



선조들의 지혜를 활용한 기후변화 대응 및 도시방재전략

2017. 2. 3

심우배 대표이사(주)어스

[前 국토연구원 국가도시방재연구센터장]



(주)어스 US, Urban Safety



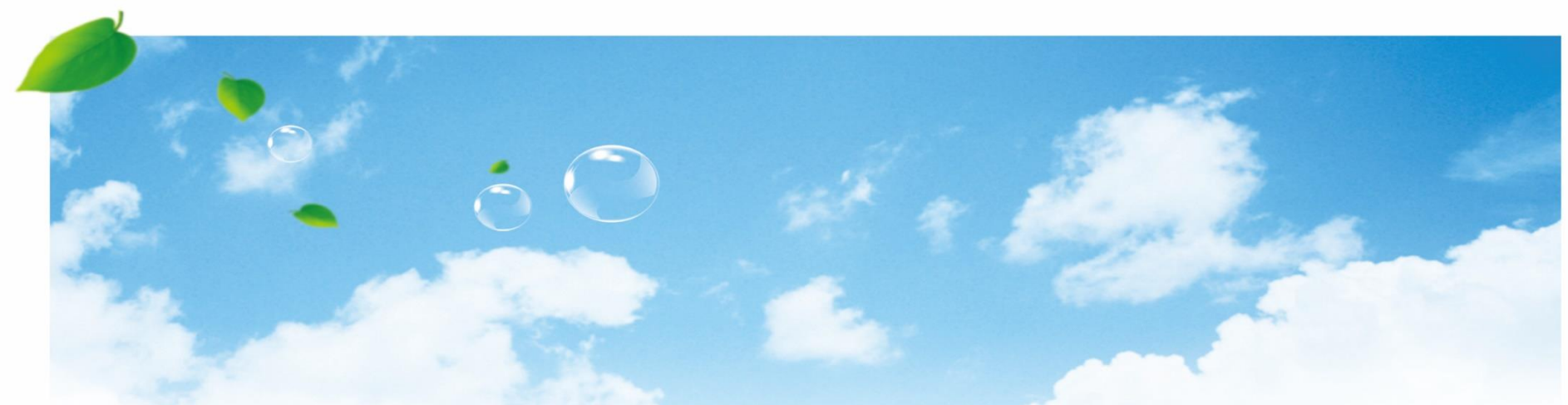
발표 순서

I . 기후변화 및 재해현황

II . 재해에 취약한 현대의 도시환경

III . 선조들의 재해 대응 지혜

IV . 기후변화 대응 및 도시방재전략



I . 기후변화 및 재해현황

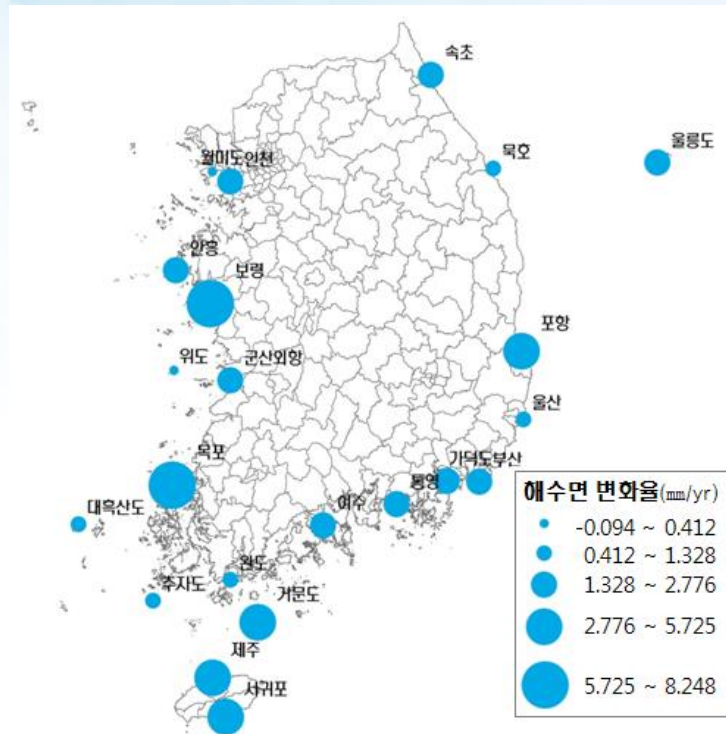
1. 기후변화 현황 및 추세

❖ 우리나라의 기후변화는 전 세계 추세보다 빠르게 진행(기상청, 2009)

- 지난 100년간(1912~2008년) 우리나라 6대 도시 평균기온 1.7°C 상승, 강수량 19% 증가, 43년간 해수면 8cm 상승(제주 22cm, 매년 5.1mm 상승)

※ 세계 평균기온 지난 100년간 0.74°C, 해수면은 매년 1.8mm 상승(IPCC, 2007)

〈 조위관측 자료에 의한 연평균 해수면 변화율 〉



조위 관측소	연평균 해수면 변화율 (mm/yr)	조위 관측소	연평균 해수면 변화율 (mm/yr)
보령	8.248	속초	2.214
목포	8.064	인천	2.158
서귀포	5.575	통영	2.044
제주	5.706	여수	1.913
거문도	4.891	완도	1.328
포항	4.396	추자도	1.065
군산외항	2.776	울산	1.017
울릉도	2.580	목호	0.813
부산	2.464	대흑산도	0.764
가덕도	2.396	월미도	0.412
안흥	2.320	위도	-0.094

※ 우리나라의 조위관측소는 총 37개소이나, 현재 10년 이상 구축되어 있는 지점 22개소만을 대상으로 함

❖ 강수량은 증가하고 강수일수가 감소하여 **강수강도 증가**, 기온상승으로 **증발산량이 커져 가뭄 심화** 전망(기상청, 2008)

● 21세기말 우리나라 **평균기온 4℃, 강수량 17% 증가, 해수면 20.9cm 상승** 전망

※ 세계 평균 해수면은 2100년 59cm, 한반도 주변은 69cm 상승 전망(IPCC, 2007)

● **집중호우일수 증가**하고, 강한 **태풍 비중이 높아질 것으로(19%→26%)** 전망

※ 최근 10년간(1999~2008년) 우리나라 1일 100mm 이상 집중호우 발생빈도는 385회로, 70~80년대 222회에 비해 약 1.7배 증가

❖ **새로운 기후변화 시나리오는 기존 시나리오에 비해 기후변화 영향 더욱 증대** 예상

● RCP 시나리오의 경우 IPCC 4차 평가보고서(2007년)의 SRES 시나리오보다 기후변화 상승폭 증가 예상

● 한반도의 경우 2050년에 **평균기온이 기존 2.0℃에서 3.2℃, 강수량 증가는 기존 11.5%에서 15.6%로 증가** 전망

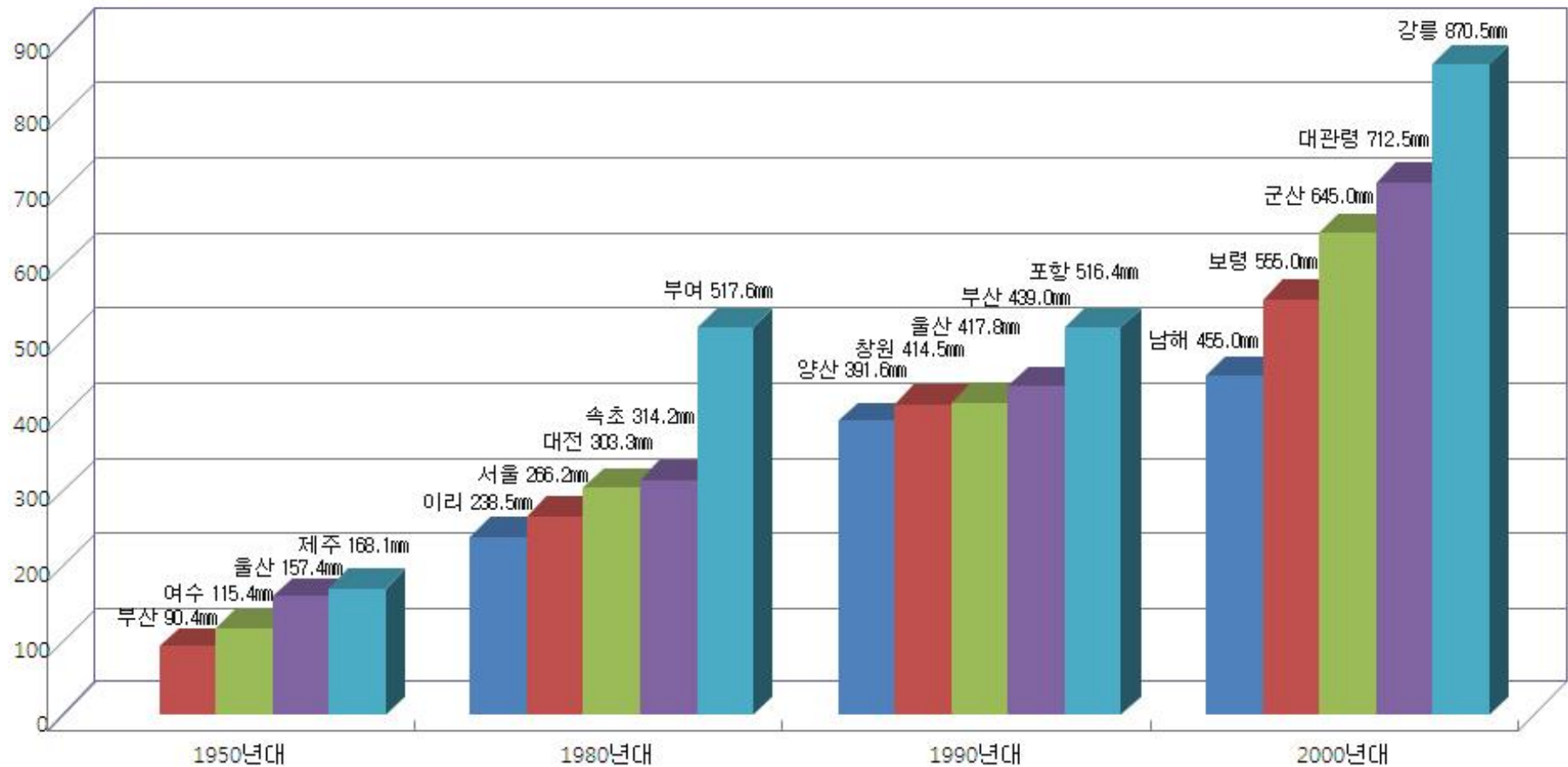
※ 기후변화 시나리오에 의한 충청권 미래 강수량 증가율이 가장 높으며(단기 35%, 장기 50%), 수도권(단기 14%, 장기 28%), 내륙지역 20% 내외, 서해안 5~10% 증가 전망

❖ 우리나라 연도별 자연재해 피해액 현황(1971~2014년)

- 주) 피해액은 2014년 환산가격
자료) 소방방재청(2014), 2014 재해연보

< 호우 및 태풍 피해 20위 순위 내 연대별 최대일강우량 현황 >

최대일강우량(mm)



자료) 소방방재청(2008), 2007 재해연보

3. 국내 · 외 재해 현황

❖ 미국 중서부지역 집중호우(2015.12)

- 2015년 12월 30일 토네이도에 의한 집중호우로 이재민 약 1천700만 명 발생
- 400여개 강의 수위가 홍수위를 넘기고, 45개 하천은 대홍수 조짐을 보임



❖ 영국 중부지역 집중호우(2015.12)

- 2015년 12월 26일 일최대강수량 120mm(12월 평균 강수량 145mm), 약 3천여가구 침수피해, 피해액 약 15억 파운드 추정



❖ 필리핀 태풍 '하이옌'(2013.11)

- 2013년 11월 4일부터 11월 11일까지 최대강수량 400mm, 최대순간풍속 105%, 사망·실종 7,500여명



❖ 일본 태풍 '탈라스'(2011.8~9)

- 2011년 8월 30일부터 9월 5일까지 최대강수량 1,800mm, 최대순간풍속 40%, 사망·실종 80여명, 주택침수 1,200동, 정전 1만가구 이상



❖ 파키스탄 북서부지역 집중호우(2010.7)

- 사망 1,600명, 이재민 약 2,000만명 이상, 인더스강 범람, 국토의 20% 침수, 4일동안 최대 415mm (연강수량 약 690mm)



❖ 대만 태풍 '모라꼿'(2009.8)

- 사망 · 실종 699명, 재산피해 1,640억 대만달러, 24시간 최대강수량 1,500mm, 4일동안 3,000 mm (연강수량의 76%)



❖ 미국 뉴올리언스 허리케인 '카트리나'(2005.8)

- 2005년 8월 23일부터 31일까지 강수량 250~457mm , 폭풍해일 4.5~9.0m, 허리케인 5등급, 사망 1,300여명 이상, 이재민 약 250만 세대, 재산피해 1,000억 달러 이상 추정



❖ 태풍 '차바'에 의한 피해사례_창원(2016.10.05)

- 10월 5일 창원지역에 최대 219.5mm 강우 발생, 성산구는 시간당 101mm 폭우 발생
- 도로 및 저지대 침수, 시설물 파손 피해 등 발생

<마산합포구 마산어시장 해안도로>



<성산구 비음산 산사태 국도25호선>



<진해구 용원동 어시장 상가 일대>



<성산구 대암초등학교 앞>



<의창구 대원동 시티세븐몰>



❖ 태풍 '차바'에 의한 피해사례_울산(2016.10.05)

- 10월 5일 울산지역에 최대 319mm 강우 발생, 시간당 139mm 폭우 발생
- 인명피해는 2명 사망 1명 실종, 저지대 침수, 시설물 파손 피해 등 발생

<울주군 서성면 간절곶 인근 해안>



<중구 태화강대공원과 둔치>



<중구 태화시장>



<울주군 반천강변길 아파트 주차장>



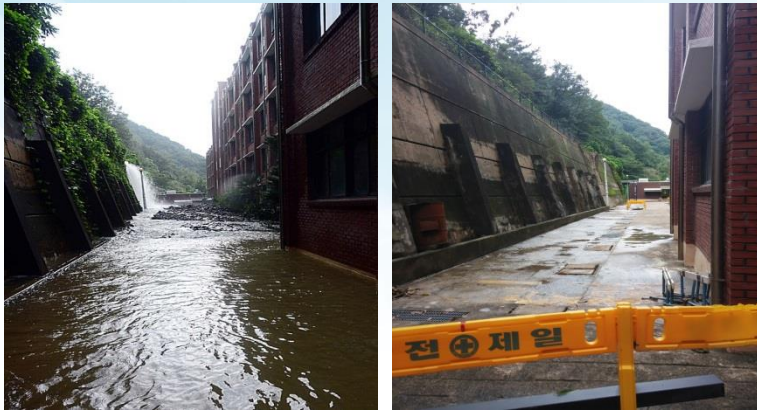
<중구 우정동>



❖ 집중호우에 의한 피해사례_부산(2014.8.25)

- 8월 24일부터 25일까지 부산지역에 최대 242mm 강우 발생, 금정구는 시간당 130mm 폭우 발생
- 피해액은 기장군 440억원, 금정구 103억, 북구 80억, 인명피해는 4명 사망 1명 실종, 이재민 75세대 122명 등 발생

<양덕여중 침수피해>



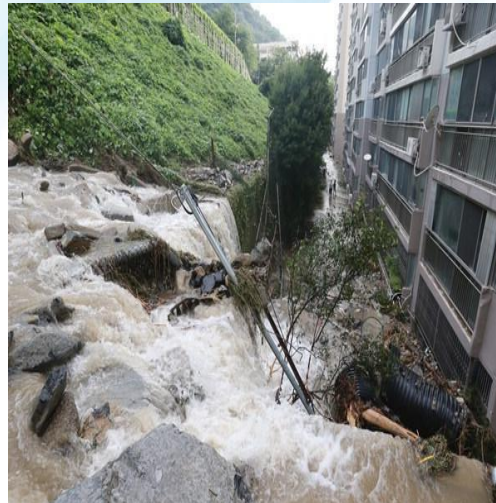
< 부산 시내 침수 >



< 기장군 장안읍 일대 침수>



<북구 덕천동 토사유출>



❖ 집중호우에 의한 피해사례_창원(2014.8.25)

- 8월 24일부터 26일까지 창원에 평균 211mm(최대 269 mm), 최대 시간강수량 106 mm(진동면)의 국지성 폭우 발생. 창원시 피해액 약 299억원, 마산합포구 140억원의 피해액, 사망자 7명의 인명피해 발생

< 경남대 주변 도로침수 >



< 경남대 뒤 산복도로 침수 >



< 하천변 주택 붕괴 >



< 마산합포구 진동면 버스침수 >



❖ 집중호우에 의한 피해사례_서울, 경기(2011.7.26~28)

- 2011년 7월26일 부터 28일까지 누적강수량 동두천 664mm, 서울 546mm, 최대시우량 경기 광주 99.5mm(27일, 06시), 서울 관악 94mm(27일, 08시), 사망 53명, 정전피해 129,872호, 주택파손 4동, 주택침수 9,957동

〈 올림픽대로 침수 〉



〈 강남대로 침수 〉



〈 우면산 산사태 〉



〈 우면산 산사태로 인한 주택 파손 〉



〈 곤지암천 범람 〉



〈 곤지암천 주변지역 침수 〉



❖ 집중호우에 의한 피해사례_서울(2010.9.21~22)

- 이틀간 누적강수량 서울 259.5mm (9.21 강서구 화곡동 시간당 최대강수량 98.5mm), 서울시 9,419가구 주택 침수피해 발생(침수주택 중 90% 반지하주택)

〈 광화문 일대 도로 침수 〉



〈 청계천 수위 상승 〉



❖ 집중호우에 의한 피해사례_평창,인제(2006.7)

- 2006년 7월 14일부터 18일까지 누적강수량 평창군 491.5mm, 인제군 453.0mm, 최대시우량 109mm (양양 오색), 사망 인제군 31명, 평창군 10명, 재산피해 평창 5천100억원, 인제 4천120억원



❖ 태풍 '매미'에 의한 피해사례_부산(2003.9)

- 2003년 9월 11일 부터 13일 09시까지 태풍 매미로 인해 강수량 10~450mm, 순간최대풍속 60%, 조위 146cm 상승
- (전국피해) 사망 131명, 이재민 4,089세대 10,975명, 재산피해 4조6천억원, (부산 수영구) 재산피해 92억원

〈 부산시 해수범람으로 인한 광안리 해수욕장 주변 도로 및 상가침수 〉



〈 강풍으로 인한 부산 신항만 대형 크레인 붕괴 〉



❖ 집중호우에 의한 피해사례_경기도 파주(1996, 1998, 1999)

- 1996년 7월 26~28일까지 3일 동안 강수량 598.7mm, 1998년 8월 5~8일까지 파주시, 동두천시, 포천군 등에 강우 집중, 1999년 7월 31일~8월 2일까지 3일 동안 강수량 488 ~ 837mm 발생, 재산피해(1999년) 3,900억원

〈 문산을 침수피해현황 〉



❖ 집중호우에 의한 피해사례_한강 대홍수(1990.9.9~12)

- 1990년 9월 9일부터 12일까지 한강 본류 평균강우량 438.6mm, 9월 12일 03시 50분 250m 붕괴, 고양군 7개면 85개 마을 침수, 인명피해 사망 126명, 실종 37명, 이재민 187,265명, 재산피해 5,203억원

〈 경기도 일산제방 붕괴로 고양군으로 한강물 유입 〉



〈 경기도 고양군 침수 〉



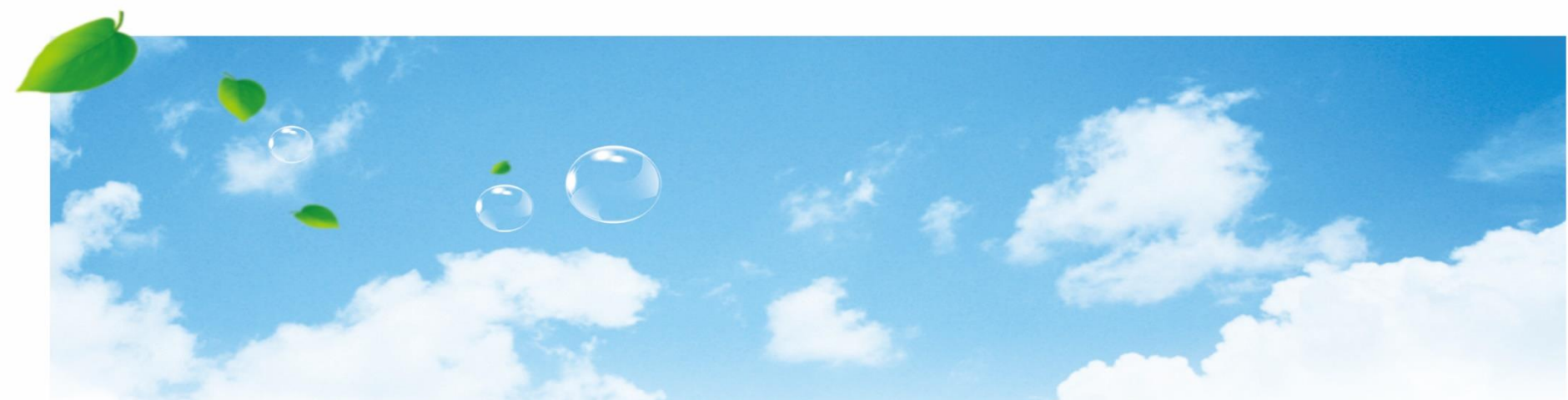
4. 기후변화에 따른 재해 특성 및 주요 피해원인

❖ 기후변화에 따른 재해 특성

- 최근 기후변화와 슈퍼엘니뇨로 인해 한반도 및 주변국을 비롯하여 전세계 곳곳에 대형재해가 빈번하게 발생하고 있음
- 기후변화 재해는 장소에 대한 불확실성이 커서 어디서 발생할지 예측하기 어려움
→ 과거 재해피해지역 뿐아니라 잠재재해취약지역에서도 대형 재해 발생 우려가 있으므로, 기후변화 영향에 대비하여 예방적 방재 대책 마련 필요

❖ 주요 재해 사례의 피해원인

- 주요 재해사례 피해의 1차적인 원인은 공통적으로 기후변화로 인한 집중호우, 태풍, 등의 대형화로 인한 것이며, 침수, 토사, 강풍 등으로 도시기반시설(교통시설(도로, 고속국도, 철도, 공항), 전기시설, 통신시설, 발전시설(원자력발전소, 댐, 저수지), 상하수도시설, 항만시설, 도시지하공간시설(지하철, 지하도로, 지하상가, 지하주차장, 반지하주택) 등) 피해 심각
- 재해 피해를 가중시키는 주요 원인은 하천변·해안변 저지대, 급경사지 주변 등 재해취약지역의 밀집 거주 등 방재개념이 미흡한 도시개발, 토지이용, 건물 배치, 우수저류·재활용시스템 미흡, 그리고 도시 내 지형적인 저지대와 도로포장 등 불투수면적의 증가 등임

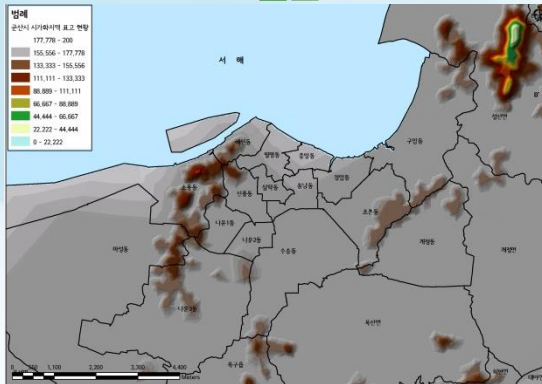


II . 재해에 취약한 현대의 도시환경

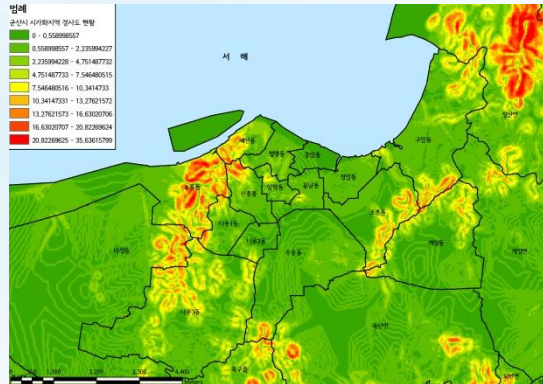
❖ 재해를 고려하지 않은 도시개발(군산시 사례)

- 군산시의 평균경사도 분석결과, 도시 전체적으로는 평지에 가까운 지형을 지니고 있으며, 구시가화지역은 고지대에 위치하고 있음

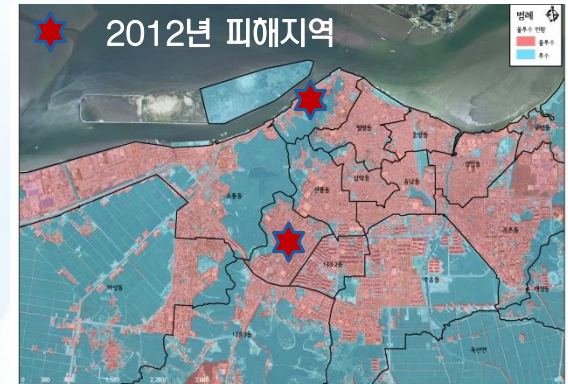
〈표고〉



〈경사도〉

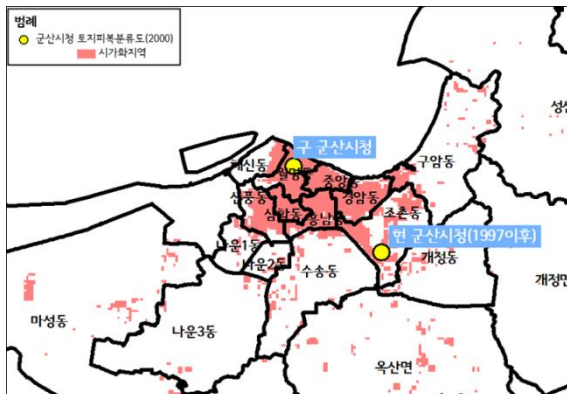


〈불투수지역 현황〉

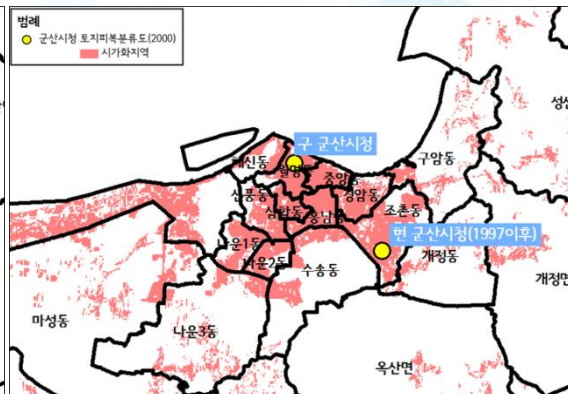


- 면적 대비 높은 도시밀집도를 지니고 있으며, 시가화 지역의 불투수면적비율이 매우 높음
- 토지피복 현황 조사결과, 구시청사와 신시청사 지역, 군산시 남부의 나운동 지역을 중심으로 도시개발이 진행됨

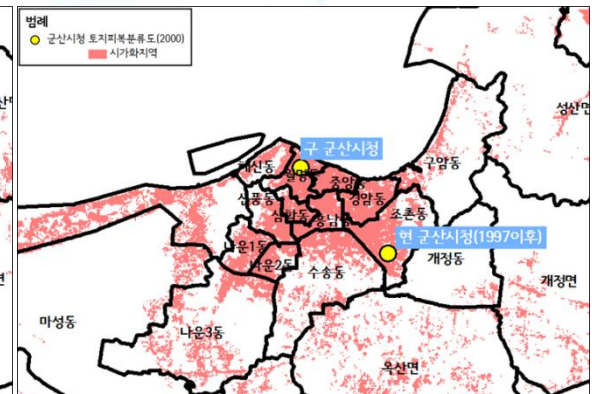
〈 1980년 시가화지역〉



〈 1990년 시가화지역〉

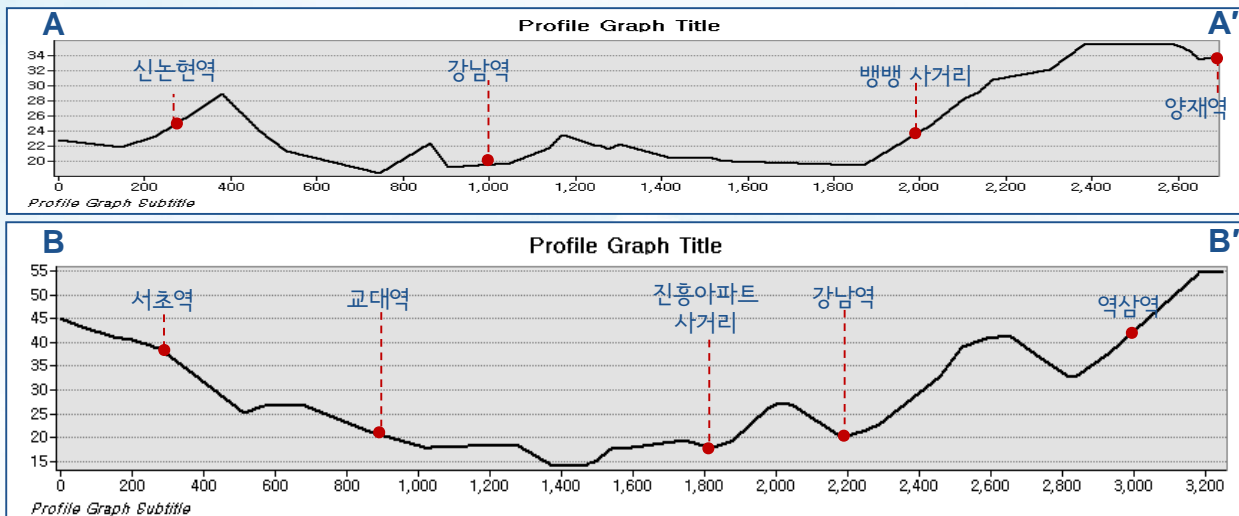
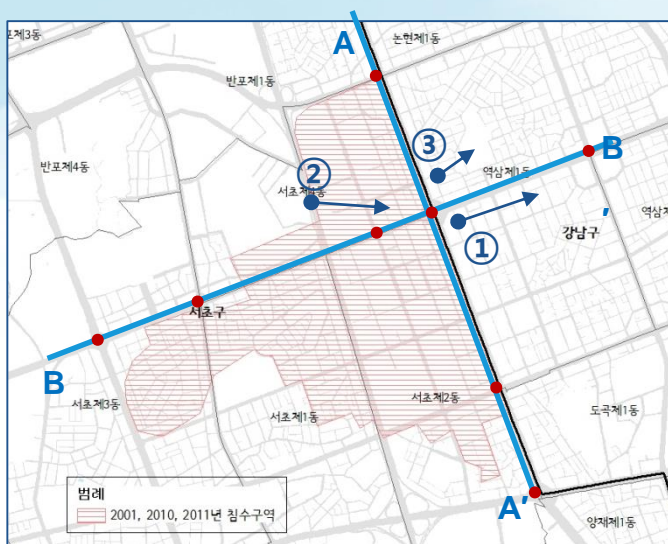


〈 2000년 시가화지역〉



❖ 도시의 지형적 저지대와 불투수면적의 증가

- 도시의 저지대 개발로 인해 지형적으로 물이 모이는 저지대에 주택 및 상가가 밀집 되어 있고, 도로의 포장 등의 불투수면적 증가로 인해 단시간에 우수 집중



❖ 재해취약지역을 고려하지 않은 토지이용

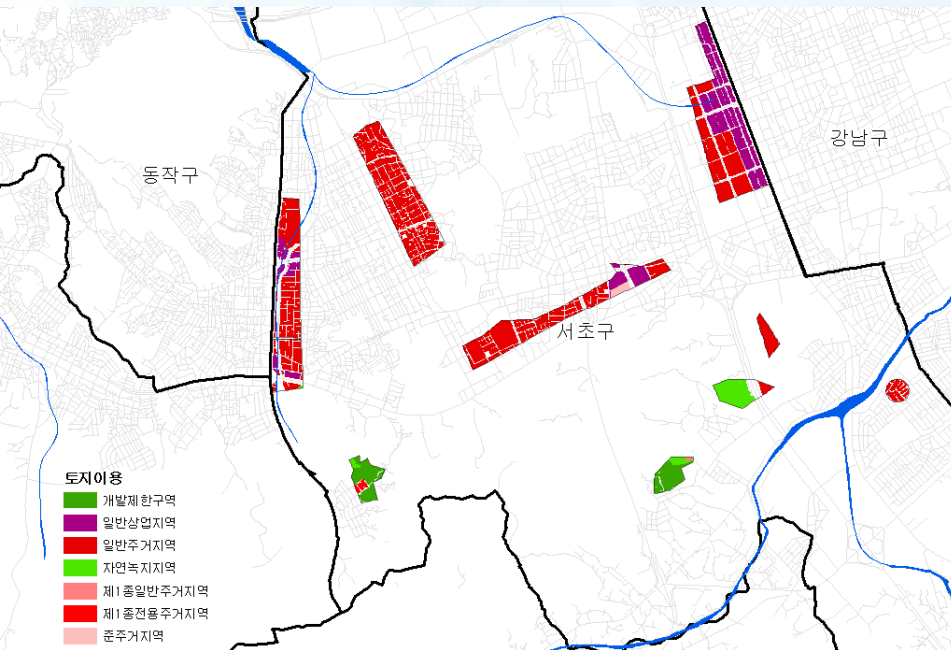
- 하천변, 급경사지 주변 등 취약지역을 고려하지 않은 거주환경 조성

〈 하천변 주택 피해 〉

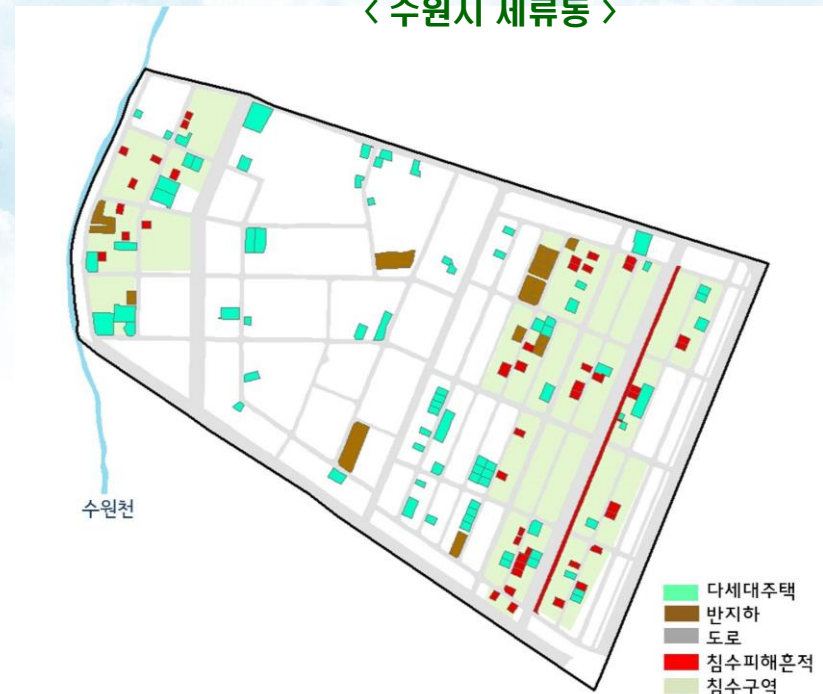
- 침수지역 인근 우수유출 저감을 위한 녹지 등의
완충기능지역 미비



〈 서울시 서초구 〉



〈 수원시 세류동 〉

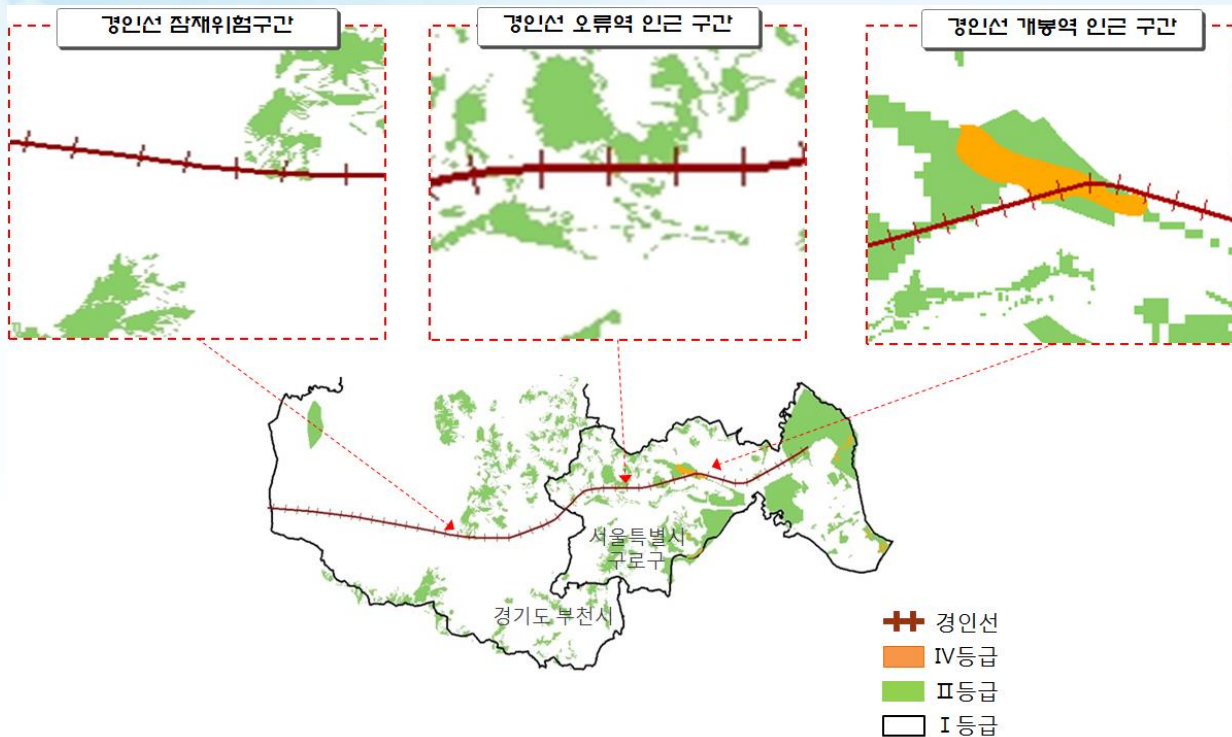


❖ 재해취약지역을 고려한 도시기반시설의 배치기준 미흡

● 재해취약지역을 고려하지 않은 기반시설 설치

※ 경인선 노선 중 구로구와 부천시를 통과하는 일부 구간이 취약지역(2001년 침수피해와, 오류천의 계획홍수위 이하 저지대)을 지나감

〈 홍수취약지역을 통과하는 경인선 〉



〈 오류역 인근 침수구역 및 노선침수 〉



❖ 재해취약지역의 건축물 적응 대책 미흡

〈 1층 상가에 턱이 없는 경우 〉



〈 건물 지하주차장 〉



〈 건물 환풍구 〉

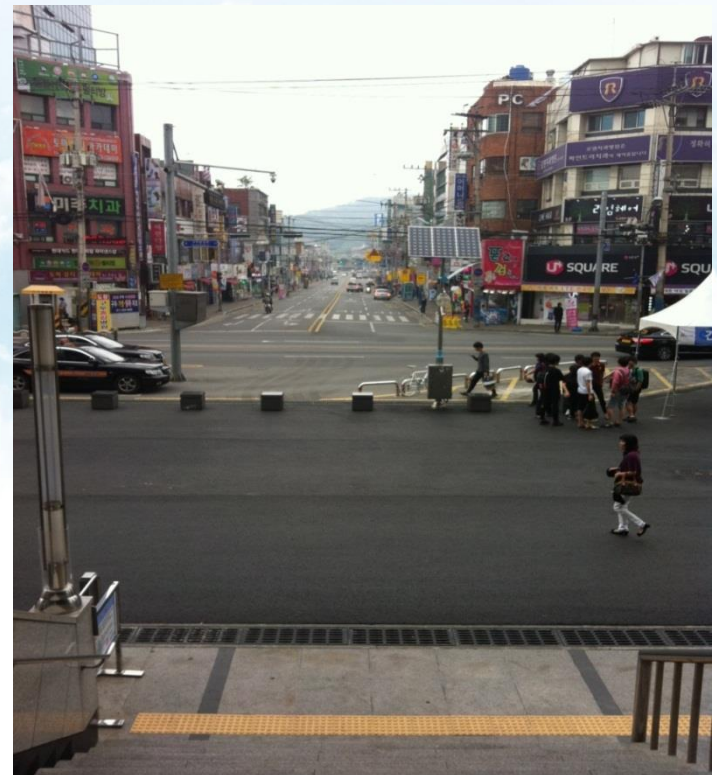


- ❖ 도시기반시설을 보호하는 측면 위주의 방재기준 및 주변지역에 미치는 영향 등에 대한 저감대책 부재
 - 재해로 인한 도로 침수방지 측면의 도로배수시설 설치 등 개별 도시기반시설의 기능 보호 중심의 단편적 방재기준
 - 도로, 광장, 주차장 등 불투수 시설 설치로 인해 주변지역에 미치는 영향 등에 대한 저감대책 부재

< 도로 주변지역 재해영향 가중 >



< 광장 주변지역 재해영향 가중 >



❖ 도시기반시설 본연의 기능 이외에 방재기능 미흡

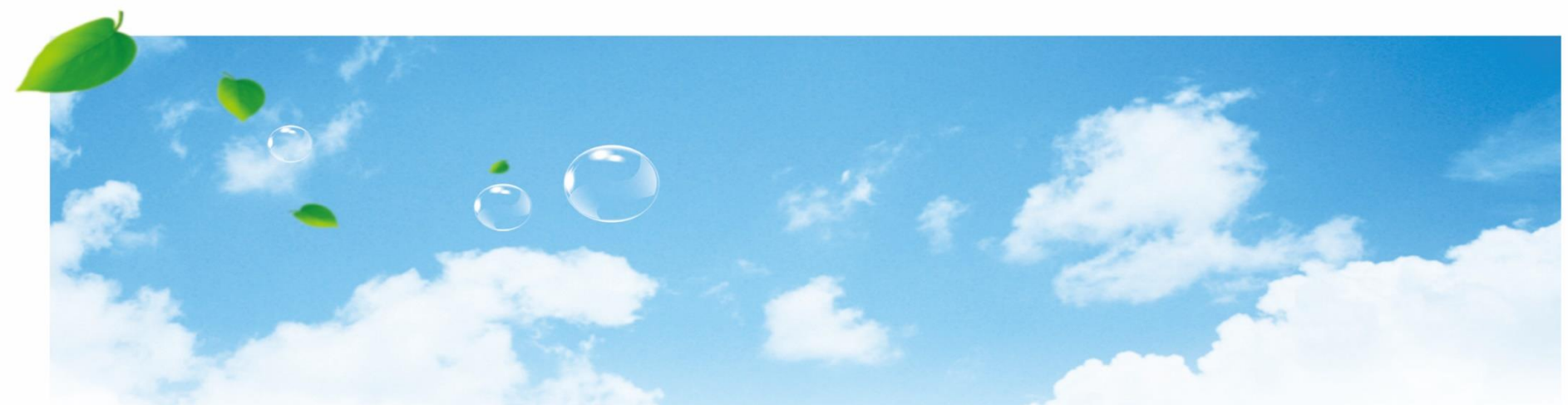
- 공원, 광장, 학교 등 본래의 기능 이외에 우수 침투 및 저류 등의 방재기능 미고려

< OO학교 >



< OO시청 광장 >





III. 선조들의 재해 대응 지혜

1. 선조들의 지혜 - 풍수지리(風水地理)와 연계

- 풍수지리 5대 요소 : 산, 불, 바람, 물, 방위
- 풍수지리의 핵심 : 장풍<득수(藏風得水),
- 장풍-바람을 재운다. 막는다는 의미, 득수-물을 얻는다. 유통, 소통, 재물(또는 기)을 의미

❖ 전통마을의 좋은 입지조건

- 산을 등지고 물을 내려다보는 지역

(찬)바람을 막는다, 재운다,
기를 흠어지지 않게 한다,
수증기 공급

햇빛이 잘 드는 방향

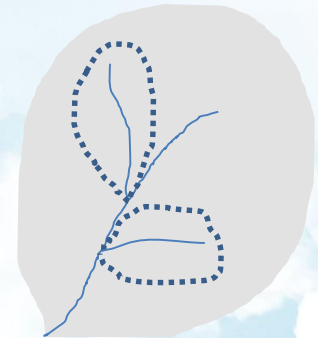
배산임수(背山臨水), 남향(南向), 계거(溪居), 좁은 수구(水口)

재물, 기가 모인다(生氣),
물이 꼬불꼬불해서 순하게
천천히 흘러야 좋다
(큰물은 홍수위험)

작은 하천, 냇가에 거주,
홍수위험이 작다

수구가 좁아야 한다,
빗장이 잡겨야 한다,
여러 겹일수록 좋다(合水)

〈하천 유역도 예시〉



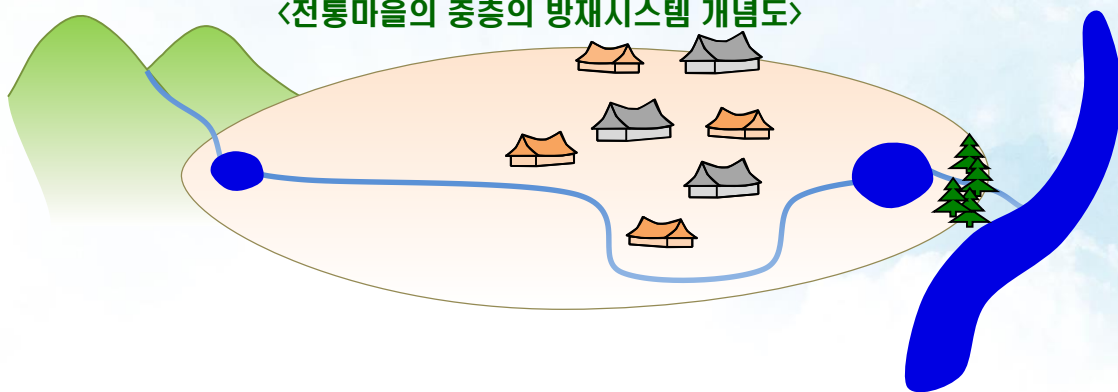
※ 수구막이 : 마을에 나쁜기운(홍수방지 포함)이 들어오지 못하도록 막거나, 마을의 기운이 밖으로 빠져나가는 것을 막는 것. 마을 앞 개울이 곧바로 흘러나가면 마을에 재물이 모이지 않는다.(예, 마을숲(비보숲))

❖ 전통마을의 토지이용 및 중층의 방재시스템

- 재해 위험을 고려하여 안전한 곳에 입지
- 재해에 안전한 토지이용 : 위험지역 이격, 완충공간 조성 등
 - 전통마을은 산자락 끝과 평지가 만나는 곳에 입지(산으로 둘러싸인 곳)
- 중층의 방재시스템 및 자연과 조화로운 녹색방재기술
 - 계곡-작은연못-마을(자연 및 인공수로, 건축물(기단 등))-큰연못-마을숲-제방

※ 연못은 물을 평상시 이용하거나 화재시 활용, 홍수시 빗물저류, 마을에서 나오는 오수 등 유기물의 저장 등의 역할,
마을숲은 외부로부터의 홍수 방지, 내부의 오염물질 저감, 수로는 물길 방향을 바꾸고 자연석을 배치하여 유속을 감소시킴

〈전통마을의 중층의 방재시스템 개념도〉



〈마을숲-연못, 기단〉

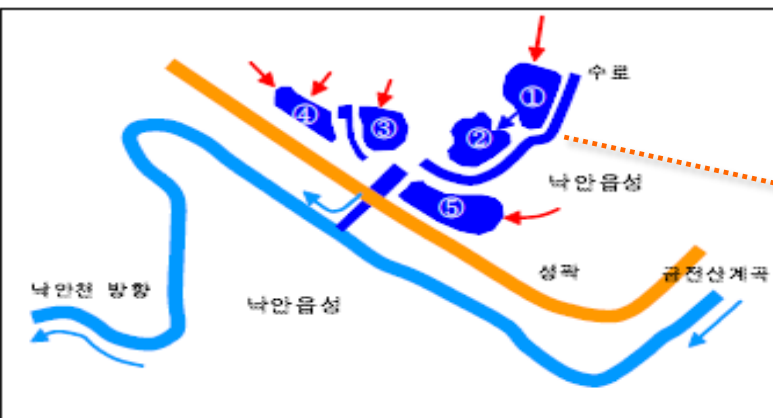


- 제방 : 농토와 가옥을 홍수로부터 보호하기 위해 설치
 - 신라 일성니사금왕 11년(144년) 강의 양안에 처음으로 제방 축조
 - 일제시대 이후 제방은 홍수방지 이외에 하천연안 토지이용도 제고
 - ※ 홍수방어기술의 발달과 인구증가로 인해 천변 거주 등 하천변 토지이용이 증가하였으나, 대규모 홍수시 하천은 원래 물길을 찾아감

❖ 낙안읍성

- 외부배수체계는 북에서 남으로 성외곽부 동측의 소규모 하천을 통해서 자연유하됨
- 내부배수체계는 지형상 동남측으로 자연배수(생태수로)되며 홍수시 범람 방지를 위해 하류부에 5개의 연못이 조성되어 있음

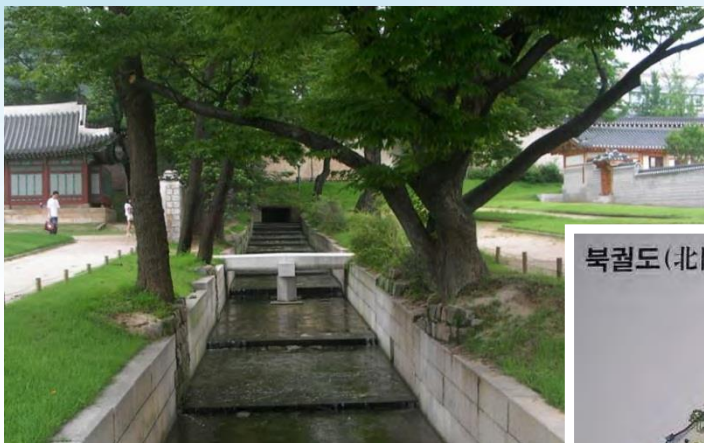
〈 낙안읍성 위성사진 〉



❖ 경복궁

- 경복궁의 배수체계는 집옥재 부근에서 시작해서 내부로 유입되는 물은 후원연못 향원지와 경회루 연못을 거쳐 하류 금천(어도)을 통해 청계천으로 유입

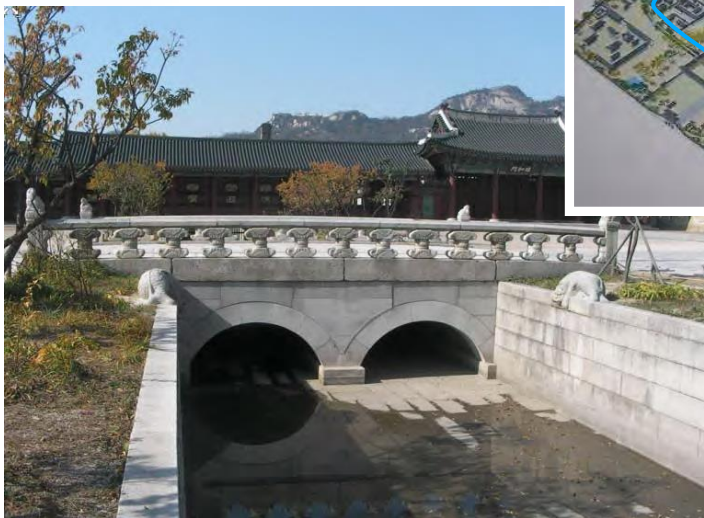
〈 집옥재, 경회루연, 근정문으로 흐르는 금천 ① 〉



〈 후원 연못 향원지와 향원정 ② 〉



〈 근정문금 앞 금천과 영제교 ③ 〉



〈 경회루와 연못 ④ 〉



〈 경복궁 근정전 앞 박석 〉



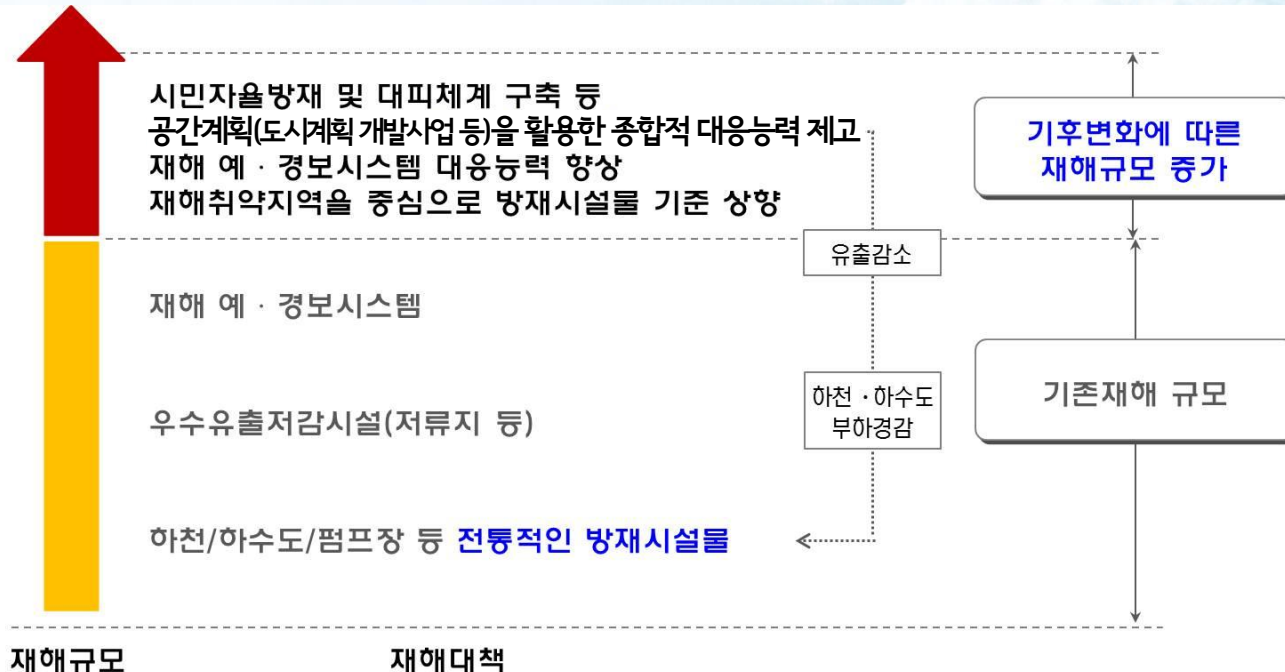


IV. 기후변화 대응 및 도시방재전략

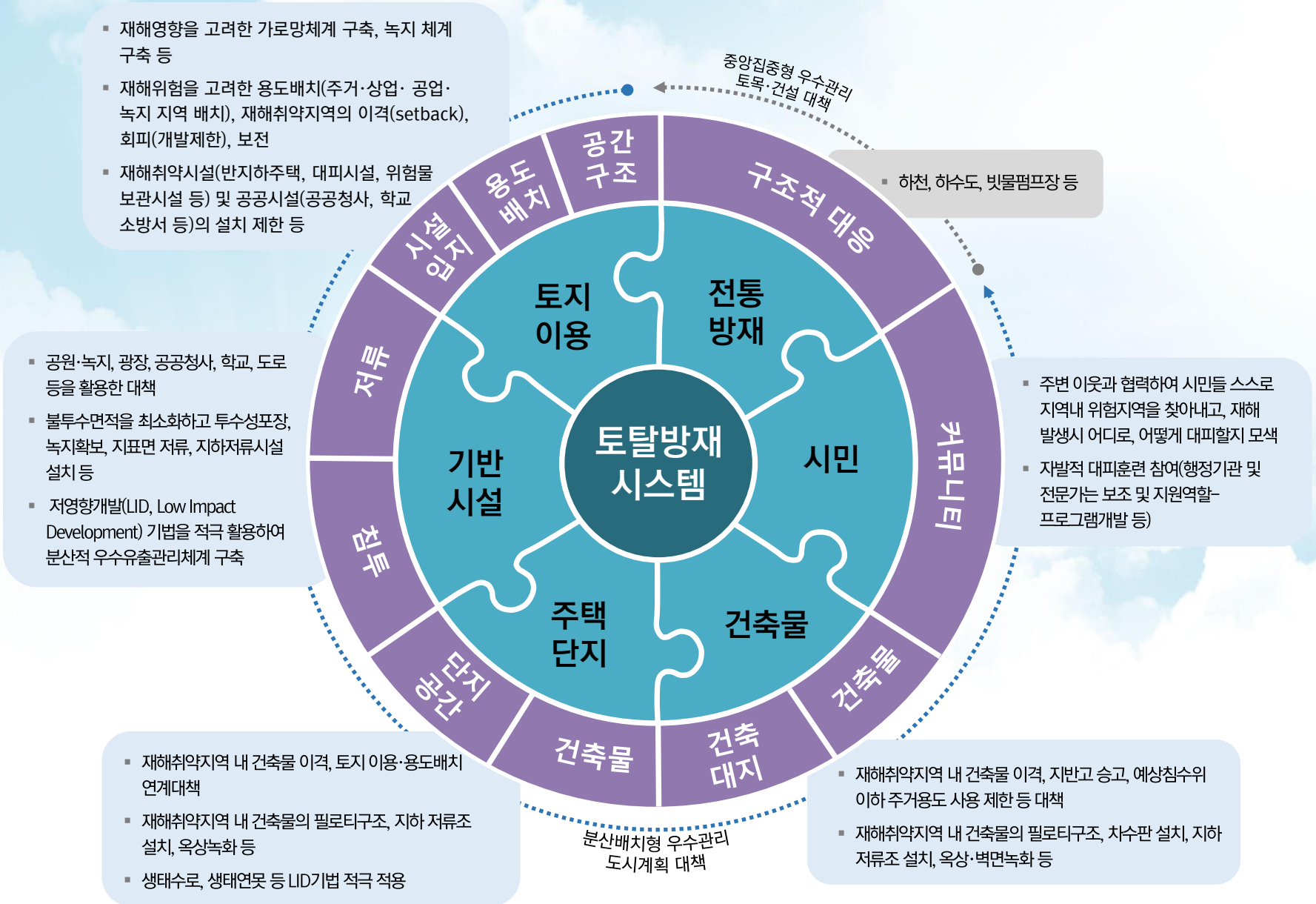
1. 기후변화 대응 도시방재전략

- ❖ 기후변화(대형화, 일상화) 따른 재해에 도시가 적응·대응하기 위해서는 도시의 모든 구성요소가 종합적으로 대응하는 「토탈방재시스템」 구축 필요
 - 「토탈방재시스템」이란 전통적인 방재시스템(하천, 하수도, 펌프장 등)과 병행하여 도시의 토지이용-기반시설(공원, 녹지 등)-단지(주택단지 등)-건축물-시민 등이 모두 연계·대응하여 재해위험을 분담하는 시스템
 - 대형화된 재해위험 분산 뿐아니라 지표면의 저류·침투능력을 제고하여 유출 감소
 - 전통적 방재시스템의 부하 경감 효과(2차 효과)

〈재해규모에 따른 도시방재대책〉



< 토탈방재시스템 개념도 >

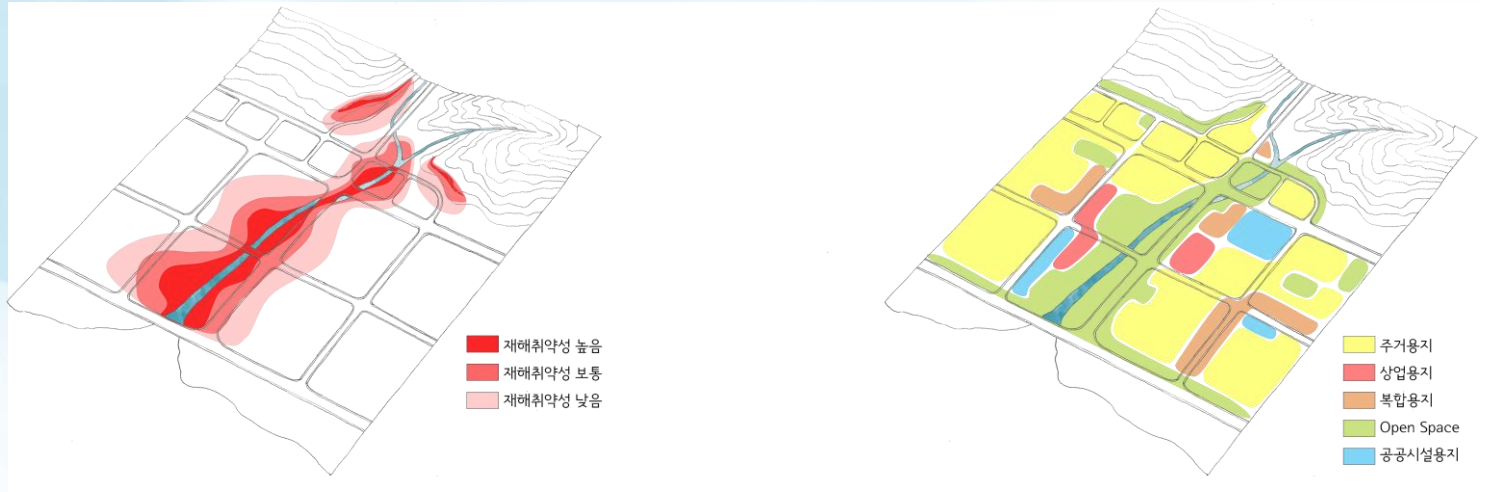


2. 선조들의 지혜를 활용한 재해 안전도시 디자인

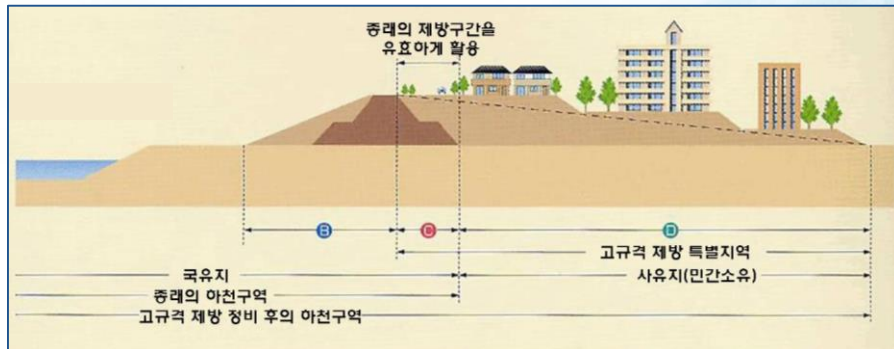
❖ 재해 취약성과 연계하여 용도지역 배치 및 토지이용, 기반시설-건축물 등 중층(Multilayer)의 방재시스템 구축을 통한 안전도시 조성

- (재해 취약성과 연계한 용도배치) 재해 취약성을 고려하여 취약성이 가장 높은 지역은 녹지 등 오픈스페이스 용지, 가장 안전한 지역에 주거용지 배치, 완충지역에는 상업용지, 공공시설용지 배치 및 재해저감대책 마련
- (재해취약지역 내 토지이용) 하천변 저지대, 급경사지 주변 등 재해 취약성이 높은 지역 오픈스페이스 배치, 이격(완충녹지·공원·오픈스페이스 확보 등) 등의 토지이용대책을 통해 근원적으로 재해위험 해소
- (재해취약지역 및 주변지역 기반시설) 산지부와 도시부 경계지역 도로하부 저류지 설치, 재해취약지역 공원 내 저류지 설치, 폭우취약지역 주변의 선큰 광장, 공공시설 지하저류조·광역도로변 생태수로 설치
- (재해취약지역 및 주변지역 건축물) 폭우취약지역 내 건축물 필로티·차수판 설치, 하천범람 대비 건축물 배치 및 이격, 산사태 취약지역 건축물 이격, 폭우취약지역 주변 생태연못, 옥상정원, 블록형투수포장 및 주변보다 낮은 저류형 주차장 설치

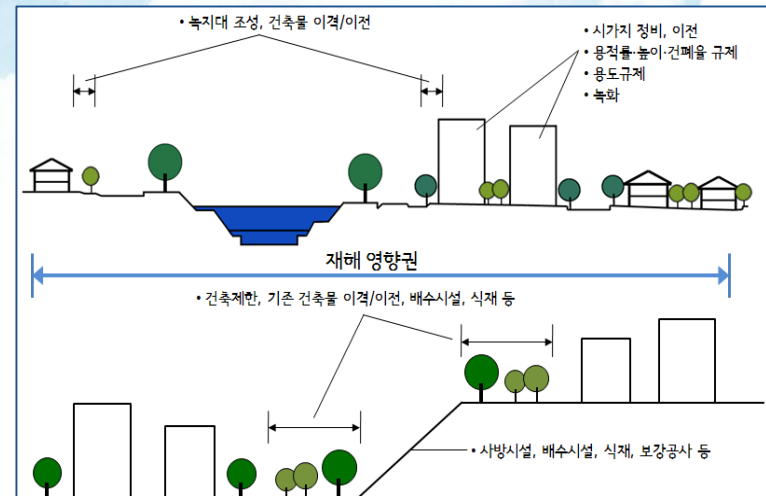
〈 재해취약성을 고려한 용도배치 〉



〈 하천변 저지대 수피제방 조성 〉

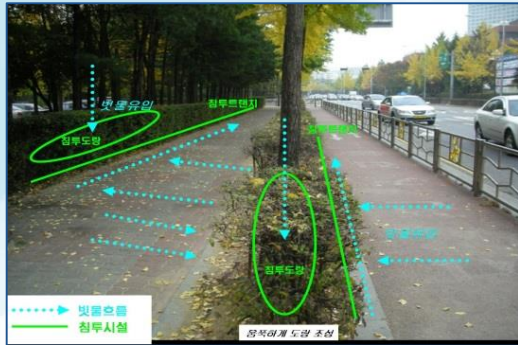


〈 하천변, 연안변, 급경사지 등과 이격(setback) 및 완충지대 조성 〉



기반시설

< 나무, 화초는 바닥과 같거나 낮게 식재 >



< 광역도로변 생태수로 설치 >



< 공원 우수저류 >



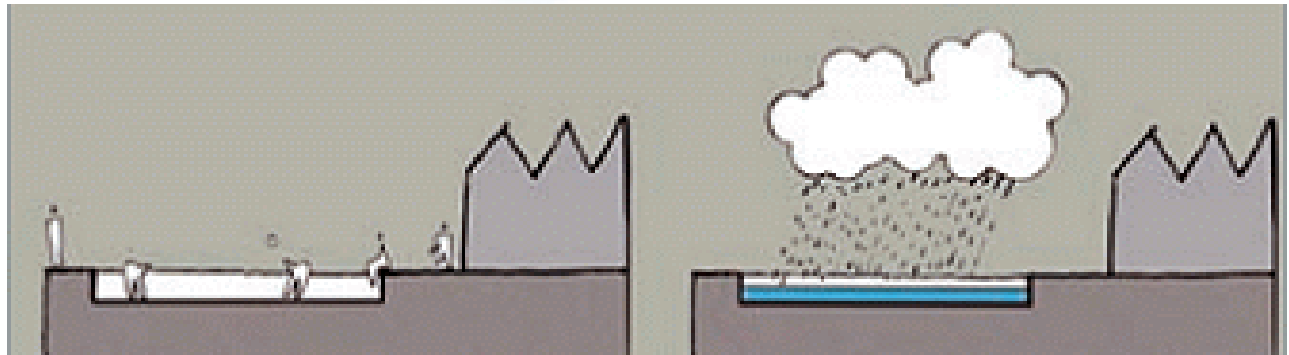
< 연석제거 및 우수저류 >



< 광장 및 주차장 우수 저류 >

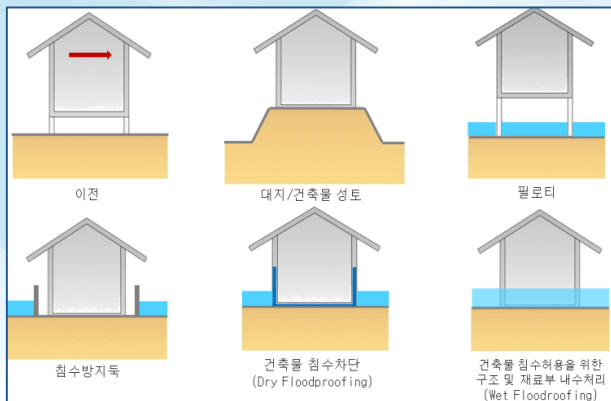


< 지하주차장 겸용 저류지 >

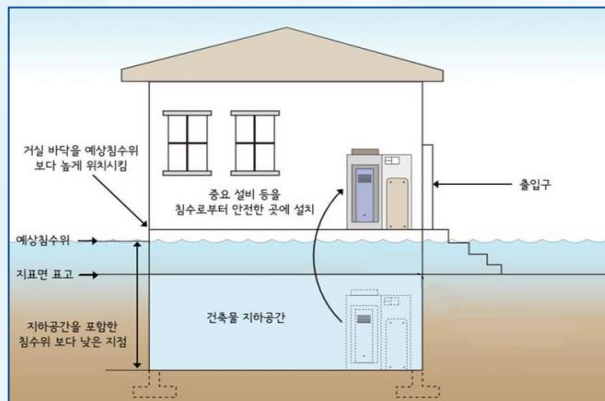


건축물

< 건축물 침수방어를 위한 주요 대책 >



< 예상침수위를 고려한 건축설비 배치 >



< 주거건물 내 지하 홍수조절지 >



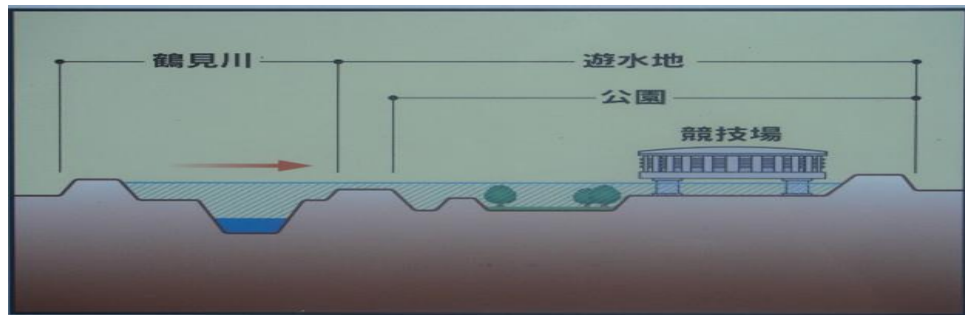
< 재해취약지역 내 종합운동장 저류(1층 필로티) >



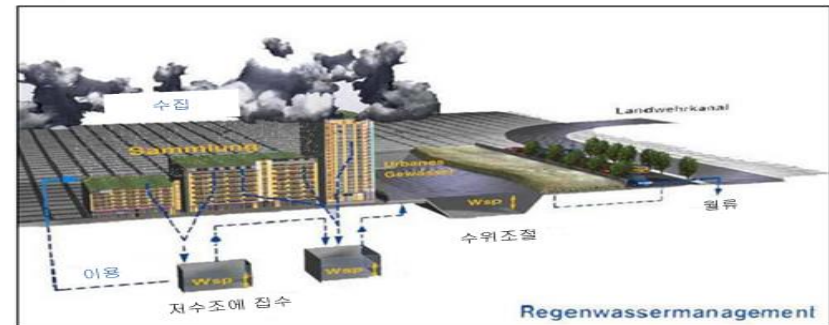
< 도로 노면수 대지유입 차단을 위한 횡단 배수시설, 차수판 설치 >



< 저류개념도 >



< 건물 우수관리시스템 >



안전도시 디자인(안)

공원내 저류지 설치



공공시설 지하저류조 설치



주변보다 낮은 선크광장 설치



재해취약지역내 필로티 설치



하천변 저지대 수퍼제방 설치



침수피해방지 건축물 차수판 설치



예상침수위 이하 지반승고



산사태 방지시설 직하류 도로의 저류시설 설치



블록형투수포장, 주변보다 낮은 주차장 설치



광역도로변 및 단지주변 생태수로 설치



3. 향후 과제

❖ 기후변화, 지진 등 재해 대비 도시안전 마스터플랜 수립 필요

- 재해 현황 및 취약성 분석
- 여건변화 전망
- 목표 및 전략 수립, 추진과제 도출
- 단계별 / 분야별 / 주체별 추진계획 수립

❖ 재해대책 핵심전략

- 재해 위험도/취약성 평가
- 조직 및 매뉴얼(지자체, 산하공공기관 등) 정비
- 새로운 공간계획 수립(이주, 이격 등 토지이용계획)
- 재해대응 기반시설 재설계(용량 증대, 환경친화 대책)
- 새로운 기술의 활용(조기경보시스템 구축 등)
- 모니터링(실시간, 장기간) 및 정보제공 강화
- 대규모 재난 대비 피난 대책 수립(광역피난소 지정·관리 등)
- 주민참여와 교육/훈련의 증진



감사합니다.

“선조들의 지혜를 활용 · 연대화하여
기후변화 및 재해 대응”