

# 치수·방재를 위한 국가 대응전략 및 추진과제



**윤 세 의 ▶▶▶**  
경기대학교 토목환경공학부 교수  
syyoon@kyonggi.ac.kr



**김 철 ▶▶▶**  
호남대학교 토목환경공학과 교수  
kuchul@honam.ac.kr



**박 상 우 ▶▶▶**  
서남대학교 토목공학과 교수  
hydropsw@hanmail.net



**임 항 수 ▶▶▶**  
경기대학교 토목환경공학부 교수  
csrim@kyonggi.ac.kr

수는 이제 우리의 삶을 위협하는 무서운 재난이 되고 있어 국가적으로 치수방재 능력의 강화를 위한 효율적 대응전략의 수립이 한층 더 강조되고 있다.

그 동안 우리나라는 수자원종합개발 10개년 계획, 수자원장기종합계획, 유역종합치수계획, 하천기본계획 등을 수립하고 하천정비사업의 시행과 다목적 댐을 세우는 등 치수방재를 위해 부단히 노력해 왔다. 그럼에도 불구하고 홍수피해가 증가하는 주된 원인으로는 사회·환경의 급속한 발전과 변화라는 우리의 내적 요인과 기후변화라는 외적 요인을 들 수 있다. 인구와 자산의 증가, 생활활동의 거대화 등의 사회발전과 이로 인한 인공적인 지형변화, 각종 시설물 및 구조물의 축조, 도시화된 토지이용 등의 환경변화는 홍수에 대한 우리사회의 취약성을 증대시켜 치수방재를 위한 우리의 노력보다 한발 앞서나갔으며, 최근 기후변화로 인한 시공간적 강우특성의 변화는 홍수피해를 더욱 가중시키고 있다.

세계적으로 치수방재에 대한 패러다임이 변하고 있다. 우리도 이제 홍수재해를 불가피한 자연현상으로 인식하고 발생피해에 대하여 복구위주로 일괄하던 소극적인 자세에서 탈피하여 치수방재를 위해 보다 능동적이고 체계적으로 대처할 수 있는 국가적 대응전략의 재수립이 필요하다. 기후변화에 대비하고 사회·환경변화에 대응할 수 있는 효율적이고 다양한 치수계획과 치수대책의 수립이 필요하다. 구조물에 의한 홍수조절과 비구조적 홍수관리가 필요하고, 무엇보다 이들 계획과 대책들 간의 조화로운 연계와 유역차원의 통합홍수관리가 중요하다. 즉, 미래지향적

## 1. 머리말

홍수는 과거부터 지금까지 모든 시대에 걸쳐 끊임 없이 발생하여 왔으나 최근 들어 발생하는 홍수재해 규모는 과거와 비교할 수 없을 정도로 대형화되고 홍수발생빈도 또한 급격히 증가하고 있다. 이로 인해 홍

이고 선제적인 홍수방어를 위해서는 구조적인 대책과 함께 비구조적 대책의 접근으로 적절한 완화(Mitigation), 적응(Adaptation), 위험관리(Risk Management)에 의한 국가 치수방재전략이 요구된다. 이를 위해 본고에서는 우리의 치수관리 현황과 여건변화 등을 살펴보고, 이에 대한 추진과제들을 정리하여 보았다.

## 2. 현황 및 여건변화

### 2.1 치수관리 현황

1960년대 이후 현재까지 국내의 치수사업은 구조적 대책과 비구조적 대책의 치수계획 수립에 의해 꾸준히 수행되어 왔다.

대표적인 구조적 대책으로는 하천정비사업과 댐 건설에 의한 홍수조절용량의 확보를 들 수 있다. 하천정비사업은 1961년 하천법이 제정되면서 본격적으로 이루어지게 되었으며, 그 후 지속적인 사업추진으로 2009년도 말 기준 전국의 하천개수율은 79.9%에 달한다. 이 중 국가하천의 경우는 95.1%, 지방하천의 경우는 78.2%의 성과를 보이고 있다. 또한 1962년부터 시작된 경제개발5개년계획과 병행하여 홍수조절을 위한 다목적 댐의 건설이 추진되었다. 1965년 우리나라 최초의 다목적 댐인 섬진강댐이 건설된 이후 남강댐, 소양강댐 등 많은 다목적 댐의 건설을 통해 홍수조절용량을 증대시켜 왔으며, 2010년 기준으로 운영 및 건설 중인 댐의 홍수조절용량은 55.8억 $m^3$  규모에 달한다. 이러한 다목적 댐 건설에 의한 홍수조절능력의 확보는 그 동안 우리나라의 홍수방어에 지대한 역할을 하여 왔으며, 이와 유사한 홍수조절능력의 확보는 최근의 4대강 사업에서도 기대되어 진다고 하겠다. 4대강 사업에서는 하천 퇴적토 준설을 통해 5.7억  $m^3$ , 홍수조절지와 강변저류지 설치로 0.5억 $m^3$ , 댐 건설과 농업용 저수지 증고로 3.0억 $m^3$  등 총 9.2억 $m^3$  규모의 홍수조절능력 증대가 예상된다. 그 밖의 구조적

대책으로는 도심지와 농경지의 내수배제시설 설치를 들 수 있다. 현재 우리나라에서는 제주도를 제외한 전국에 5,600여 개의 배수펌프장 등 내수배제시설을 설치하여 홍수방어를 위해 노력하고 있다.

비구조적 대책으로는 홍수예경보시스템과 강우 레이다 운영을 들 수 있다. 1974년 한강 유역의 홍수예보를 시작으로 현재 한강, 낙동강, 금강, 영산강(섬진강) 수계의 4개 홍수통제소에서는 5대 국가하천의 총 37개 지점과 안성천 등 7개 주요하천에 대해 홍수예경보시스템을 운영 중에 있다. 또한 2001년부터 국지홍수예보를 위해 임진강, 비슬산, 소백산 레이다를 운영하고 있으며, 2015년까지 전국에 10개소를 증설할 예정이다. 이와 같은 비구조적 대책을 통해 조기 홍수예경보를 발령함으로써 홍수에 대한 예방 및 대처를 하고 있으며, 이로 인해 인명과 재산 피해의 저감을 가져왔다고 할 수 있다.

### 2.2 치수관리 여건변화

서두에 언급했듯이 치수관리의 여건변화로는 먼저 기후변화에 따른 강우강도의 증가로 계획빈도를 초과하는 홍수의 빈발과 국토의 이용 증대에 따른 피해 잠재성의 증가를 들 수 있다. 기상청 산하 60개 관측소를 대상으로 한 최근 10년간(1999년~2008년) 일강수량 100mm 이상의 집중호우 발생빈도는 70~80년대에 비해 1.7배 증가한 것으로 나타나고 있으며, 이와 같은 강우특성의 변화는 치수시설물의 설계기준을 초과하는 홍수의 발생빈도 증가로 이어진다. 또한 국토면적이 좁은 우리나라에서는 홍수피해를 막을 수 있는 하천 상류의 댐 건설 적지가 줄어들고 있는 가운데 도시화와 산업화로 인한 하천변 저지대의 이용이 급속히 증대되고 있다. 따라서 하천변 저지대에 대한 치수대책의 대부분은 제방에 의존하게 되며, 하천변 저지대에 제방이 축조되면 이 지역에 인구와 자산의 집중이 가속화된다. 그러나 제방은 계획규모를 대상으로 축조되며 계획규모 이상의 홍수에 대해서는 피해가 발생할 수밖에 없게 된다. 이와 같이 기후변화와

더불어 우리나라의 토지이용현황은 치수관리 여건을 더욱 어렵게 하고 있다.

한편, 홍수조절과 물 확보 등을 위해 시행된 4대강 사업은 크게 하도준설과 하천횡단구조물 설치라는 두 가지의 하천환경 변화를 가져왔다고 할 수 있다. 이러한 하천환경 변화는 치수측면에서 지금까지와 다른 하천관리를 필요로 한다. 하도준설에 의한 통수단면과 종단경사의 변화는 본류 및 지류의 홍수위 변화는 물론 토사 침식과 퇴적에 의한 하도 안정화에 많은 영향을 초래한다. 또한 연속적인 보의 건설로 인하여 우리의 하천은 자연하천의 특성과 함께 인공하천의 특성을 동시에 지니게 된다. 이와 같은 이중적 특성은 하천관리에 있어 긍정적인 면과 부정적인 면을 동시에 제공할 것이다. 즉, 보를 어떻게 운영하는가에 따라 자연하천에서 기대할 수 없었던 긍정적인 하천운영관리가 가능해지는 반면에 잘 못 운영하면 예상치 못한 재해를 불러올 수도 있어 이에 대한 보다 철저한 수리·수문학적인 대비가 요구된다고 하겠다.



그림 1. 치수관리 SWOT 분석

### 3. 추진과제

현재와 미래의 우리나라 치수여건을 고려하여 ‘치수방재를 위한 국가 대응전략’을 수립하기 위해 그림 1과 같이 SWOT 분석을 하였으며, 이로부터 그림 2와 같이 ‘홍수에 안전한 국토기반 구축’을 비전으로 하고 ‘미래지향적 선제적 홍수 대응능력 강화’를 전략목표로 하여 목표달성을 위한 추진과제를 도출하였다. 대과제로는 첨단 기술기반 치수관리 기술고도화, 극한홍수 대응능력 제고, 유역단위 치수관리 강화로 설정하였으며, 이의 추진을 위한 세부과제들을 제시하면 다음과 같다.

#### 3.1 첨단 기술기반 치수관리 기술고도화

##### ○ 첨단 지능형 하천조사 기술

###### - 현황 및 필요성

- 하천 중심의 물 관리, 조사, 하상 모니터링 등 하천유지관리 관련 기술이 필요하나 아직

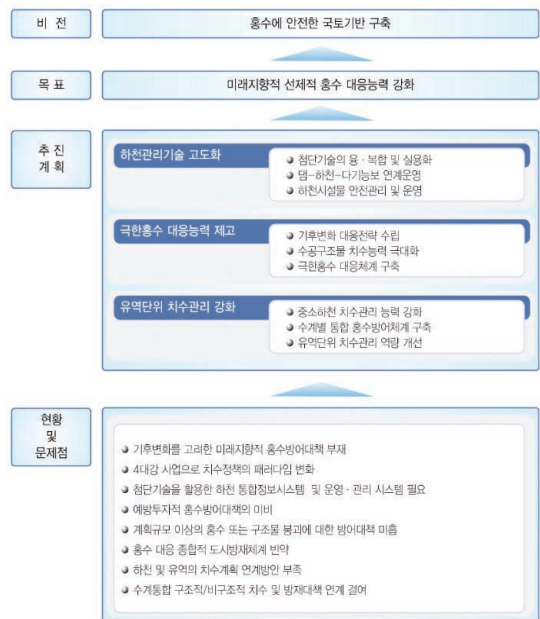


그림 2. 치수관리 추진전략

- IT/ST 등 첨단기술 기반의 하천조사 및 관리를 위한 계측기술의 개발 및 국산화 미흡
- 4대강 및 지류하천의 체계적이고 효율적으로 관리하기 위한 다양한 하천모니터링 기술 부족

- 주요추진내용

- IT 및 센서 기술을 응용하여 국내 하천상황에 맞는 첨단 지능형 계측기술의 개발 및 국산화 추진
- 첨단기술 융·복합에 의한 무인·비접촉식 수위, 유속 등의 계측기술 개발
- 자동유량 측정 시스템 국산화
- IT 및 초음파 센서를 이용한 유수량 계측 기술 및 하상 모니터링 기술 개발
- 위성영상 및 GIS 기술을 활용한 실시간 하천 모니터링 기술 개발

○ 하천정보화 및 시설물 운영·관리 기술 선진화

- 현황 및 필요성

- 우리나라 여건에 적합한 하천정보의 처리 및 표준화 기술이 미흡하며 하천 시설물의 운영·관리를 위한 고도화된 시스템 결여
- 조절하천으로 변모된 4대강사업의 성과유지를 위한 지속가능한 하천정보화 및 하천시설물의 운영·유지관리 기술 필요
- 기후변화로 인한 홍수량 증가, 지진 등의 자연재해 및 시설물 노후화로 인한 제방과 댐의 안전성 저하 및 붕괴 위험성 증대

- 주요추진내용

- IT 및 GIS 기술을 활용한 하천관련 자료의 처리기술, 표준화 DB 설계 및 활용시스템 기술 개발 등의 하천종합정보시스템 개선
- 하천에 설치된 다수의 계측장비에 첨단기술을 활용한 하천운영·관리 및 실시간 통합 하천 모니터링 시스템 구축

- 첨단기술(ICT 및 GIS) 기반의 침투거동 분석, 누수 및 변위 조사 등 제방과 댐의 안전관리 통합시스템 구축

○ 준설하천 하상 안정화 및 유지관리 기술

- 현황 및 필요성

- 4대강사업을 통해 5.7억m<sup>3</sup>을 준설
- 4대강사업 이후 준설하천의 하도 및 하상 안정화 기술 필요
- 확보된 저수용량유지 및 구조물의 기능유지 등을 위한 체계적인 유사관리방안 필요

- 주요추진내용

- 유사발생 메커니즘 분석을 통한 유역유사 해석모형 구축 및 유역침식 제어기술 개발
- 하도유사 분석모형 및 하상변동 예측모형 구축을 통한 준설하천의 하도 안정화 기술 및 하상 유지관리 기술 개발

○ 댐-하천-보 연계운영 최적화

- 현황 및 필요성

- 4대강 사업이후 댐-하천-보의 연계운영 경험 부족으로 다양한 시행착오 발생 예상
- 댐-하천-보의 연계운영을 위한 홍수분석시스템은 개발 완료되었으나 댐-보 방류시 하천 안전을 위한 홍수관리 기술의 고도화 필요
- 댐-하천-보의 연계운영 경험 축적과 시행착오 개선 및 DB화로 연계운영 최적화 기술개발 및 문제해결에 활용 가능한 체계 확립 필요
- 보별 정상운영시 수문오작동 및 지진 등으로 인한 비상상황 발생 가능

- 주요추진내용

- 댐-하천-보의 연계운영을 위한 첨단기술의 기상정보시스템의 구축
- 댐-다기능보 방류 시기 및 규모별 수위영향

(분류 및 지류) 평가 및 민감도 분석을 통한  
홍수분석시스템의 고도화 추진

- 홍수시 댐-하천-보의 최적 운영을 위한 수계 통합 운영기준의 표준화 및 보별 세부 운영기준을 위한 의사결정지원시스템 구축
- 보의 비상상황 발생시 대응 가능한 비상대처 계획(EAP) 수립

### 3.2 극한홍수 대응능력 제고

#### ○ 기후변화를 고려한 시설물 치수 취약성 평가기법 개발

- 현황 및 필요성

- 기후변화로 인해 수문현상에 대한 시, 공간적 예측의 어려움 가중, 수해로 인한 피해 증가
- 미국, 일본, EU 등 선진 국가에서는 국가 주도로 기후변화에 대한 대응을 체계적인 표준 대응관리 절차에 따라 효과적으로 관리하고, 기후변화 전망, 수자원 영향 및 취약성 평가 등의 연구 성과를 국가 정책 의사결정지원에 활용
- 기후변화 수자원 관련 연구는 대부분 국외에서 이용된 평가 방법론이나 평가모형을 적용하는 등 국내 고유 기술의 부재라는 한계가 있으므로 기후변화 영향 및 취약성 평가 기술에 대한 국내 원천기술 개발 필요
- 기후변화에 따른 수자원 취약성 평가의 제도적 장치 필요

- 주요추진내용

- 기후변화 영향 및 취약성 평가 기술에 대한 국내 원천기술 개발을 위한 고해상도 홍수시나리오 생산 및 활용기술 개발
- 단계별 기후변화 취약성 평가를 위한 기준 정립
- 기후변화를 고려한 치수 취약성 평가 모델 구축

#### ○ 기후변화를 고려한 시설물별 치수안전도 재검

#### 토 및 설계기준 개선

- 현황 및 필요성

- 기후변화에 따른 치수안전도 변화에 대한 관심의 증가로 설계기준에 기후변화의 영향을 고려하고자 하는 노력이 계속되고 있으나 실제로 국가 설계기준에 반영한 사례는 미미
- 일부 선진국에서는 기후변화를 고려한 치수안전도 등을 설계 시 적용
- 분포형 및 매개변수 추정기법들의 다양한 방법론들을 열거만 하고 있을 뿐, 치수안전도를 위한 국내 설계기준의 구체적인 방안 결여

- 주요추진내용

- 기후변화에 따른 기반시설물에 대한 국가기준을 상향조정하고, 이를 수자원시설 전반에 확대할 구체적인 방안 마련 및 시설의 중요도에 따른 설계규모 조정 등 실질적 개선
- 기후변화에 따른 기 설치된 시설물의 재평가 등을 통한 보강기준 마련

#### ○ 기존 수자원시설물 기능 개선

- 현황 및 필요성

- 기후변화에 의한 극한홍수의 빈발로 제방이나 댐 등 기존시설물의 치수능력 기능 저하
- 홍수시 마다 제방 균열·누수 등 제방의 노후화에 따른 문제점 대두
- 홍수, 지진 등 전 지구적 환경변화에 의한 댐 붕괴 위험 증가
- 기후변화 및 노후화 등 수자원시설물의 안전 관리에 신속하게 대응하기 위해서는 제방 및 댐 등의 안정성 분석, 평가 및 보강 기술 개발이 필요

- 주요추진내용

- 극한홍수 대비 하천시설물의 홍수방어능력의

재검토를 통한 기존시설물의 구조적 치수능력 증대방안 마련

- 치수관련 단일 목적댐의 다목적댐 전환 계획 수립 및 추진
- 노후 댐 및 저수지의 효율적인 활용 및 관리 방안 수립

표준화 기술 개발을 통해 내수배제시설의 체계적이고 효율적인 통합운영 시스템 구축

- 비구적 대책에 대한 평가기법의 개발을 통한 구조적/비구조적 연계대응기술 개발
- 토지이용 및 기반시설을 연계한 도시의 다중 재해방어체계 구축

### ○ 대도시 등 재해취약지역 예방시스템 구축

#### - 주요추진내용

- 최근 도시화와 이상기후의 영향에 따른 도시 내 집중호우의 빈도나 강도가 증가되어 내수 침수로 인한 피해 규모가 증가함으로 내수배제시설의 성능 개선 필요
- 현재 도심지의 하수관거 용량과 빗물펌프장 및 저류조 시설로는 극한 강우의 대처에 한계 점을 보이므로 현재 구조적 상황에 대한 분석을 통해 내수침수피해 저감을 위한 도시 내수배제시스템의 선진화 필요
- 비구조적 홍수대응 및 방어기술수준은 구조적 홍수방어기술에 비해 기술수준이 낮으며, 구조적/비구조적 연계대응 기술 개발 미미
- 웹기반 홍수정보시스템과 국가방재시스템 개발 실태는 기반기술 수준이며, 도시 내수배제시설의 통합운영시스템 개발은 투자 및 연구 미흡
- 토지이용-기반시설-단지조성-건축물-시민 등 도시의 모든 구성요소가 종합적으로 대응하는 새로운 도시방재 계획 구축 필요

#### - 주요추진내용

- 기상변화 및 외수위 변화 상황을 고려한 도시의 효율적인 내수배제 처리가 용이하도록 기존 내수배제시설 및 대용량 지하배수시설의 설계기술 개선
- 내수재해의 예측 및 방어대책으로 활용하기 위한 내수배제시설물의 최적관리기법(BMP)

### ○ 홍수대비 위기관리시스템 구축

#### - 현황 및 필요성

- 제방중심의 치수대책은 댐, 배수펌프시설 등의 건설과 함께 홍수의 강도와 발생빈도의 감소를 가져왔을 수 있으나 제방붕괴 등에 의한 대홍수 피해의 잠재성은 증가하고 있어 보다 종합적이고 체계적인 대책 수립이 요구됨
- 계획규모 이상 또는 구조물 붕괴 등에 의한 홍수대책이 미흡하며, 홍수 범람 지역 내 홍수규모별 인명, 재산, 침수면적 등 각종 피해에 대한 정보 부족으로 비구조적 대책 수립의 한계를 보임
- 극한홍수에 의한 피해대상, 피해액, 피해면적 및 피해인구 등을 제시함으로써 홍수와 관련된 위험정도 및 위험지도 등의 작성을 통하여 홍수에 체계적이고 종합적인 대비 필요
- 홍수재해 규모 및 범위의 정확한 파악에 의한 대비 및 대응계획 수립과 실시간 침수위험성 분석에 의한 재해 상황관리 필요

#### - 주요추진내용

- 홍수재해 규모 및 범위에 대한 정량적 평가 실시
- 하천유역과 도시지역의 통합 침수위험도의 제작 및 보급을 통한 유역 통합 실시간 침수위험성 분석시스템 구축
- 댐/보/제방 붕괴에 대비한 홍수정보 기반의 통합 EAP 수립 및 관리기술 개발 등 홍수위험관리체계 구축

### 3.3 유역단위 치수관리 강화

#### ○ 4대강외 국가하천 및 지방하천 정비

##### - 현황 및 필요성

- 전국 하천 중 4대강 살리기 사업을 통해 정비된 구간은 총 18개(1,965km)이고, 사업외 국가하천은 43개(1,023km)로 4대강 사업구간에 비해 종합정비계획이 미흡
- 지방하천은 홍수에 안전한 제방비율이 60%에 불과하여 홍수방어능력이 국가하천에 비해 상대적으로 취약
- 4대강 사업에 따른 강을 중심으로 한 치수·이수·환경·문화 등이 조화된 정비에 대한 수요 급증

##### - 주요추진내용

- 4대강 살리기 사업과 연계하여 4대강외 국가하천 및 지방하천의 지속적 정비 추진으로 하천의 치수안전도 제고
- 하도개선 및 저류지 확보를 통한 홍수소통 및 유역저류능력 확대
- 수계/지역별 특성과 지역발전 전략을 고려한 맞춤형 하천정비 추진

#### ○ 수계별 통합 홍수방어체계 구축

##### - 현황 및 필요성

- 제방에 의한 하도중심의 획일적인 치수대책 수립에 치중
- 하천 및 행정구역 중심의 치수대책 수립 및 관리로 인한 수계단위 치수대책의 일관성이 부족하고, 하천시설물 및 배수배제시설물의 연계운영 및 유지관리 미흡
- 치수 및 방재를 위한 구조물적 대책에 치중하는 반면에 홍수위험지도 작성 및 대피계획 등의 비구조물적 계획 수립이 미흡하며, 수계별

구조적/비구조적 대책의 연계대응 기술 개발이 미미

- 현재 홍수예경보시스템은 4개 홍수통제소에서 관할하는 전국 12대 수계를 대상으로 구축되어 있으며, 중소하천에 대한 홍수예경보 시설이나 업무는 극히 미진한 상태임

##### - 주요추진내용

- 하천 상하류 및 본류-지류간 연계성, 시설물 설치 및 홍수저류 등을 고려한 수계통합 치수대책 수립
- 수계 전체에 대한 효율적이고 일관된 하천시설물 및 내수배제시설물의 연계운영 및 유지관리방안 수립
- 중소하천 유역의 홍수예경보를 위한 수문관측 시설 설치 및 운영 시스템 구축
- 수계별 홍수피해 경감을 위한 구조적-비구조적 대책의 최적 통합 홍수방어계획 수립

#### ○ 유역단위 치수관리 역량 개선

##### - 현황 및 필요성

- 유역종합치수계획 및 하천기본계획 수립 시 제반사항의 차이로 인하여 홍수량에 차이가 발생하고, 이로 인한 홍수분담량 산정 및 홍수방어계획 수립에 어려움 초래
- 유역종합치수계획에서 PFD 분석방법과 치수안전도 활용방법이 유역별로 다름
- 유역별 체계적이고 효율적인 홍수방어대안 설정방안 결여

##### - 주요추진내용

- 유역종합치수계획과 하천기본계획 간의 과업내용 조정 및 홍수량 산정 등 제반사항에 대한 연계성 확보
- 유역통합 홍수위험도 분석을 수행하고, 치수사업 평가를 위한 통합 지표 마련 및 지역별

- 우선순위 분석에 따른 유역단위 홍수방어대안의 선택과 집중을 통한 효율적 치수대책 수립
- 유역 중심 홍수방어대안의 선택과 연계를 위한 의사결정시스템 구축

#### 4. 맺음말

기후변화에 의한 홍수피해 외력의 증가와 더불어 사회·경제 발전에 따른 홍수피해의 잠재성이 급격하게 증가하고 있다. 그리고 4대강 사업으로 하천환경 또한 많은 변화를 가져왔다. 본고에서는 이와 같은 치수관리의 여건변화에 대응하고 홍수피해를 최소화하기 위하여 국내 치수관리 현황 및 여건변화에 대한 검

토·분석으로부터 ‘치수방재를 위한 국가 대응전략’을 도출하고, 그 세부추진과제별로 현황 및 필요성과 주요추진내용을 요약하여 제시하였다.

치수는 사람과 자연이 함께 공존하여 살기 위한 것으로서 기후변화와 시대상황에 따라 다양한 형태로 끊임없이 연구되어져야 할 과제이다. 그리고 홍수가 발생하였을 때 사회가 그 피해를 통제하고 스스로 대처하고 복구할 수 있느냐에 따라 재난 여부가 결정될 것이다. 따라서 우리가 현재 겪고 있고 장래에도 계속 도래할 홍수위험으로부터 벗어나기 위해서는 지속가능한 홍수관리대책의 수립 및 이의 이행을 강구해야 하며, 보다 과학적이고 공학적인 홍수방어기술의 개발을 위해 지속적으로 노력해야 할 것이다. 🌊