

요약 및 정책건의

1. 연구의 배경 및 목적

1) 배경

- 서울시에서는 2010년 9월에 이어 2011년 7월에 예상치 못한 집중호우로 인명과 재산의 막대한 피해가 발생함.
- 전 지구적으로 발생하고 있는 기상이변에 따라 세계의 많은 대도시는 기상이변에 안전한 도시를 만들고자 새로운 도시방재의 개념을 도입하고 있음.
- 기상이변이 일상화되는 추세가 나타나며, 기존의 방재대책으로는 한계가 있기 때문에 새로운 패러다임의 방재정책이 필요함.

2) 목적

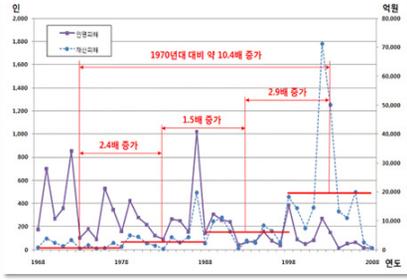
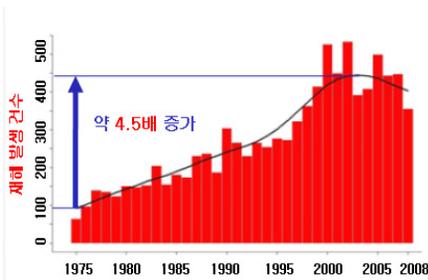
- 기상이변이 일상화되는 추세가 나타남에 따라 서울시도 극한 기상현상에 대한 영향을 모의하고, 재난관리방향을 재검토하며, 새로운 방재패러다임을 제시함.

2. 주요 연구 내용

1) 기상이변 관련 현황 및 대응방안 검토

(1) 국내외 주요 재해사례 검토

- 국내외에서 기상이변에 의한 자연재해 발생 빈도 및 피해규모 증가 추세



〈전 세계적인 재해의 발생건수〉

〈국내 연도별 자연재해 피해액 현황(69~08년)〉

〈국의 주요 홍수 재해 사례〉

국가	발생 일시	발생 원인	피해 현황
일본	2011. 9. 13~22	태풍 로키, 400mm의 폭우	사망 및 실종 18명, 부상 300명, 11,500여 채의 주택침수
	2011. 8. 30~9. 5	태풍 탈라스 최대강수량 1,800mm	사망 및 실종 94명, 주택침수 28,400채, 38,000여 가구 정전
대만	2009. 8. 7~8. 10	태풍 모라곳, 2,965mm(연평균 강수량의 76%) 강우 발생	461명 이상 사망, 33억 달러의 재산 피해, 약 6,000명 주민 이주
호주	2010. 12. 24	사이클론 타사, 일평균 강수량 200mm 이상의 호우가 발생	35명 이상의 인명피해, 약 300억 달러의 재산피해
파키스탄	2010. 7. 26~7. 29	몬순(monsoon)에 의한 전국 평균 200mm 이상의 강우 발생	인더스강 범람으로 국토의 약 20% 침수, 1,781명의 인명피해, 약 430억 달러의 경제적 피해
프랑스	2010. 6. 10	연평균 강수량의 60%인 400mm 이상의 일강수량이 발생	인명피해 약 25명, 1,000명 이상 대피, 175,000 가구 정전 피해

〈국내 홍수 피해 사례〉

지역	발생 일시	발생 원인	피해 현황
서울	2011. 7. 26~28	94mm/hr(관악구)의 집중호우, 설계용량 초과, 단기간 집중호우로 저지대 침수	사망 15명, 1,272세대 침수, 우면산 산사태, 강남, 서초, 관악지역 침수
	2010. 9. 20~21	98.5mm/hr(강서구)의 집중호우, 설계용량 초과, 단기간 집중호우로 저지대 침수	광화문 침수, 9,419세대 침수
	2001. 7. 14~15	99.5mm/hr(관악구)의 집중호우, 설계용량 초과, 단기간 집중호우로 저지대 침수, 무허가 주택 하천 점용	관악구, 중랑천 주변 등 침수, 사망 44명, 부상 104명, 584억원의 재산피해
강원	2006. 7. 14~20	태풍 에위니아로 인한 집중호우	평창, 인제군 하천 범람, 산사태 등의 큰 피해

(2) 국내외 기상이변 대응방안 검토

○국외

- 영국의 PPS 25 “지속가능한 도시 배수체계(Sustainable Urban Drainage System)”
- 독일 프라이부르크 리젤펠트(Freiburg Rieselfeld)의 도시계획
- 네덜란드 로테르담의 기후적응 전략

○국내

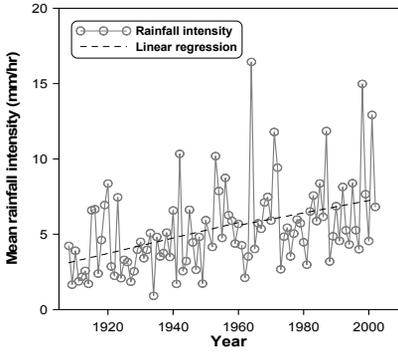
- 지하방수로
 - 목감천 방수로 · 도림천 지하방수로 건설사업(2005)
 - 서울 도심도 빗물배수관 사업(2011)
- 물순환 시스템 구축 사례
 - 광진구 자양동 “스타시티” : 빗물 51,200m³를 저장할 수 있는 1,000톤 짜리 탱크 3개를 설치해 연간 40,000톤에 이르는 빗물 재활용
 - 수원시 “통합물관리를 이용한 빗물도시 레인시티(Rain-City)” : 빗물 10,000m³를 저장할 수 있는 저류시설 6개와 빗물 4,000m³를 토양에 유입시킬 수 있는 침투시설 2개를 설치해 2011년 여름 집중호우 때 효과

2) 극한 기상현상에 대한 시뮬레이션

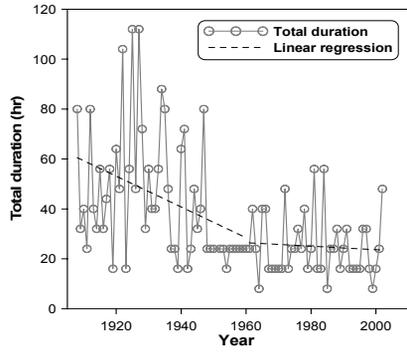
(1) 기후변화에 따른 강우분석

○서울의 강우 변화 추이

- 도시화로 인하여 서울지점의 연최대 일강우량은 점점 증가하는 추세
- 강우강도는 증가하고 강우지속기간은 짧아짐
- 단기간 큰 강우강도로 인하여 홍수위험 증가



(평균강우강도)

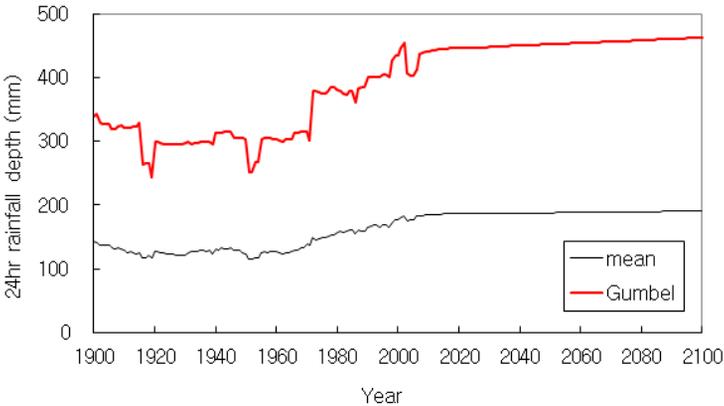


(호우지속기간)

〈연최대 호우사상의 연도별 변화 추이〉

(2) 기후변화에 따른 서울시 강우변화 예측

- 2100년을 기준으로 검벨(Gumbel) 분포의 적용결과 50년 빈도 확률강우량이 2006년 414.0mm에서 2100년에는 463.2mm로 약 11.9% 증가



〈24시간 50년 빈도 확률강우량의 경년별 변화 모의〉

(3) 서울시 설계 강우 및 극한 강우 분석

- 수방시설물 설계 빈도 및 서울시 확률 강우량

(최근 서울시 하수관거, 펌프장, 수방시설물 설계빈도)

구 분		설 계 빈 도	비 고
하수 관거	지선	기존 5년 → 10년으로 상향 조정	2009년도 하수도정비기본계획
	간선	기존 10년 → 30년으로 상향 조정	
빗물펌프장		기존 5~20년 → 30년으로 상향 조정	기상이변을 대비한 수방능력 향상 (펌프장분야) 타당성 조사(2007)
배수시설 배수로 방수로 배수제 배수문 배수 펌프 유수지 및 저류지		2년 ~ 50년 20년 이상 20년 이상 20년 이상 20년 이상 20년 이상 20년 이상	하천설계기준 (한국수자원학회, 2011)
하천제방 국가하천 지방하천		100년 ~ 200년 50년 ~ 200년	
홍수방어(조절)용 저 수 지 여 수 로 제 방		50년 ~ SPF(표준설계홍수량) PMF(가능최대홍수량) 10년 ~ SPF(표준설계홍수량)	

(서울지점의 연도별 설계적용 확률강우량의 변화(지속기간 1시간))

연도	빈도별 확률강우량 (mm)					비 고
	5년	10년	20년	30년	50년	
1998	62,2	73,6	86,0	92,7	114,1	하수(우수)관거
2000	62,2	74,3	85,9	92,7	101,0	펌프장
2001	64,5	74,9	85,2	91,3	98,8	펌프장
2002	64,6	74,9	85,2	91,3	98,8	하수(우수)관거
2003	65,9	77,2	87,9	94,3	102,2	펌프장
2004	62,2	74,3	86,0	92,7	101,0	펌프장
2007	65,9	77,2	87,9	94,3	102,2	펌프장
2008	-	76,9	87,8	94,0	-	펌프장
2008	65,9	77,2	87,9	94,3	102,2	하수(우수)관거
2009	65,9	77,2	87,9	94,3	102,2	관거 및 펌프장
2011	64,4	75,4	85,9	91,9	99,5	이번 회

○서울지역의 가능최대강수량

－1시간 176mm, 2시간 252mm, 24시간 1,080mm

(4) 서울의 도시홍수 방재성능 목표 강우량

〈서울지역의 방재성능목표 강우량(소방방재청, 2010)〉

단기계획(2015년)		중기계획(2025년)		장기계획(2040년)	
1시간	3시간	1시간	3시간	1시간	3시간
95mm	170mm	105mm	190mm	120mm	220mm
30년 재현기간 상당 강우량으로, 하수관거 및 빗물펌프장 용량 확대		70년 재현기간 상당 강우량으로, 하수관 용량 확대 외에 침투시설, 저류시설 확대 등 우수유출저감시설을 통한 유역관리 강화		200년 재현기간 상당 강우량으로, 중기계획 이외에 건축 및 토지이용 규제, 예·경보체계 고도화, 방제거점, 시민방재 참여 등을 통한 비구조적 대책 적용	

2) 기상이변 대비 서울시 침수 분석

○분석방법

－외수범람 분석

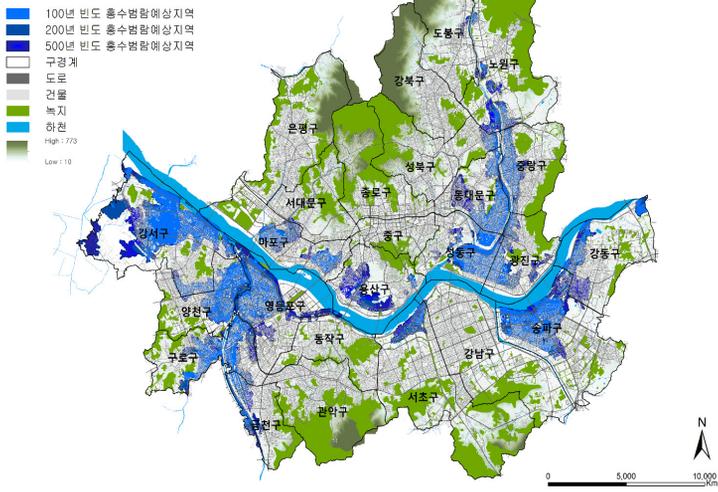
- 100, 200, 500년 빈도 범람 해석자료, 한강수계 홍수위험지도(1차)(국토해양부, 2009) 이용

－내수침수 분석

- XP-SWMM을 이용한 관망해석 후 범람 분석 수행
- 계획 빈도 및 도시방재성능 목표 강우(소방방재청, 2010) 적용(10, 30, 70, 200년 빈도)
- 구청별 풍수해저감 종합계획 내수침수 자료를 이용하여 15개 주요 자치구(마포구, 영등포구, 강남구, 관악구, 송파구, 광진구, 동대문구, 성북구, 중랑구, 성동구, 중구, 강동구, 서대문구, 금천구, 양천구) 내수범람 분석

○ 분석결과

서울시 빈도별 홍수범람 예상도



〈서울시 빈도별 외수범람 예상도〉



〈서울시 내수범람 예상도(15개 구청 적용)〉

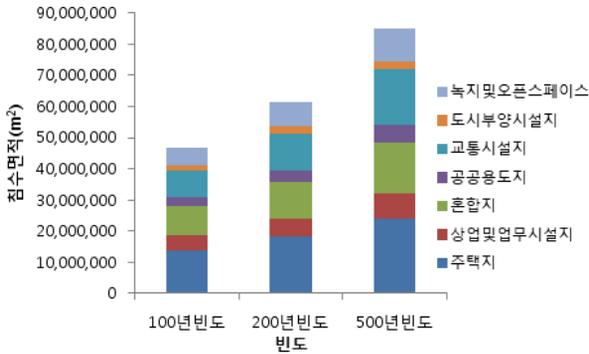
3) 기상이변이 서울시에 미치는 영향 분석

(1) 시설물별 피해 영향 예측

○ 외수범람

－ 토지이용별 영향

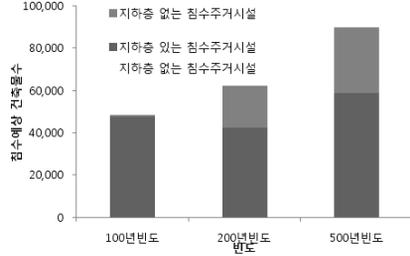
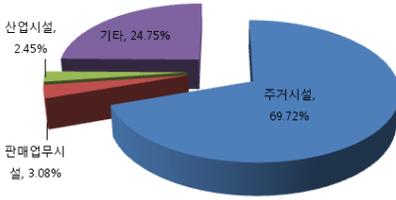
- 주택지가 전체 침수예상지역의 28 ~ 30%로 가장 높고, 이어 혼합지(19 ~ 20%)와 교통시설(18 ~ 21%) 순으로 나타남.
- 500년 빈도 외수침수 시 도시부양시설지의 38%, 교통시설지의 27%가 침수되고, 도시기반시설의 침수피해가 클 것으로 판단됨.



〈빈도별 외수침수에 의한 토지이용별 침수 영향〉

○ 건축물별 영향

- 전체 침수 예상 건축물의 대부분(68.3 ~ 69.7%)은 주거시설로 분석
- 외수침수 예상 주거시설 중에서 약 65.5% ~ 98%가 지하층이 있는 주거시설
- 기상이변에 의한 극한강우 발생 시 저지대 지하 주택의 침수피해가 클 것으로 예상

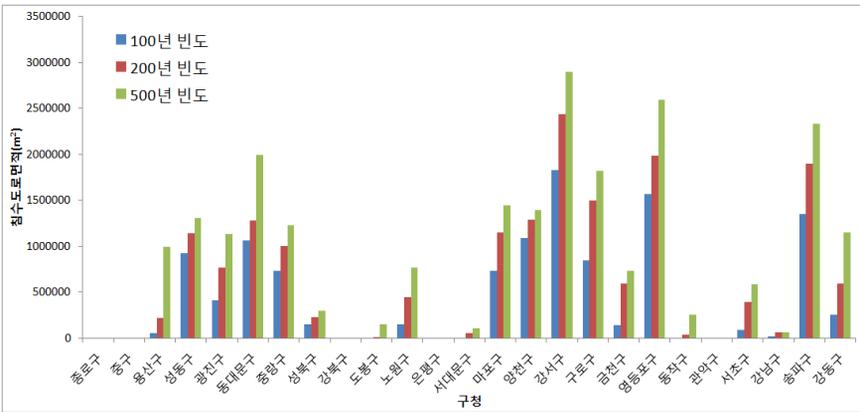


외수침수에 의한 건물 용도별 침수 영향(500년빈도)

외수침수 예상 주거시설 지하층 유무

—도로 영향

- 500년 빈도 외수침수 시 전체 도로의 약 26%가 침수될 것으로 예상
- 강서구, 영등포구, 송파구는 500년 빈도 외수침수 시 전체 도로의 50% 이상이 침수 우려

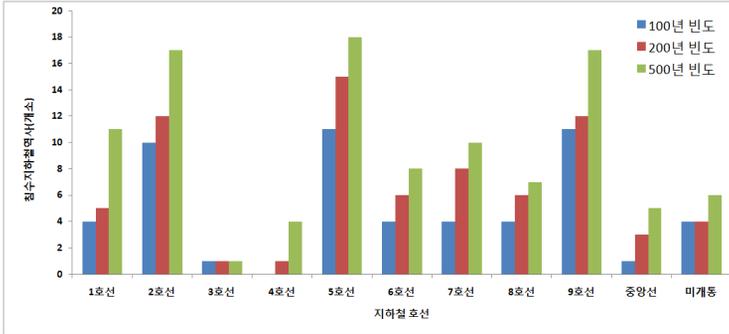


(외수침수에 따른 구청별 도로침수 예상 면적)

—지하철

- 500년 빈도 외수범람 시 전체 역사의 28%인 98개소가 침수예상범위에 포함된 위험역사로 분석

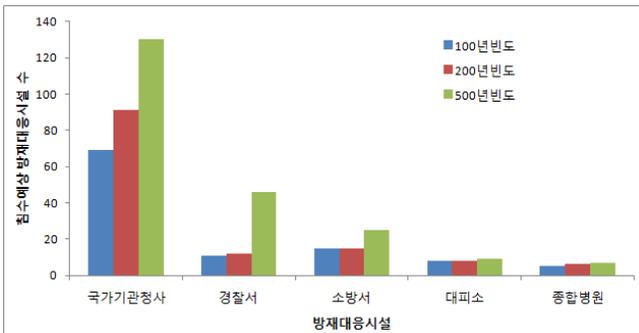
- 노선별로는 5호선, 2호선, 9호선 순으로 침수예상범위에 포함된 역사가 많음



〈외수범람에 따른 침수위험 역사〉

—주요 방재대응시설 영향

- 재해발생 시 대응 및 대피활동을 위해서는 재해 상황을 통제할 수 있는 종합상황소와 대응시설인 소방서, 경찰서, 의료기관 및 대피소 등은 침수피해로부터 안전한 위치에 있어야 함
- 500년 빈도 외수범람 시 주요 방재대응시설 중 약 27.7%가 침수예상 범위에 포함됨



〈서울시 주요 방재대응시설 침수예상 현황〉

○내수범람 영향

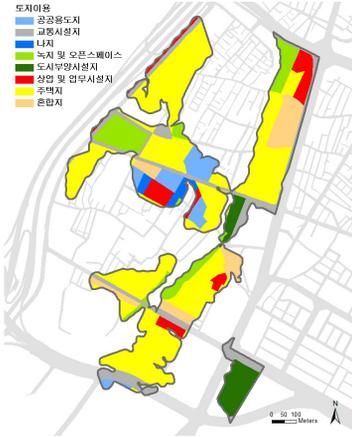
- 주택지, 주거용 건축물의 침수 피해 가능성이 가장 큼
- 강서구, 성동구 등과 같은 하천변 저지대는 외수침수뿐만 아니라 내수에도 취약한 지역으로 분석됨
- 외수침수지역과 겹치지 않는 침수예상지역은 지형적으로 분지형 저지대 지형이 대부분임

〈구청별 내수 침수예상 종합〉

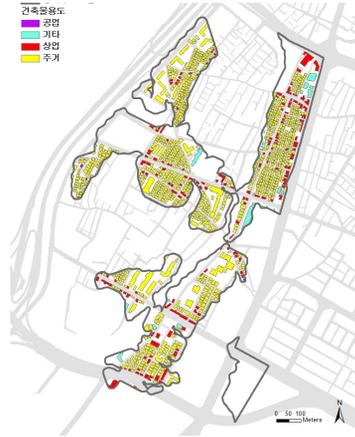
지역	200년 빈도 내수침수 시 시설별 침수 예상				
	토지이용	건축물	방재대응시설	지하철	도로
마포구	교통지	주거용		5개소	158,826㎡
영등포구	상업 및 업무시설	주거용		1개소	122,070㎡
강남구	상업 및 업무시설	상업용	종합병원 1개소	3개소	336,680㎡
관악구	주택지	주거용			35,344㎡
송파구	주택지	주거용			129,265㎡
광진구	혼합지	주거용	종합병원 2개소	3개소	626,017㎡
동대문구	주택지	주거용			27,171㎡
성북구	주택지	주거용		1개소	288,667㎡
종랑구	주택지	주거용		1개소	79,068㎡
성동구	주택지	주거용		1개소	147,581㎡
중구	상업 및 업무시설	상업용		1개소	50,947㎡
강동구	주택지	주거용	15개소(구청(1), 소방서(5), 경찰서(8), 종합병원(1))	1개소	1,109,189㎡
서대문구	주택지	주거용	6개소(소방서(1), 경찰서(4), 종합병원(1))	4개소	489,974㎡
금천구	교통시설지	주거용		1개소	393,371㎡
양천구	혼합지	주거용			18,863㎡

주1)토지이용과 건축물은 분류별 200년 빈도 내수침수 예상지역 중 가장 많은 부분을 차지하는 항목이며, 방재대응 시설, 지하철, 도로는 내수침수 예상지역 내에 포함되는 시설의 개수와 면적을 나타냄

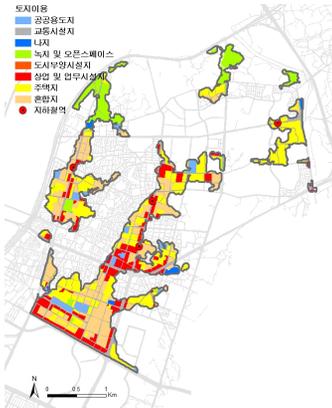
주2)구청별 풍수해저감 종합계획 관망을 이용하여 200년 빈도 강우량을 적용하였으며, 기존에 구축된 관망이 상습침수지역의 간선 위주로 되어 있기 때문에 관망이 구축된 지역에서의 침수예상지역을 나타내며, 구 전체에 대한 분석 시와는 다소 차이가 있을 수 있을 것으로 생각됨.



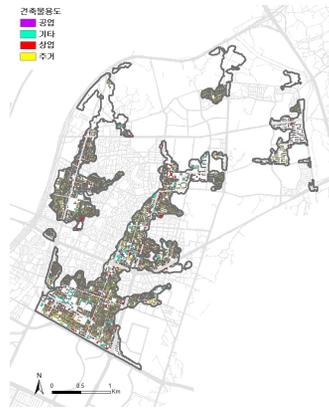
송파구 토지이용(200년 빈도)



송파구 건축물용도(200년 빈도)



강동구 토지이용(200년 빈도)



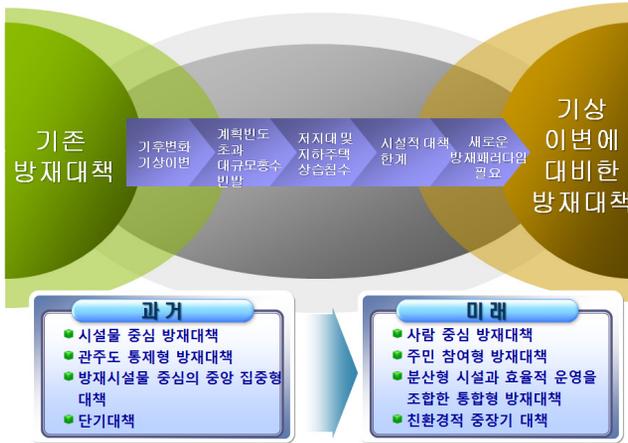
강동구 건축물용도(200년 빈도)

(2) 인문사회 영향

- 대규모 재해는 재해 현상이 끝난 다음에도 도시적 기능이 회복하지 않기 때문에 전염병 발병이나 경제적 타격 심화 등의 2차 재해 발생
- 도시재해는 재해력에 의한 1차 재해에 비해 도시가 갖는 방재 능력 부족이나 환경 원인으로 확대되는 2차 재해가 더 큰 특징을 가지고 있음
- 2차 피해에 대한 영향 예측(전염병, 교통, 통신, 전기 시설 등의 마비에 따른 영향, 정신적 피해, 업무 마비로 인한 영향 등 검토) 필요

4) 기상이변 대응 분야별 전략

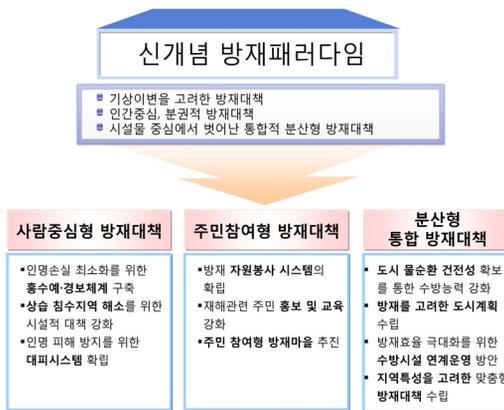
(1) 기상이변 대응을 위한 서울시 방재패러다임 설정



〈방재패러다임의 변화〉

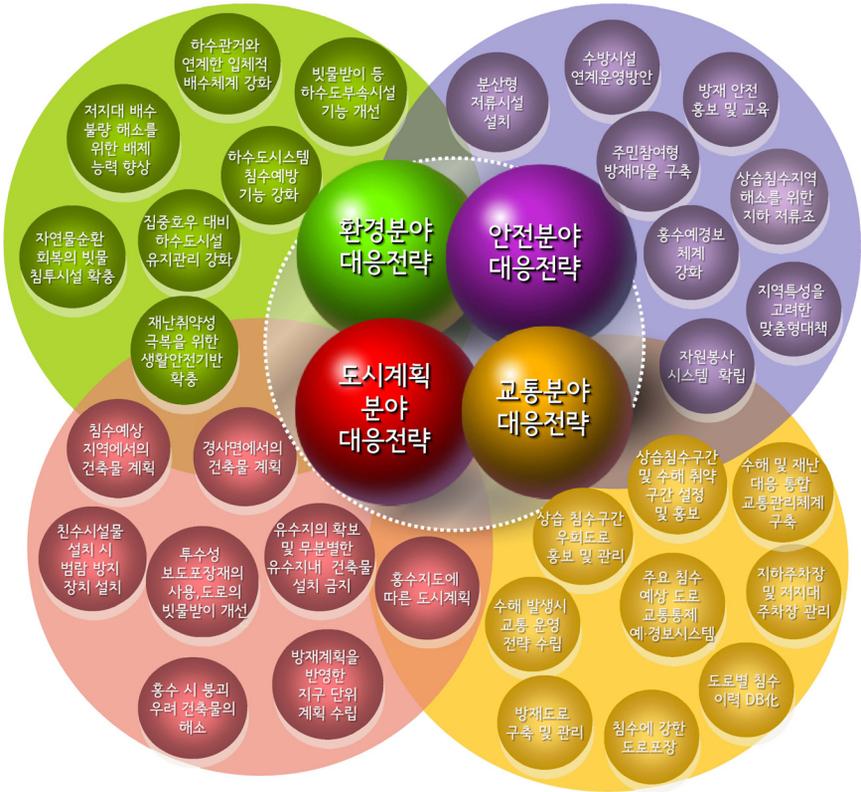
(2) 기상이변에 대비한 서울시 방재패러다임

○ 서울시 방재패러다임 설정



〈기상이변에 대비한 서울시 방재패러다임〉

○ 분야별 대응전략



〈분야별 대응전략〉