

## 요약 및 정책건의

### I. 연구의 개요

#### 1. 연구의 배경

- 1990년대 중반 이후 서울시에서는 국지성 극한강우에 의한 도로 및 주택의 침수 피해와 더불어 최근 기록적인 폭설, 한파, 폭염 등 기상관련 자연재해의 발생 빈도 및 규모 증가
  - 집중호우 시에는 서울시 저지대를 중심으로 지하주택 및 지하철 역사, 저지대 지역 주변 도로의 침수 발생
- 전 지구적으로 발생하고 있는 기상이변에 따라 세계의 많은 대도시에서는 기상이변에 안전한 도시를 만들고자 새로운 도시방재의 개념을 도입
  - 서울에서도 기상유형에 따라 지역별 피해가 달리 나타나고 있으며, 피해 규모도 증가하는 추세로 이에 대한 대비가 시급
- 서울시민과 공무원들도 기상이변에 대한 안전 의식 및 대비에 대한 관심 증가
  - 서울시는 통합적 기상관련 자연재해 관리를 위하여 도시안전본부를 신설하여 안전관리를 강화

#### 2. 연구의 목적

- 이 연구는 전 지구적인 기후변화에 의해 발생하는 기상이변이 서울시에 어떤 영향을 미치는지를 파악하고, 기상이변에 취약한 지역을 분석, 대응방안들을 수립하여 서울시민들의 생명과 재산을 보호하는 것이 목적

- 대응방안으로 구조적 대책과 비구조적 대책 등을 종합적으로 검토
- 서울시 기상유형별 대책수립과 기상이변 추진과제를 도출

## Ⅱ. 연구의 주요 내용

### 1. 기상이변에 따른 자연재해 변화

#### ○기상이변의 개념

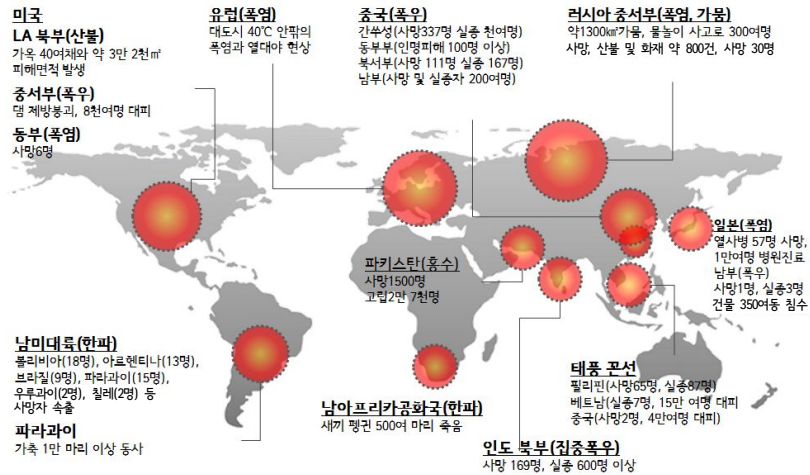
- 과거에 경험한 기상상태와 큰 차이가 나는 기상현상을 의미하며, 대기 중의 온실가스 증가에 의해 발생하는 기후변화가 직접적인 원인으로 파악되고 있음

〈표 1〉 기상이변의 정의 및 지정기준

구분	정의 및 지정기준		분석대상	비고
기상이변	방법1) 기온 및 강수량의 이상기상 발생횟수 통계량을 활용하는 경우, 월평균기온 또는 월강수량 중 이상기상 현상이 30년에 1회 정도의 확률로 발생하는 것(세계기상기구, WMO)		*극기온값 순위 - 기온 *기상특보발령횟수 - 기온, 강우, 강풍, 강설	
	방법2) 기상특보 발령횟수의 증가 추세 분석			
	a) 이상기온	월평균 기온이 정규분포인 경우 평균값으로부터 편차가 2배 이상 차이가 있을 때	기온	추가적 고려
	b) 이상강우	누적강수량 상위 1위2위 값은 이상다우, 하위 1위2위 값은 이상저우로 간주함	강우	추가적 고려

#### ○기상이변이 자연재해에 미치는 영향

- 기상이변에 따른 자연재해는 홍수, 태풍, 폭설, 폭염, 한파 등에 의해 일어날 수 있는 재해
- 기상이변과 관련된 자연 현상으로는 해수면의 상승, 홍수, 빙하와 눈이 녹는 현상, 강수량의 증가, 폭풍의 강화, 기온의 상승, 가뭄 등이 있음



〈그림 1〉 2010년 상반기에 발생한 기상이변 현황

## 2. 서울시 기후특성의 변화

○ 1970년부터 2009년까지 서울기상대 자료를 분석한 결과, 서울시 기상특성의 변화는 <표 2>와 같음

－기온 및 강수는 증가한 반면, 풍속은 감소

〈표 2〉 서울시 기상특성의 변화 종합

구분	변화추세	세부사항	
기온	↑ 증가	연평균 기온	↑ 증가
		연평균 최저기온	↑ 증가
		혹한일수	↓ 감소
		열대일수	↑ 증가
강수	↑ 증가	연평균 강수량	↑ 증가
		호우일수	↑ 증가
		강수강도	↓ 감소
		연평균 최고풍속	↓ 감소
풍속	↓ 감소	연평균 풍속	↓ 감소

### 3. 서울시 기상재해 발생 및 유형별 피해현황

#### ○서울시 기상이변 발생현황 분석 결과

구분	기온	강우	강풍	강설
방법1) 기상측정 값 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1,2,3,12월 이상기온 발생</li> <li>•기상이변의 가능성 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•이상다우 및 이상소우의 현상이 발생하여 기상이변으로 분석됨</li> </ul>	-	-
방법2) 기상특보 발령횟수분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>•극기온값 분석 시 기상이변이 발생한 것으로 분석됨</li> <li>•특보 발령횟수분석 결과 기상이변 가능성 확인</li> </ul>	기상이변으로 보기 어려움	<ul style="list-style-type: none"> <li>•기상이변 경향이 있으나 뚜렷하지 않음</li> </ul>	30년에 1회 정도의 확률로 이상적설이 발생했으므로 기상이변으로 분석됨
기상이변 발생현황 유무	○	△	×	○

○ : 기상이변이라고 봄, △ : 기상이변의 가능성 있음, × : 기상이변으로 보기 어려움

#### ○이상기온

##### 〈표 3〉 서울시 이상기온 발생현황 분석종합

분석방법	분석자료	분석결과	비고
1. 기상측정값 분석	①월평균 기온값 (1970~2009)	•1, 2, 3, 12월에 이상기온이 발생하여 기상이변으로 판단	△
2. 기상특보 발령횟수 분석	①연중 극최고/극최저기온 상위값 (1970~2009)	•이상고온 및 이상저온 발생	○
	②폭염경보/한파경보 발령 횟수 (2002~2009)	•폭염 및 한파의 이상발생으로 인하여 기상이변으로 판단	△

○ : 기상이변이라고 봄, △ : 기상이변의 가능성 있음, × : 기상이변으로 보기 어려움

- 기상측정값 분석결과(월평균 기온이 전체평균의 2배 이상 편차가 발생 시 기상이변으로 간주함) : 1970년부터 2009년까지 측정한 월평균 기온값을 분석한 결과 1월, 2월, 3월, 12월에서 이상기온 현상이 나타남
- 기상특보 발령횟수 분석결과(월평균 기온이 30년에 1회 정도의 확률로 발생 시 기상이변으로 간주함) : 극기온값과 기상특보 발령횟수를 활용

해 분석하였으며, 이상고온 및 이상저온 현상이 발생함

- 기상이변의 발생현황 유무의 판단기준에는 연구자의 주관적인 의견이 많이 반영되고 있어 구체적인 정의와 기준을 마련하는 것이 필요

#### ○이상강우

〈표 4〉 서울시 이상강우 발생현황 분석종합

분석방법	분석자료	분석결과	비고
1. 이상강우 정의기준으로 분석	①월누적강수량값 변환구축 (1970~2009)	이상다우 및 이상소우의 현상이 발생하여 기상이변으로 보임	○
2. 기상특보 발령횟수 분석	①호우주의보/경보발령횟수 (2002~2009)	기상이변으로 보기 어려움	×

○ : 기상이변이라고 봄, △ : 기상이변의 가능성 있음, × : 기상이변으로 보기 어려움

- 기상측정값 분석결과 : 이상강우는 3년에서 26년의 확률빈도로 나타났으며, 5월, 8월, 9월을 중심으로 20년 이상의 빈도값이 도출됨. 이상소우는 1년에서 24년의 빈도로 나타남

- 기상특보 발령횟수 분석결과 : 2002년 3/4분기에 8회를 시작으로 2005년 3/4분기 32회로 점차 증가했다가 2006년 3/4분기에 20회로 감소함. 주의보는 2007년 3/4분기에 61회가 발령되었으며, 2008년 3/4분기에 28회, 2009년 3/4분기에 26회로 감소

#### ○이상강풍

〈표 5〉 서울시 이상강풍 발생현황 분석종합

분석방법	분석자료	분석결과	비고
기상특보 발령횟수 분석	폭풍주의보/경보 태풍주의보/경보 발령현황 (2002~2009)	태풍특보는 기상이변 경향을 나타내지 않음 폭풍특보는 기상이변 경향이 있으나 뚜렷하지 않음	×

○ : 기상이변이라고 봄, △ : 기상이변의 가능성 있음, × : 기상이변으로 보기 어려움

- 30년에 1회 정도의 확률로 발생하는 기상현상으로 태풍특보와 폭풍특보를 살펴본 결과, 태풍특보의 경우 기상이변의 유무를 판단하기에는 해당 사항이 없음

○이상강설

〈표 6〉 서울시 이상강설 발생현황 분석종합

분석방법	분석자료	분석결과	비고
기상이변 정의 : 30년에 1회 정도의 확률로 발생하는 기상 현상	최심신적설량 (1960~2010년) 폭설특보 발령횟수 구축	30년에 1회 정도의 확률로 이상적설이 발생했으므로 기상이변이라고 봄	○

○ : 기상이변이라고 봄, △ : 기상이변의 가능성 있음, × : 기상이변으로 보기 어려움

- 대설주의보는 24시간 동안 신적설량이 5cm 이상, 대설경보는 24시간 동안 신적설량이 20cm 이상 예상일 때 발령
- 대설주의보 연평균 발령횟수는 8~12회가 평균적이나 1970년대에는 19.7건, 2000년대 18.5건으로 해당연도간의 빈도차가 30년 이상으로 나타나 기상이변으로 간주될 수 있음

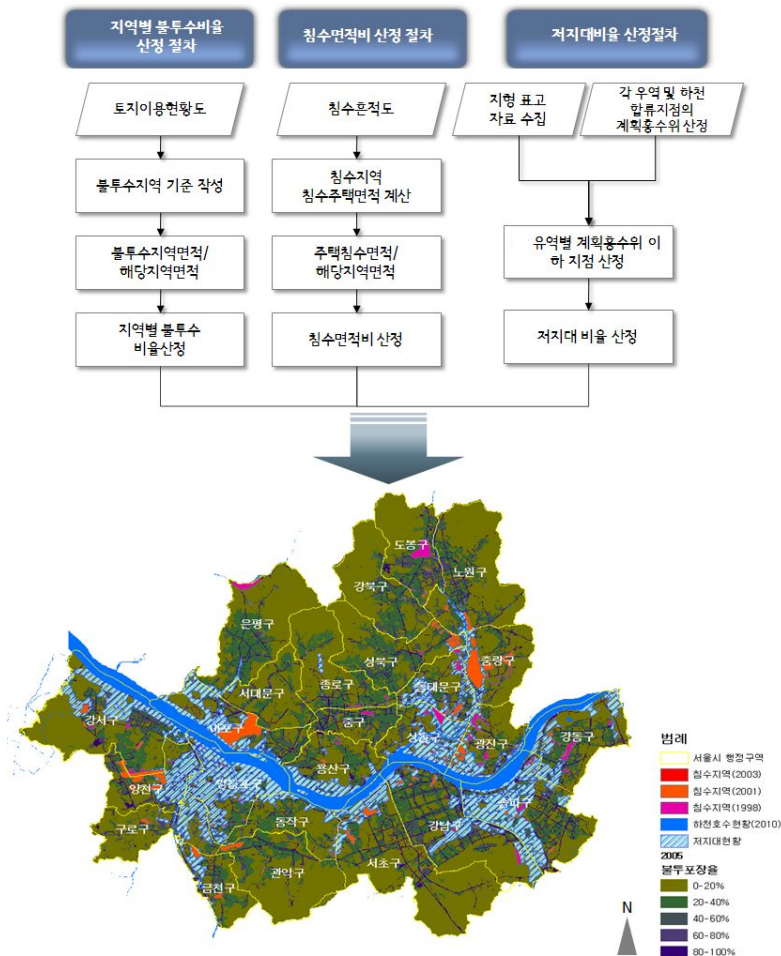
#### 4. 서울시 운영현황 및 관리체계 분석

- 서울시 기상이변 대비 및 대응 조직은 호우, 폭설, 폭염 등 기상관련 자연재해 발생 시 별도의 운영체제로 가동되어 왔음
  - 신설되는 도시안전본부에서는 향후 통합적 재난관리 운영체계의 정비 필요
- 기상이변에 대비한 주요사업
  - 호우관련 : 재해예방을 위한 물 인프라 구축과 저지대 수해 취약지역의 침수예방 사업
  - 폭설관련 : 폭설발생 시 비상대응체계 구축 강화, 제설작업 역량 강화, 내 집 앞 눈치우기 등 시민의 적극적인 제설 생활화 운동 전개, 제설작업 모니터링 체계 구축
  - 폭염관련 : 폭염 예측 및 정보전달 체계 구축, 폭염 대비 대피장소 지정 및 관리, 폭염 대비 교육 및 국민행동요령 홍보, 폭염 대비 긴급조치를

위한 취약노인 DB구축, 유관기관과 연계한 응급의료체계 구축, 상시모  
니터링 강화, 폭염특보 발효 시 비상연락망을 가동한 초동 조치

## 5. 기상이변에 대한 서울시 취약지역 분석

### ○호우 취약지역

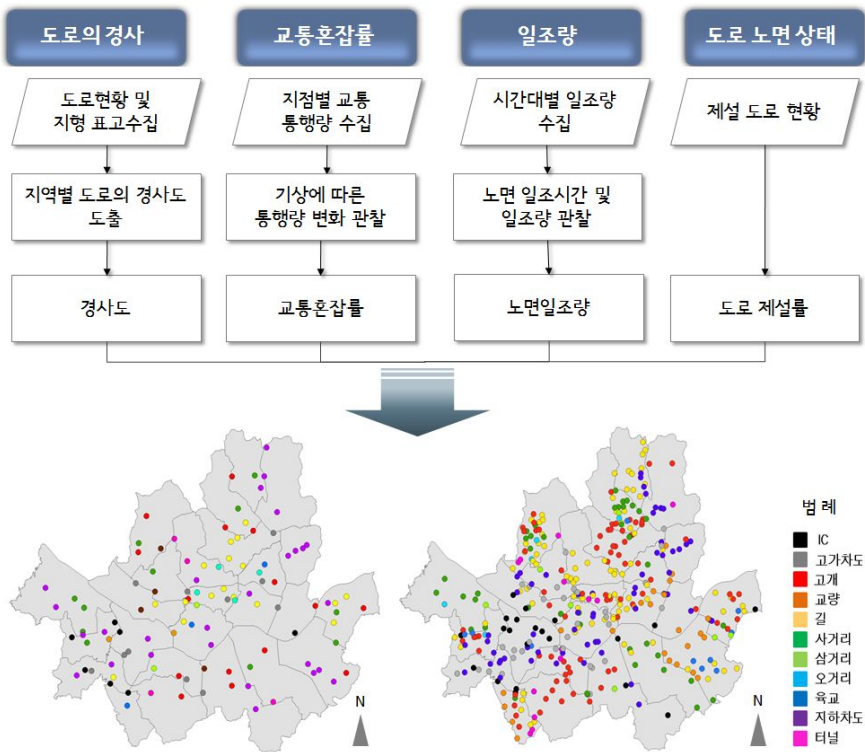


〈그림 2〉 서울시 호우 취약지역

- 서울시 지역별 불투수 비율, 과거 침수면적 비율, 저지대 비율을 산정하여 데이터를 구축하고 호우에 취약한 지역을 분석함
- 세 가지 인자별 주제도를 작성하기 위하여 토지이용 데이터의 지역별 불투수 비율과 과거 집중강우에 따른 서울시 침수흔적도를 참고하고, 계획홍수위를 고려한 지형 표고를 이용하여 저지대지역을 추출함
- 이들 인자들을 중첩하여 정성적인 취약지역을 분석할 수 있음. 향후, 인자들에 대한 표준화 및 분석방법은 지속적으로 검토가 필요함

#### ○폭설 취약지역

- 서울시 폭설 취약지점을 분석하는 방법으로는 도로의 경사·교통 혼잡율·일조량·도로의 노면상태를 고려하여 서울시에서 지정한 폭설 취약지



〈그림 3〉 서울시 폭설 취약지역([좌] 소방방재청 119개소, [우] 서울특별시 445개소)



점을 중심으로 취약지역을 선정함

- 현재 소방방재청 및 서울시는 폭설 취약지역을 선정하고 집중 관리 중임. 향후 상세한 데이터 구축 및 평가를 통하여 서울시 전역의 폭설 취약지역에 대한 분석이 요구됨

○ 폭염 취약지역

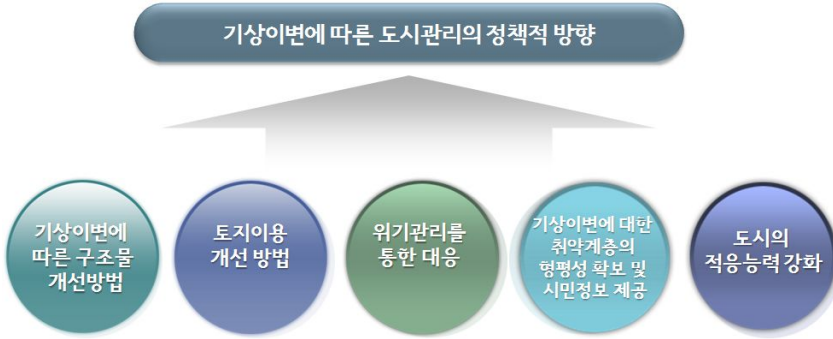
- 폭염에 직접적으로 노출될 경우 저항력이 약해 위험해지기 쉬운 노약자·어린이 등이 밀집한 지역, 상업업무시설 밀집지역, 폭염에 따른 대기오염 확산지역, 일사량 및 열에너지 발생량이 많은 지역 등이 폭염 취약지역에 해당



〈그림 4〉 폭염 취약지역 분석체계

## 6. 기상이변 유형별 관리방향 및 대책수립

○기상이변 대응 정책 수립 방향



〈그림 5〉 기상이변에 따른 도시관리의 정책적 방향 모식도

〈표 7〉 서울시 기상이변 대응방안

구분		주요기법
구조적 대책		<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 구조물의 효율성 개선</li> <li>강변저류지 조성</li> <li>하천 배수용량 증대 및 대규모 지하공간 배수용량 강화</li> <li>주택 빗물저류 및 침투</li> <li>한강의 고수부지를 활용하여 수공간 확보 및 수변공간 활용</li> <li>건물높이 제한, 건물 배치</li> <li>지붕녹화, 벽면녹화</li> <li>지역냉방 및 보온 필요조건을 고려한 건물디자인</li> <li>호우 및 폭염에 대한 건물 설계기준 강화</li> <li>구조물의 다목적 활용</li> <li>하천제방 강화</li> <li>도로의 투수성 포장</li> </ul>
비구조적 대책	토지이용 제한	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상이변에 대한 취약지역에서의 개발입지 및 토지이용 규제</li> <li>지구단위 취약성 개선</li> </ul>
	위기관리를 통한 대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>홍수에경보체계</li> <li>비상접근로 및 대피로</li> <li>서울시 공무원 동원계획</li> <li>주민응급대피를 위한 행동계획 및 교통수단 마련</li> <li>응급피난처 제공</li> <li>시민비상대응계획</li> <li>시민 인식 제고</li> </ul>
	도시의 적응능력 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천, 호수 등을 통한 bluespace 구축</li> <li>생활하수 등의 재활용</li> <li>연못, 저류지 조성</li> <li>지속가능한 도시배수체계</li> <li>바람길 조성</li> <li>투수성 포장</li> </ul>

○기상이변 유형별 대책수립

〈표 8〉 서울시 기상이변 유형별 대책방안

구분	주요 내용
폭우분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물 기능 및 규모별 우수활동 방침을 수립</li> <li>• 빗물의 저장, 이용 등이 충분하게 이루어져 홍수에 대비</li> <li>• 도시전체를 대상으로 모든 건물과 단지에 빗물침투 및 이용시설 마련</li> <li>• 기존의 하천과 연계하여 평상 시에는 빗물을 저류하고 수용할 수 없을 정도로 수량이 발생할 경우 단지외부로 유출</li> <li>• 지속가능한 도시배수체계 구축</li> <li>• 폭우 취약지역에 개발 및 기반시설의 입지제한</li> <li>• 가상대응서비스 능력 제고</li> <li>• 홍수보험</li> <li>• 정보제공을 통한 시민들의 홍수위험에 대한 인식 제고</li> <li>• 홍수위험에 처한 핵심기반시설과 취약지역 식별 및 보호</li> </ul>
폭설분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 눈에 관한 조사연구의 종합적 추진 및 기상업무의 정비와 강화</li> <li>• 건축물 관리자에게 제설의무 부과</li> <li>• 제설장비 운영</li> <li>• 기상정보의 적극적 활용을 위한 시스템 강화</li> <li>• 서울시에 적합한 고효율의 제설방법 및 매뉴얼 개발</li> <li>• 주민참여 활성화 및 민간기업의 폭설방재활동 강화</li> </ul>
폭염분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바람길에 따라 주변 건물 높이와 주거동 방향을 규제하는 단지배치를 실시하고 탄소흡수력이 좋은 수종으로 식재공간 조성</li> <li>• 건물에 지붕녹화를 실시하고 여름철 열섬현상의 원인이 되는 도로변 건물에 벽면녹화를 시행</li> <li>• 녹지광장 및 빗물침투시설을 조성</li> <li>• 단지내부에 주말정원을 조성하여 밀도가 높은 거주민들에게 풍부한 녹지를 공급</li> <li>• 녹지공원을 조성하고 이를 보행로, 빗물침투시설, 오픈스로, 녹지공간 등과 연계하여 폭염을 억제</li> <li>• 낙엽수를 이용한 가로수, 벽면 녹화</li> <li>• 신규개발지역에서 장래 이상고온 위험을 줄이도록 건축설계기준 마련</li> </ul>

### Ⅲ. 정책건의

#### 1. 구조적 대책 다양화 및 수방기준 재검토

○서울시의 경우 집중호우에 의한 피해가 주로 나타나고 있음. 특히 내수로 인한 침수피해가 주류를 이루고 있으나, 외수(하천, 제방 등)와 내수(하수,

저류, 건축, 토지이용)의 양 측면을 동시에 고려한 (소)유역단위의 종합적인 침수대책을 마련

- 지역단위 안전도(위험도) 평가를 통한 풍수해저감종합계획 수립·시행
- 지역안전도를 평가하여 풍수해저감대책에 대한 표준 마련, 시범사업 실시 및 확대
- 소유역, 배수유역 등 지역별 특성에 따른 상황기준 마련, 상황기준별 행동 매뉴얼 작성, 홍수에경보시스템 구축
- 소하천정비사업의 적극적인 추진 및 수문관측시스템 개선
- 빗물펌프장 적기 가동체제 구축으로 저지대 침수 방지
- 유수유출 저감시설 확충 및 수문수전설비 이중화로 피해 최소화
- 내수·외수를 동시에 고려한 침수방지체계 마련
- 저지대 상습침수지역 해소를 위한 정비사업 지속적으로 실시
- 저지대 지하주택 및 지하공간에 대한 침수방지대책 마련

## 2. 서울시 방재지구지정에 따른 제도적 정비

- 「국토의계획및이용에관한법률」에 따른 방재지구지정 활성화를 위하여 기상이변 취약지역에서의 건축개량, 재개발·재건축 등이 시행될 때, 기상이변에 따른 피해 저감을 위한 시설물 정비 및 관리 노력이 수행되는 경우 건축물 용적률 상향 등 인센티브 부여 등의 방안 마련이 필요

## 3. 재난대응체계를 개선하여 종합 재난관리시스템 구축

- 현행 재난대응시스템의 개선이 요구되고 있음. 즉 현장대응 능력을 제고하고, 자치구의 현장대응 능력을 강화하며, 민간인력 및 장비를 적극적으로

로 활용할 필요가 있음. 더불어 시민들과 함께 기상이변을 대처할 수 있는 민관 파트너십이 요구

- 재난·재해의 유형 및 규모에 따른 부서 간 협조 및 재난관리 조정능력의 향상을 위한 통제, 지원 및 현장지휘체계 정비가 필요
- 재난대응체계를 개선하고 기상이변에 따른 다양한 형태의 재난 관련정보를 공유, 통합, 연계함으로써 방재를 위한 계획, 저감, 대비, 대응, 복구 등 업무 전 단계를 지원할 수 있는 데이터 웨어하우스 개념의 종합적인 재난 관리시스템 구축을 고려

#### 4. 시민 참여형 대응 정책 마련

- 서울시 및 자치구 차원의 적극적인 대응도 중요하지만 시민들의 적극적인 참여를 통한 기상이변 대응방안 마련도 중요함. 더불어 방재에 대한 사회적 인식의 전환이 더욱 중요

#### 5. 통합적 재난관리 체계 정비

- 자연재난별(호우, 폭설, 폭염) 재난관리(예방, 대비, 대응, 복구)를 통합적, 체계적으로 수행하기 위하여 개별적으로 운영되고 있는 재난관리를 종합한 통합적 재난관리가 필요
- 서울시 방재안전관리의 주체는 시민이라는 개념을 강화하고, 행정부서는 현장의 방재안전관리를 지원하는 현장 중심의 기능적 통합관리체제로 전환