 구체적 사항 및 절차	14	38.9
국토계획법령 상 법적근거 및 세부지침 강화	13	36.1
기타	3	8.3
전체	36	100.0

(8) 귀하가 도시계획 시 방재계획을 고려하기 위해 「도시침수 예방대책 지원시스템」을 활용한다면, 시스템 상에서 얻고자 하는 정보는 무엇입니까? (복수응답 가능)

구분	빈도(명)	비율(%)
부처별 기초자료	6	13.0
침수해석 결과(재해도면 등)	12	26.1
위험도 관련 정보(영향권 등)	19	41.3
방재계획 대책 방안	8	17.4
기타	1	2.2
TOTAL	46	100.0

(9) 시스템 상에서 기초자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

구분	매우낮음		낮음		보통		높음		매우높음	
	빈도(명)	비율(%)								
시군구 단위의 재해이력	0	0	1	4.8	3	14.3	6	28.6	11	52.4
풍수해저감종합계획 보고서	0	0	0	0	6	27.3	10	45.5	6	27.3
하천기본계획 보고서	0	0	0	0	13	59.1	7	31.8	2	9.1
침수흔적보고서	0	0	0	0	2	9.1	11	50.0	9	40.9
국민안전처·지자체 상황보고서	0	0	2	11.8	4	23.5	10	58.8	1	5.9
기상(강우)관측·전망자료	0	0	1	4.5	8	36.4	9	40.9	4	18.8
수치지도(1:1,000)	1	4.5	0	0	8	36.4	4	18.2	9	40.9
오·우수관망도	0	0	0	0	5	22.7	12	54.5	5	22.7
토지이용현황도	1	4.5	0	0	2	9.1	11	50.0	8	36.4

(10) 시스템 상에서 침수해석 관련 자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

구분	매우낮음		낮음		보통		높음		매우높음	
	빈도 (명)	비율 (%)								
침수해석 도면(침수심 정보)	0	0	0	0	4	18.2	7	31.8	11	50.0
침수 등급화 도면	0	0	0	0	5	22.7	7	31.8	10	45.5
영향권 설정 결과	0	0	0	0	4	18.2	9	40.9	9	40.9

(11) 시스템 상에서 도시침수 위험도 관련 자료를 제공한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

구분	매우낮음		낮음		보통		높음		매우높음	
	빈도 (명)	비율 (%)								
침수예상지역의 토지이용 특성	0	0	0	0	3	13.6	11	50.0	8	36.4
침수예상지역의 인구 분포	0	0	0	0	6	27.3	10	45.5	6	27.3
침수예상지역의 건축물 분포	0	0	1	4.5	5	22.7	9	40.9	7	31.8
침수예상지역의 주요 취약시설 분포	0	0	0	0	3	13.6	11	50.0	8	36.4

(12) 시스템 상에서 도시계획적 방재대책으로 영향권 설정 결과에 따라 권장되는 계획적, 시설적, 관리적 대책수단을 제시한다면, 업무 수행 시 각 항목별 자료의 필요성 및 활용성 등을 판단해주세요.

구분	매우낮음		낮음		보통		높음		매우높음	
	빈도 (명)	비율 (%)								
도시계획적 대책수단	0	0	1	4.5	6	27.3	12	54.5	3	13.6

## 부록 4

### 시범적용대상지 침수이력 조사 결과

#### 1. 1차년도 시범적용대상지

##### (1) 경기도 남양주시

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
남양주시	진접읍	'11.07.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>진접읍 정광산호아파트 도로 통제</li> <li>도농지하차도 통제</li> <li>시도 107호선, 국도 1호선 병점 지하차도 침수 통제</li> </ul>
	도농동	'14.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>도농동 중촌지하차도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2시간 사이 80mm 집중 호우</li> <li>- 지하차도에 주차된 승용차 물에 잠기는 등 침수 피해(7대)</li> </ul> </li> </ul>
		'05.07.01	<ul style="list-style-type: none"> <li>도농동 굴다리, 부영아파트 입구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 3곳 침수</li> </ul> </li> </ul>
	화도읍	'13.07.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>화도읍                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택 12동, 상가 5동 침수</li> </ul> </li> </ul>
	금곡동	'13.07.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>금곡동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택 8동, 상가 5곳 침수, 차량 4대 침수 및 파손</li> </ul> </li> </ul>
		'05.08.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>금곡동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반지하주택 3곳 침수</li> <li>- 최고 239mm의 집중호우</li> </ul> </li> </ul>
	일패동	'11.07.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>일패동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 집중호우로 12가구 침수</li> <li>- 인근 지방 2급 하천인 일패천 범람으로 담장 높이까지 침수</li> </ul> </li> </ul>
	가운동	'11.07.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>가운동 619번지 일대                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비가 조금만 와도 침수되는 지역</li> <li>- 평균 500mm이상 강수량</li> </ul> </li> </ul>
	수석동	'10.08.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>수석동 4거리 도로                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4거리 도로의 우수 배출이 안돼 물이 고여 약 7시간 이상 서울에서 양평, 강원도 방향의 기존 도로가 통제</li> <li>- 평균 82mm 호우</li> </ul> </li> </ul>
		'10.08.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>수석동</li> </ul>

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수석~호평간 자동차전용도로 공사 중 상수관 이설공사를 하는 과정에서 편도 1차선 도로와 갓길에 침수</li> <li>- 64mm 집중 폭우</li> </ul>
	퇴계원면	'06.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴계원면</li> <li>- 2가구 침수</li> <li>- 222mm이상 호우</li> </ul>
		'01.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴계원면 신하촌</li> <li>- 마을 침수로 60가구 대피</li> </ul>
	양정동	'06.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양정동</li> <li>- 왕자궁 침수, 71세대 대피</li> </ul>

## (2) 경상남도 창원시

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
창원시	의창구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 창원천 범람으로 명곡로터리~ 창원 홈플러스 도로 침수</li> <li>• 팔용동 창원종합버스터미널 앞 창원대로 침수</li> <li>• 팔용동 창원대로 2곳의 지하차도 침수</li> <li>• 토월복합상가 지하, 팔용동 프라이م하우스 주차장 등 지하 침수</li> <li>• 경남경찰청 침수</li> </ul>
		'16.04.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동정동 소수 지하차도 통제(1.3m가량 침수)</li> </ul>
		'09'12'14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 팔용동 팔용공구상가 일대, 창원종합버스터미널 일대</li> <li>- 상습적 창원천 범람으로 '16 우수저류시설 설치사업 예정</li> </ul>
	성산구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내동, 성산구 법원 사거리 주요 저지대 침수</li> <li>• 중앙동 일대 우수관 역류</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외동 창원산업단지 일부 공장 및 반지하건물 침수</li> <li>- 성산구 우수저류시설 '15.12 완공</li> </ul>
	마산합포구	'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산호동 무학맨션 ~ 중앙동로 창원지방검찰청 구간 통제</li> <li>• 해안도로, 신포동 어시장 일대 상가 침수 피해</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경남대학교 인근 버스정류소 일대 침수</li> <li>• 경남대학교 뒤편 산복도로 일부 침수</li> </ul>
	마산회원구	'16.07.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양덕동 롯데마트 진출입로 주변 침수</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고속버스터미널 앞 도로 및 인근 상점 침수</li> </ul>
		'14.08.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 봉암로 침수로 3개차로 3km구간 통제</li> </ul>
		'14.08.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성동 인근상가 지하 침수</li> </ul>
		'12.09.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구암동 하이트맥주 공장 ~ 회성동 창원교도소 구간의 성남로 침수로 교통 통제</li> </ul>
	진해구	'12.07.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양덕동 수출자유지역 후문 ~ 봉암교 구간의 도로 1km구간 침수</li> </ul>
		'16.10.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용원동 의창수협 일대 상가 침수(건물의 2/3 가량 침수위 상승)</li> </ul>
		'14.08.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 집중호우로 배수로 막혀 청안동 펜션 건물 지하 침수</li> </ul>
		'12.09.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용원동 (용원시가지) 일대 인근 상가 일부 침수</li> </ul>

## 2. 2차년도 시범적용대상지

### 1) 인천광역시 부평구

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
부평구	청천동	'10.09.21	• 아파트형 공장 우림라이온스밸리 지하 침수
	갈산동	'10.09.21	• 갈산동 주택가 일대 침수 (굴포천 일대)
			• 산곡사거리~부평구청 사거리 차량운행 통제
	부평동	'11.07.27	• 부평동 주택 및 상가 침수 - 시간당 30~70mm
	삼산동	'15.08.27	• 삼산배수펌프장 부근 굴포천 범람으로 인근도로 및 주택 침수
		'12.08.20	• 삼산토끼굴 도로 차량 진입 통제 및 저지대 침수
		'11.07.27	• 토끼굴 도로 통제
'10.09.21		• 삼산농산물시장 고가 밑 도로 통제	

### 2) 경기도 광주시

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
광주시	송정동	'13.07.31	• 송정동 - 상가 및 주택 침수 - 최고 270.5mm의 집중호우
		'11.07.27	• 송정동 - 곤지암천, 경안천 범람으로 송정동 일대 침수(상가 및 주택 333여가구, 골목길 등) - 최고 강우량 530mm
	장지동	'11.07.03	• 장지동 연립주택(낙원빌라) 앞 도로 - 도로 30여m 침수
	역동	'11.07.27	• 역동 - 오수가 역류해 일부가구 침수
		'06.07.18	• 역동 두산유리 앞 - 도로 침수
	초월읍	'11.08.04	• 초월읍 지월리 - 광주하수처리장 및 삼육제활센터 폭우로 침수
		'11.07.27	• 초월읍 - 곤지암천 범람으로 도로 및 주택 일부 침수
		'06.07.18	• 초월읍 도평리 - 도평리 진입도로와 남초폴장 앞 제방도로 침수
	곤지암읍	'13.07.22	• 곤지암읍 곤지암리 - 일대 상가 침수, 일부 저지대 침수 - 시간당 30mm
		'11.07.30	• 곤지암읍 - 아파트단지 침수
	도척면	'13.07.22	• 도척면 - 도로 침수

### 3) 경기도 포천시

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
포천시	어룡동	'13.07.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>어룡동</li> <li>- 개성인산농협 주변 도로 침수</li> </ul>
	동교동	'09.07.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>동교동</li> <li>- 일부 하천 제방 145m 유실</li> </ul>
	영중면	'13.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>영중면 성동삼거리</li> <li>- 성동삼거리 의정부방면 국도 43번 1km 침수</li> </ul>
	영북면	'13.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>영북면</li> <li>- 한탄강 수위가 올라 주변 건물물 침수</li> <li>- 시간당 30mm 국지성 폭우</li> </ul>

### 4) 강원도 평창군

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
평창군	평창읍	'06.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>평창읍 대하리</li> <li>- 평창강 범람으로 인근 지방도 82호선 도로 침수</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>평창읍 후평리 일대</li> <li>- 평창강 범람으로 인한 후평리 일대 침수</li> </ul>
	미탄면	'13.07.16	<ul style="list-style-type: none"> <li>미탄면 마하리</li> <li>- 동강 문희마을 진입도로 침수</li> </ul>
		'09.07.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상습 침수지역으로, 2012년 도로확충사업과 재해위험해소사업 실시</li> </ul>
	봉평면	'13.07.14	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉평면 원길리</li> <li>- 원길1교 다리 침하 위험</li> </ul>
		'07.08.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉평면 흥정리</li> <li>- 흥정계곡 허브나라 입구 도로와 주차장 침수</li> </ul>
	용평면	'09.07.13	<ul style="list-style-type: none"> <li>용평면 장평리</li> <li>- 국도 31호선 인근 주택 및 저지대에 위치한 주택 4채 침수</li> </ul>
	대관령면	'15.08.26	<ul style="list-style-type: none"> <li>대관령면 횡계리</li> <li>- 주택 지하실 침수</li> </ul>

### 5) 강원도 화천군

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
화천군	평창읍	'13.07.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>간동면 옹호리</li> <li>- 소하천 석축 붕괴</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>간동면 방천리</li> <li>- 집중호우로 파로호 댐터터 진입로 침수</li> </ul>
	미탄면	'11.07.28	<ul style="list-style-type: none"> <li>하남면</li> <li>- 논미리장례식장 앞 국도 5호선 유실</li> </ul>

## 6) 강원도 인제군

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
인 제 군	인제읍	'09.07.14	<ul style="list-style-type: none"> <li>인제읍                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 을지검문소 인근 도로 침수</li> </ul> </li> </ul>
	남면	'11.07.28	<ul style="list-style-type: none"> <li>남면                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 46번 국도 폭우로 유실</li> </ul> </li> </ul>
	서화면	'13.07.14	<ul style="list-style-type: none"> <li>서화면 천도리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택 1채 침수</li> </ul> </li> </ul>
	기린면	'13.07.14	<ul style="list-style-type: none"> <li>기린면 현리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선인병원 지하실 침수 (시가지 상습 침수지역)</li> </ul> </li> <li>기린면                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 31번 국도 침수</li> </ul> </li> </ul>

## 7) 충청북도 제천시

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
제 천 시	영천동	'12.07.08	<ul style="list-style-type: none"> <li>영천동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 굴다리 및 인근 도로 침수</li> </ul> </li> </ul>
		'10.09.22	<ul style="list-style-type: none"> <li>영천동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지하차도 침수</li> </ul> </li> </ul>
	천남동	'11.08.17	<ul style="list-style-type: none"> <li>천남동                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 침수</li> </ul> </li> </ul>
	봉양읍	'11.07.03	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉양읍 학산리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하천 범람으로 인근 국도 5호선 50여m 침수</li> </ul> </li> </ul>
		'10.09.22	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉양읍                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안경다리 침수</li> </ul> </li> </ul>
		'09.07.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>봉양읍 원박리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 박달재터널 입구 통로 침수</li> </ul> </li> </ul>
	수산면	'12.09.23	<ul style="list-style-type: none"> <li>수산면 원대리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4대강 옥순봉 지구 생태공원 시설물 침수</li> </ul> </li> </ul>
	송학면	'10.09.22	<ul style="list-style-type: none"> <li>송학면                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 송학초등학교 앞 주택 4채 침수</li> <li>- 포전리 농협주유소 앞 82번 지방도의 옹벽 및 도로 유실</li> </ul> </li> </ul>

## 8) 충청남도 청양군

행정구역 구분		일시	내용
시군구	읍면동		
청 양 군	운곡면	'12.08.17	<ul style="list-style-type: none"> <li>운곡면 후덕리 주택 침수                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 200mm넘는 집중호우</li> </ul> </li> </ul>
	대치면	'12.08.17	<ul style="list-style-type: none"> <li>대치면 농소리 양계장 침수로 닭 25,000마리 폐사</li> </ul>
	청양읍	'12~'14	<ul style="list-style-type: none"> <li>청양시외버스터미널 상습 침수 (대합실 침수)</li> </ul>
	비봉면	'08.07.20	<ul style="list-style-type: none"> <li>비봉면 일대 침수로 경작지 피해</li> </ul>



## 부록 5

### 1차년도 자료 수집 · 생산 결과 및 추후계획

- 도시침수 예방대책 지원시스템을 구축하기 위해, 각 기능별 방대한 자료가 생산 · 수집되어야 하며, 유관기관 협조 등을 통해 1차년도 수집결과 및 2차년도 이후 생산 · 수집계획은 아래와 같이 요약될 수 있음

**부록표 5-1** 시스템 소개를 위한 자료 수집 · 생산 결과 및 추후계획

자료원	자료 목록	자료양식	공간적범위	수집 · 생산일정	자료공개 여부
자체 생산	개발배경 및 목적 설명	텍스트	-	1차년도	공개
	시스템 기능 설명	텍스트	-	1차년도	공개
	DB 설명 및 출처	텍스트 (표)	-	3차년도	공개
	시스템 사용 매뉴얼	문서	-	3차년도	공개

**부록표 5-2** 시스템의 기능①(도시침수 기초자료 제공)을 위한 자료 수집 · 생산 결과 및 추후계획

자료원	자료목록	자료양식	공간적 범위	수집 · 생산일정	자료공개 여부
자체 가공 · 생산	시 · 군 · 구 도시침수 피해액	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	공개
	시 · 군 · 구 도시침수 피해빈도	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	공개
	방재지구 위치도	DB 및 공간정보	전국	2차년도	공개
	보호대상시설 위치도	공간정보	전국	1~3차년도	공개
자체 생산	중점관리대상지 위치도	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	공개
	하천변 저지대 위치도	DB 및 공간정보	전국	2~3차년도	공개
국민안전처	재해연보	문서 (보고서, '08~'15)	전국	1~3차년도	비공개
	위험개선지구 위치도	DB 및 공간정보	전국	2차년도	공개
국토지리정보원	고해상도 항공사진	공간정보	전국	2차년도	공개
	토지이용계획도	공간정보	전국	2차년도	공개
국도교통부 세움터	건물통합자료	공간정보	전국	2차년도	공개
	도로망도	공간정보	전국	2차년도	공개
국토지리정보원	인구지도	공간정보	전국	1~3차년도	공개

부록표 5-3

시스템의 기능②(중점관리대상지 도시침수 발생특성 해석 자료 제공)를 위한 자료 수집·생산 결과 및 추후계획

자료원	자료목록	자료양식	공간적 범위	수집·생산일정	자료공개 여부
자체 생산	중점관리대상지 위치도	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	강우 시나리오 자료	DB, 그래프, 공간정보	전국	1~2차년도	제한 공개
	도시침수 재해지도	공간정보	대상지	1~3차년도	제한 공개
	흐름방향도	공간정보	대상지	1~3차년도	비공개
	흐름누적유량도	공간정보	대상지	1~3차년도	비공개
	하천차수도	공간정보	대상지	1~3차년도	비공개
	하천(소)유역도	공간정보	대상지	1~3차년도	비공개
국가공간정보 포털	수치지도 (1:5,000)	공간정보	대상지	1차년도	비공개
국토교통부 WAMIS	토지피복도	공간정보	대상지	1~3차년도	비공개
	하천망도	공간정보	전국	1차년도	비공개
기초자치단체	하수관망도	CAD	대상지	1~3차년도	비공개
	시·군 풍수해저감대책종합 보고서	문서 (보고서)	대상지	1~3차년도	비공개
	(소)하천정비 기본계획 보고서	문서 (보고서)	대상지	1~3차년도	비공개
국토지리정보원	고해상도 항공사진	공간정보	전국	2차년도	제한 공개

부록표 5-4

시스템의 기능③(중점관리대상지 도시침수 영향권 설정 및 위험원인 조사 결과 제공)을 위한 자료 수집·생산 결과 및 추후계획

자료원	자료목록	자료양식	공간적 범위	수집·생산일정	자료공개 여부
자체 생산	중점관리대상지 위치도	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	영향권 도면	DB 및 공간정보	대상지	1~3차년도	제한 공개
	인구 노출특성 도면	공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	토지이용 노출특성 도면	공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	건축물 노출특성 도면	공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	보호대상시설 노출특성 도면	공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	고위험구역도(risk hotspot)	공간정보	전국	2~3차년도	제한 공개
자체 가공·생산	보호대상시설 위치도	공간정보	전국	1차년도	비공개
국토교통부 세움터	토지이용계획도	공간정보	전국	2차년도	비공개
	건물통합자료	공간정보	전국	2차년도	비공개
국토지리정보원	인구지도	공간정보	전국	1차년도	비공개
	고해상도 항공사진	공간정보	전국	2차년도	제한 공개

**부록표 5-5** 시스템의 기능④(중점관리대상지 대책수단 의사결정 참고자료 제공)을 위한 자료 수집 · 생산 결과 및 추후계획

자료원	자료목록	자료양식	공간적 범위	수집 · 생산일정	자료공개 여부
자체 생산	중점관리대상지 위치도	DB 및 공간정보	전국	1~3차년도	제한 공개
	영향권 도면	DB 및 공간정보	대상지	1~3차년도	제한 공개
	도시침수 대책수단 리스트	DB	-	1~2차년도	제한 공개
국토지리정보원	고해상도 항공사진	공간정보	전국	2차년도	제한 공개

**부록표 5-6** 시스템의 기능⑤(공식문건 발간 및 기술정보 공유)을 위한 자료 수집 · 생산 결과 및 추후계획

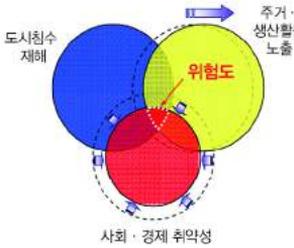
자료원	자료목록	자료양식	공간적 범위	수집 · 생산일정	자료공개 여부
자체 생산	시 · 군 · 구 도시침수 위험도 프로파일	DB, 그래프	전국	3차년도	공개
	시 · 군 · 구 도시침수 통계정보	DB, 그래프	전국	3차년도	공개
	도시침수 해석 및 영향권 분석 종합 기술서	문서	-	1~3차년도	공개



# 도시침수 예방대책 지원시스템

KRIHS DISASTER RISK PREVENTION AID SYSTEM FOR URBAN FLOODING

## 01 과제개요



- 도시침수 예방의 개념 -

■ 과 제 명: 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 정부재난안전 정책지원 시스템 구현 ( '16~'18)

■ 연구기관: 국토연구원 국가도시방재연구센터

- 위탁기관: 경상대학교 토목공학과, (주)이에이트

■ 연구목적: 도시침수 위험에 대한 상세 공간정보와 도시계획차원의 방재대책 수립 자문 제공을 위한 정책지원 시스템 개발

- 전국 및 관할지역의 도시침수 위험인지 수준 제고
- 중점관리대상지역에 대한 도시침수 위험도 분석 결과 공개
- 중점관리대상지역에 대한 도시침수 위험도 감소를 위한 도시계획 대책수립 자문의견 제공

■ 연구수행단계

연도	1차년도 ( '16)	2차년도 ( '17)	3차년도 ( '18)
단계	개념정립 및 방법론 검증	시스템 구축 및 확대	시스템 활용 및 제도화

\* 2차년도 중 국토교통부 도시정책과의 협의를 추진한 뒤, 3차년도에는 도시관리계획을 위해 재해취약성 분석을 수행하는 지자체를 대상으로 시스템의 기술지원 가능성을 실무적으로 검토해 추가 보완할 예정

## 02 시스템 개발 전략

■ 시스템 개발 필요성

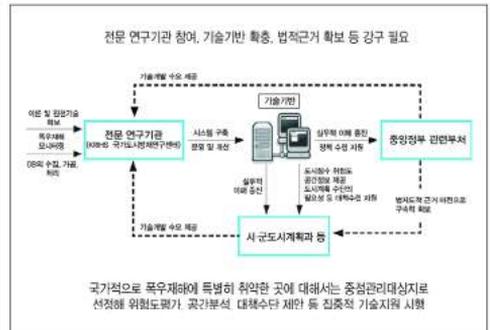
○ 폭우재해 위험의 심층적 공간분석을 위한 기술기반 도입 필요

- 위험도 평가를 통해 신뢰성 높은 공간정보 제공 및 지역여건에 부합하는 대책 마련 시급
- 지자체 도시계획 담당자에게 주 업무와의 관련성이 높지 않은 방재분야 기술역량을 과도하게 요구하기 현실적 어려움 큼

■ 시스템 개발 전략

- 시군 담당자 부담을 줄여주면서, 도시계획 수립 시 반드시 필요한 최소수준의 예방대책에 대해서는 구축력을 제공하는 전략 모색
- 국가도시방재연구센터의 역량을 토대로, 정부부처와 지자체가 도시침수 예방대책, 특히, 도시계획적 수단을 쉽게 마련토록 시스템 구축 및 운영

\* "도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발 (KAMA, '11.12~'15.06)" 등 노후우 적극 활용



- 시스템 개발 전략(안) -

## 03 시스템 수요·기능 정의

■ 시스템 구축·운영의 수요 파악

- 업무협의회( '16년 6월), 자문회의( '16년 9월), 설문조사( '16년 9월)를 토대로 수요 파악

■ 시스템의 기능 정의

- UNEP/GRID-Geneva의 지구위험도 자료플랫폼, 벨기에 재난역학연구센터의 EM-DAT, 미 연방재난관리청 홍수지도 서비스 센터, 일본 국토교통성의 재해지도 포털 등 해외시스템 운영 사례를 토대로 다음과 같이 5가지 기능으로 정의

구분	시스템 구축·운영의 수요
목적성	· 재해예방형 도시계획의 실효성 제고
기술성	· 도시침수 위험지역의 객관적인 근거 제공 · 종합 대책이 필요한 공간범위의 설정 · 위험원인 및 대책수단 의사결정 근거 제공 · 자료수집, 방법론 등 기술역량 지원
관리 정책성	· 선택과 집중에 의한 효율적인 전략 제시 · 정책적 필요 제공해 예산 계획 관심 확보

구분	시스템의 기능 정의
기능 1	전국 행정구역별 도시침수 기초자료 일괄 관리
기능 2	중점관리대상지의 도시침수 발생특성 해석결과 공개
기능 3	도시침수 영향권 설정 및 위험원인 분석결과 공개
기능 4	도시계획적 대책수단의 의사결정 참고자료 제공
기능 5	공식문서 발간 및 기술정보 공유

- 시스템 수요 및 기능 정의 -

# 04 중점관리대상지 기술지원

## 1 중점관리대상지 공간범위 선정

### ■ (STEP 1) 피해액, 피해빈도 기준을 적용하여 대책마련이 시급한 지자체 1차 선별

- 피해액: 호우로 인해 도시지역 1㎢ 면적당 연평균 피해액이 65,1백만원을 초과하는 지자체 (단, 호우로 인해 도시지역 1㎢ 면적당 연평균 피해빈도가 0.12회/㎢/년 이하는 제외)
- 피해빈도: 호우로 인해 도시지역 1㎢ 면적당 연평균 피해빈도가 0.12회를 초과하는 지자체 (단, 호우로 인해 도시지역 1㎢ 면적당 연평균 피해액이 14,0백만원 이하는 제외)

\* 전국적으로 최대 51개 지역 선별 가능

### ■ (STEP 2) 재난통계, 상황보고서, 언론정보 등을 통한 도시침수 기록 조사

K종	2013.07.05	- 주택 6동, 상가 5곳 침수, 차량 4대 침수 및 파손
	2005.08.11	- 반지하주택 3곳 침수, 최고 239mm 집중호우
I종	2011.07.27	- 집중호우로 12가구 침수 - 일파전 범람으로 담장 높이까지 침수
	2006.07.16	- 왕자궁 침수, 71세대 대피



### ■ (STEP 3) 현장조사를 통한 도시침수 피해발생 가능지역 위치 확정



### ■ (STEP 4) 중점관리대상지 범위 설정

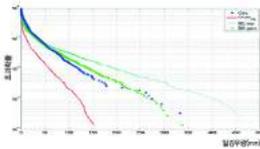
- 도시침수 피해발생 가능지역 포괄
- 해당 침수유역의 수문학적 영역 고려

중점관리대상지 범위 설정

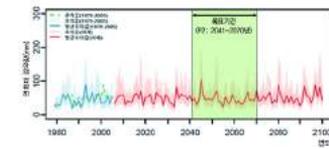
## 2 기후변화의 폭우 영향평가

### ■ 원자료: 과거 관측치 및 19개 GCM 자료

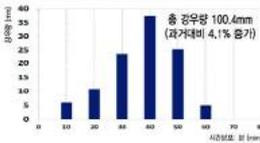
#### (STEP 1) 편익량 제거



#### (STEP 2) 비모수 통계적 시간재구성 기법



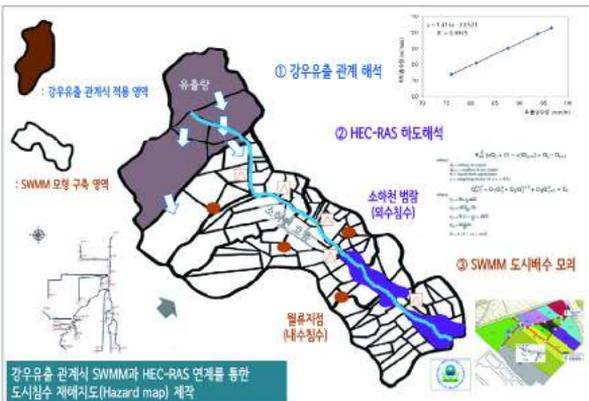
#### (STEP 4) 강우 시간분포 자료생성



#### (STEP 3) 1시간 지속시간에서 장래 강우강도 변화 전망

항목	과거	재현기간 30년	재현기간 100년
		강우강도(mm)	90.8
변화율(%)	12.1	12.3	

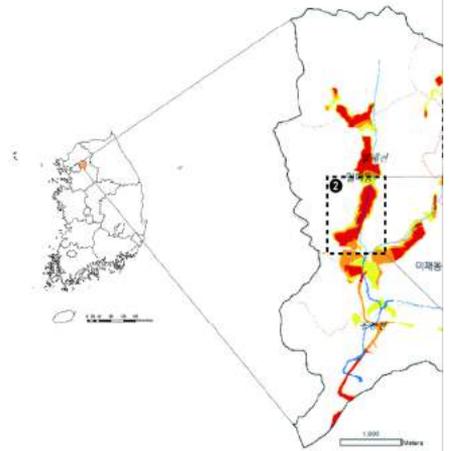
## 3 침수해석 및 재해도면 작성



## 4 영향권 설정



## 5 위험원인 조사 (노출특성 평가)

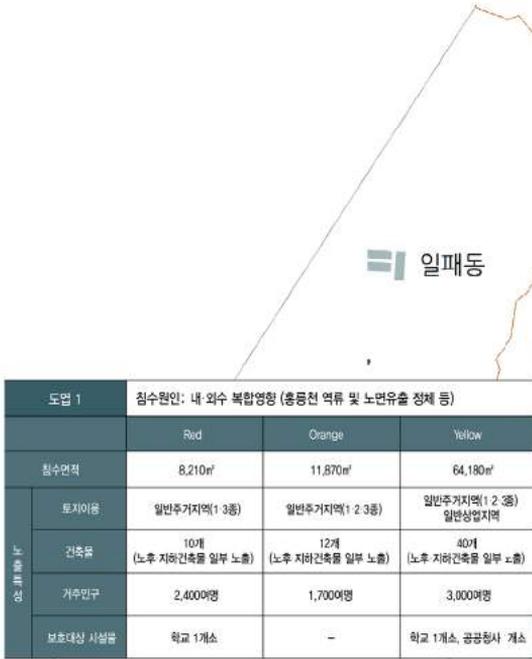


### ■ 100년 재현기간

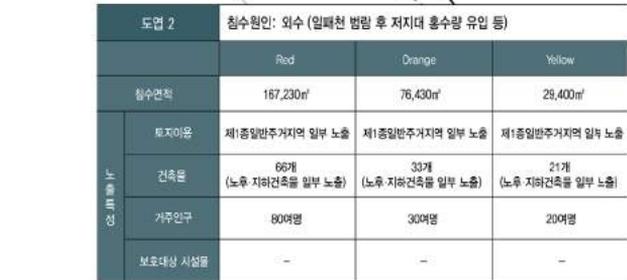
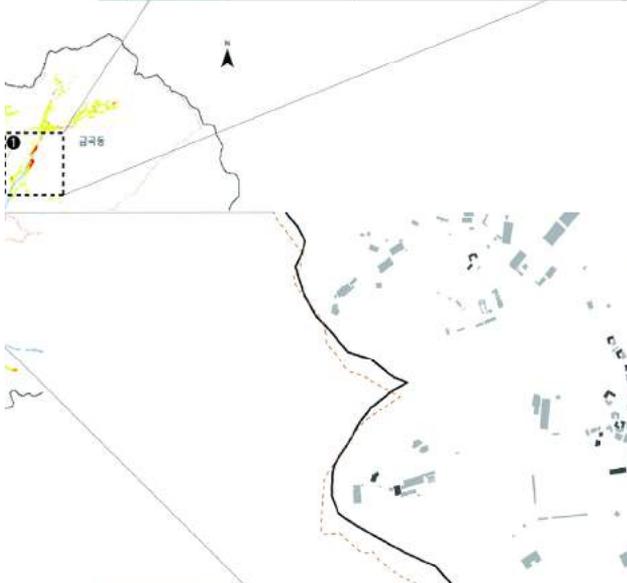


방안이  
선 시

1도  
성)  
에서



- 제1종일반주거지역
- 일반건축물
- 고등학교
- 제1종일반주거지역
- 노후건축물
- 중학교
- 제2종일반주거지역
- 지하건축물
- 초등학교
- 제2종일반주거지역
- 노후·지하건축물
- 공공청사
- 준주거지역
- 일반상업지역
- 수도공급시설
- 수질오염방지시설
- 폐기물처리시설



## 05

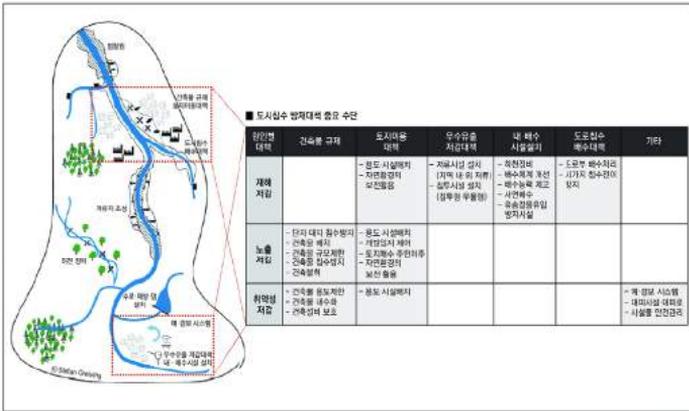
### 영향권 내 적용가능한 도시계획적 대책수단

#### 도시침수 방재대책의 구성

구분	대표적 대책수단	
분석적 대책수단	임자유형 분석	임자유형의 구분 및 침수위험도 분석, 침수방어 여건 및 저감시설과의 연계성 분석 등
	재해위험도 분석 평가	재해유형 구분 및 위험성 정도, 재해위험성 평가, 침수위험성 평가, 상습수해지역 파악 등
계획적 대책수단	기본원칙 적용	인구, 시설의 집중 방지, 저지대 개발 제한, 개발밀도 제하이력 고려, 기후변화 고려 등
	방재계획 수립	사전재해영양성 검토, 침수해지권 종합계획 수립 시행, 방재시설의 설치지역 시설의 종류 효과분석
	지역 지구 시장	중도지구 시장 운영, 지구단위계획구역 시장 운영, 재해위험지구 시장 등
	건축물 대책	단지 내지 숲과 건축물 배치, 용도 구분 규제, 내수화, 침수방지대책, 설비보호, 건축물허가 등
시설적 대책수단	토지이용 대책	용도 시설 배치, 인자규제, 토기배수 이주, 자연환경 보전 활용 등
	우수유출저장 시설설치	지역내 외 저류시설 설치, 침투시설 설치 등
관리적 대책수단	내 배수시설 설치	하천정비, 배수체계 개선, 배수능력 제고 등
	예경보 및 대피	예 경보 시스템, 대피로 및 대피시설 확보 운영, 비상대처계획 수립 시행 등
제도적 대책수단	시설물 유지관리	시설 점검 정비 보수 보강 실시, 유지관리계획 수립 등
	지침 기준운영	방재지침 마련 운영, 방재시설물 최소설치기준 마련, 지구단위 침수방어기준, 수방기준 설정 운영 등
제도적 대책수단	관련제도 운영	지역별 방재선정능력로 강우량 운영, 홍수보험 등

#### 도시침수 원인별 대책수단 제안

- 위험 기준원인에 맞춰 계획적 대책수단, 시설적 대책수단, 관리적 대책수단을 체계화



#### 도시계획적 대책수단의 내용적 반영

- 방재지구 지정, 방재계획 시 도시계획적 대책수단을 적절히 반영할 수 있도록 함

공간 단위	도시계획 상의 도시방재 정책		
	국토기본법	국토의 계획 및 이용에 관한 법률	도시방재 세부사항
국토	국토종합계획		수해, 홍해 그 밖의 방재에 관한 사항
지역	도동종합계획	광역도시계획	방재계획 및 대책
도시	시 종합계획	도시 기본계획	방재계획 및 대책
		도시 공간계획	방재지구
지구		중도지역 지구 구역계획	방재지구
		경관 및 안전계획	방재지구
지구	지구단위계획		방재시설

사회적 수용성, 경제성, 행정부담 등 고려

## 06 시스템의 활용 및 효과

#### 도시침수 관련 영향평가를 위한 지자체 기술 및 재원 부담 최소화

- 공식적인 자료 수집이 용이하고 범용성이 보장된 기술 적극 활용 및 연계  
- 기후변화 폭우시나리오 산정의 실용화, 침수해지기법의 간소화, 위험도 평가기법의 표준화를 통해 신뢰성 높은 결과를 효과적으로 제공

#### 국가적으로 취약한 지역에 대해서는 주민의 안전과 재산피해를 확실히 보호할 수 있도록 중앙-지방-연구기관간 역할 분담 체계 마련

- 2018년까지 18개 중점관리대상지에 대한 상세공간정보 및 도시계획적 대책 제공 예정

#### 중점관리대상지에 대한 주기적 평가 및 업데이트, 공식보고서 발간 등 활동 병행

#### 2018년 이후, 주기적으로 중점관리대상지 재선정 및 확대 추진하고 광역 또는 기초 자치단체 요청 시 추가적인 기술지원사업을 수행할 수 있는 창구 마련

\* 위의 사항들을 위해 시스템 운영 및 유지보수에 대한 근거 확보할 수 있도록 국토교통부 도시정책과 등과 협의 진행

기본 16-27

## 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 (I)

지 은 이 이상은, 김창현, 박태선, 김미은, 김슬예, 이태삼, 김진현

발 행 인 김동주

발 행 처 국토연구원

출판등록 제25100-1994-2

인 쇄 2016년 12월 27일

발 행 2016년 12월 31일

주 소 경기도 안양시 동안구 시민대로 254

전 화 031-380-0114

팩 스 031-380-0470

가 격 8,000원

---

ISBN 979-11-5898-179-2

한국연구재단 연구분야 분류코드 D141212

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2016, 국토연구원

---

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체와 한국출판인회의에서 제공한 Kopub돋움체가 적용되어 있습니다.

# 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현 (I)



- 제1장 연구의 개요 및 목적
- 제2장 국내·외 도시침수 위험도 관리 정책 동향
- 제3장 도시침수 예방대책 지원시스템 구축 방안
- 제4장 도시침수 해석 및 재해지도 개발을 위한 프로토타입
- 제5장 도시계획적 대책 수립 지원 방법
- 제6장 정책제안 및 결론



14067 경기도 안양시 동안구 시민대로 254  
전화, 031.380.0114 팩스, 031.380.0470



값 8,000원

9 3 3 0 0

ISBN 979-11-5898-179-2