

## 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석 및 도시방재방안

심우배 국가도시방재연구센터장(국토연구원), 지승희 연구원(국토연구원)

- 기상청에 따르면 2012년 여름철 강수량은 평년과 비슷하거나 많고, 7월 상순의 강수량은 평년(61~126mm)보다 많을 것으로 전망되며, 중부지방을 중심으로 많은 비가 내릴 때가 있을 것으로 예상됨
- 국토연구원의 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석 결과, 서울을 포함한 수도권, 강원권과 지리산을 중심으로 한 호남·영남권의 남해안 일대가 취약한 것으로 나타났으며, 인구, 기반시설 등이 집중된 특별시·광역시 등 대도시가 상대적으로 더 취약한 것으로 나타남
- 특히, 서울시는 저지대 및 불투수지역의 비율이 높고, 취약인구, 기반시설, 반지하주택의 집중도가 매우 높아 25개 지자체 모두가 취약등급인 IV, V 등급으로 나타나, 단기적인 재해대책뿐만 아니라 도시 체질을 근본적으로 개선하기 위한 중장기 계획 및 실천이 필요

### | 정 | 책 | 적 | 시 | 사 | 점 |

- 1 기존 방재시스템을 토탈방재시스템으로 확대·전환
  - 기후변화 영향으로 대형화·일상화되고 있는 폭우재해에 대비하여 도시를 구성하는 전체 요소가 위험을 분담하는 토탈방재시스템 구축이 필요
  - 하천, 하수도 등 전통적인 방재시스템과 병행하여 도시 내 토지이용-기반시설(공원, 녹지, 도로 등)-단지-건축물-시민 등이 모두 연계·대응하는 시스템 구축
  - 토탈방재시스템은 재해위험을 근본적으로 방지하고, 도시 체질을 개선함으로써 도시 폭우·폭염·가뭄재해에 통합적으로 대응
- 2 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석을 통해 재해취약지역으로 나타난 지역에 대하여 취약특성에 따라 유형화하고, 유형별 특성을 고려한 맞춤형 적응대책을 마련
- 3 여름철 호우기간 전에 방재시설을 점검하고, 호우 시 재해발생 우려시설 및 지역을 점검·모니터링하며, 재해지역 주민을 안전하고 신속하게 사전에 대피하는 체제 구축

# 1. 2012년 봄철 기상특성 및 여름철 기상 전망(기상청, '12.6)

## ● 봄철(3~5월) 기상 특성

- 4월 하순부터 고온현상이 자주 발생하였고, 3월, 4월의 강수량은 평년 강수량보다 많았으나 5월의 강수량은 평년 대비 35% 수준임
  - 4월 상순 중반 이후 대륙고기압이 급속히 약화하고, 이동성 고기압으로 인한 남서 또는 남동기류가 유입하며, 강한 일사에 의한 지면가열 등으로 4월 하순부터 고온현상 발생
  - 5월 평균기온(18.3℃)은 1973년 이후 역대 최고를 기록하였고, 3월, 4월 강수량은 평년 대비 약 158%였으나, 5월의 강수량은 평년의 35%인 36.2mm를 기록

## ● 여름철(6~8월) 기상 전망

- 여름철 강수량은 평년과 비슷하거나 많고, 7월 상순부터 흐리고 비가 오는 날이 많을 것으로 전망됨
  - 6월의 강수량은 평년보다 적었으며, 7, 8월은 평년 수준의 강수량이 내릴 것으로 전망
  - 7월 상순의 강수량은 평년(61~126mm)보다 많을 것으로 전망되고, 중부지방을 중심으로 많은 비가 내릴 때가 있을 것으로 예상
- 올해에는 2~3개의 태풍이 한반도에 영향을 미칠 것으로 전망됨
  - 월별 태풍 빈도(1981~2010년)를 보면, 우리나라에 영향을 미치는 태풍은 7월, 8월, 9월에 주로 나타나며, 올해 영향을 미치는 태풍은 대만/동중국해 및 일본 남쪽 태평양으로 이동하는 진로 유형이 높게 나타날 것으로 예상

## ● 최근 여름철 강수량 및 집중호우 경향

- 최근 30년간 우리나라 여름철(6~8월) 누적강수량 및 집중호우는 지속적으로 증가하고 있고, 극단적 강수가 증가 추세

【 표 1 】 최근 30년 여름철 누적강수량 및 집중호우 경향

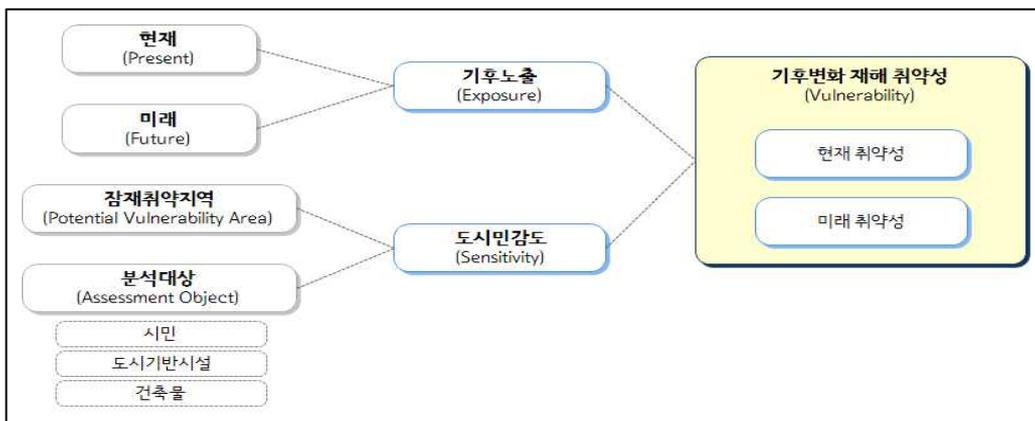
구분	평균 여름철 누적강수량	집중호우 일수			
		100mm/일 이상	30mm/h 이상	40mm/h 이상	50mm/h 이상
2011년	1048.1mm	102	133	69	23
2000년대	768.7mm	54	82	37	14
1990년대	713.7mm	49	70	29	13
1980년대	694.5mm	43	60	26	10

## 2. 기후변화에 따른 도시의 폭우재해 취약성 분석

### ● 기후변화 재해 취약성 분석방법 및 지표

- 기후변화에 따른 도시의 재해 취약성 분석은 IPCC(2007)의 취약성 개념을 따르면서 ‘기후노출’과 ‘도시민감도’를 분석·중첩하여 도시 간에 비교하여 상대 평가하는 것으로, 기후노출이 높고 잠재취약지역 내 취약한 도시요소가 많을 경우 상대적으로 더욱 취약
  - 본 연구의 기후변화 재해 취약성 분석은 각 지자체의 재해대책(적응능력)을 고려하지 않은 것으로, 기후적 측면과 도시의 물리적 재해취약특성, 취약한 도시구성요소 측면에서 통계자료를 활용하여 잠재적 위험지역을 분석하는 것임
  - 기후노출은 기후변화 재해를 유발하는 강수량 등 기후적 요소에 대한 노출 정도를 의미
  - 잠재취약지역은 저지대, 불투수면적 등 도시의 물리적 재해취약특성을 나타내는 지표에 의한 것이며, 도시민감도는 잠재취약지역의 도시 구성요소(시민, 도시기반시설, 건축물)에 대한 취약 정도를 나타냄

[그림 1] 기후변화 재해 취약성 분석 구조



주: 미래(2100년)에 대한 취약성은 기후(강수량)적인 요소만 기후변화 시나리오를 적용하여 분석한 결과로서 도시의 물리적 재해취약특성에 관한 미래변화는 고려하지 않은 것임.

자료: 국토해양부, 2011. 기후변화 적응도시 조성방안 연구 - 도시의 기후변화 취약성 평가방법 정립 및 취약성 평가(1차연도)

- 도시 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석을 위해 폭우에 영향을 미치는 기후요소, 폭우재해와 도시 구성요소 간의 영향관계, 선행연구 등의 지표를 고려하여 분석지표를 도출하였으며, 전문가 의견수렴, 통계자료의 활용성 등을 고려하여 최종 선정
  - 지표는 폭우에 대한 기후노출지표(집중호우지표), 잠재취약지역지표, 도시의 구성요소인 시민, 기반시설, 건축물에 대한 취약지표로 구성됨

- 도시기반시설의 대상은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 의 53개 기반시설 중에서 전문가 설문조사 및 의견 수렴을 통해 폭우재해에 취약한 기반시설을 선별

[표 2] 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석지표

구분		지표
기후노출(현재, 미래)		• 연평균 80mm/일 이상 강수일수
도시 민감도	잠재취약지역	• 하천길이
		• 지자체 평균고도 이하 면적비율
		• 급경사지 면적비율
		• 산사태 위험지역 면적비율
		• 불투수지역 면적비율
분석 대상	시민	• 65세 이상 노인 및 6세 미만 어린이 인구수
	도시 기반시설	• 도로, 철도, 수도공급설비, 공동구, 유류저장 및 송유설비, 하수도, 수질오염방지 시설 면적
	건축물	• 단독주택, 반지하주택수

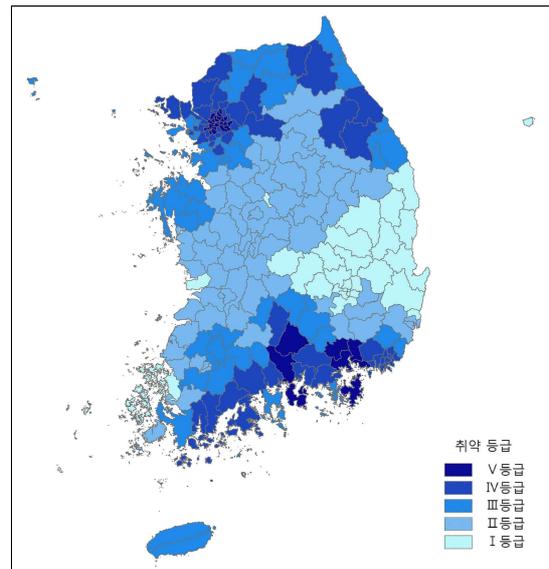
주: 기후노출 지표는 기상청 유인관측소의 최근 30년 강우자료를 활용함.  
자료: 전계서.

## ● 기후변화 폭우재해 취약성 분석결과

- 현재 상태의 취약성 분석 결과, 전국 232개 지자체(창원시 통합이전 기준) 중에서 88개 (37.9%) 지자체가 폭우재해 취약지역(Ⅳ, Ⅴ 등급)으로 나타났으며, 서울을 포함한 수도권, 강원권 및 지리산을 중심으로 한 호남·영남권의 남해안 일대가 취약함

- 폭우재해 취약지역(Ⅳ, Ⅴ등급)의 지자체로는 수도권이 48개(54.5%)로 가장 많으며, 영남권 28개(31.8%), 호남권 7개(7.9%), 강원권 5개(5.6%)임
- 특히, 서울시는 저지대 및 불투수지역의 비율이 높고, 취약인구(시민), 기반시설, 반지하주택이 타 지역에 비해 집중되어 있어 25개 지자체 모두가 취약등급의 Ⅳ, Ⅴ 등급으로 나타나, 단기적인 재해대책뿐만 아니라 도시 체질을 근본적으로 개선하기 위한 중장기 계획과 실천이 필요함

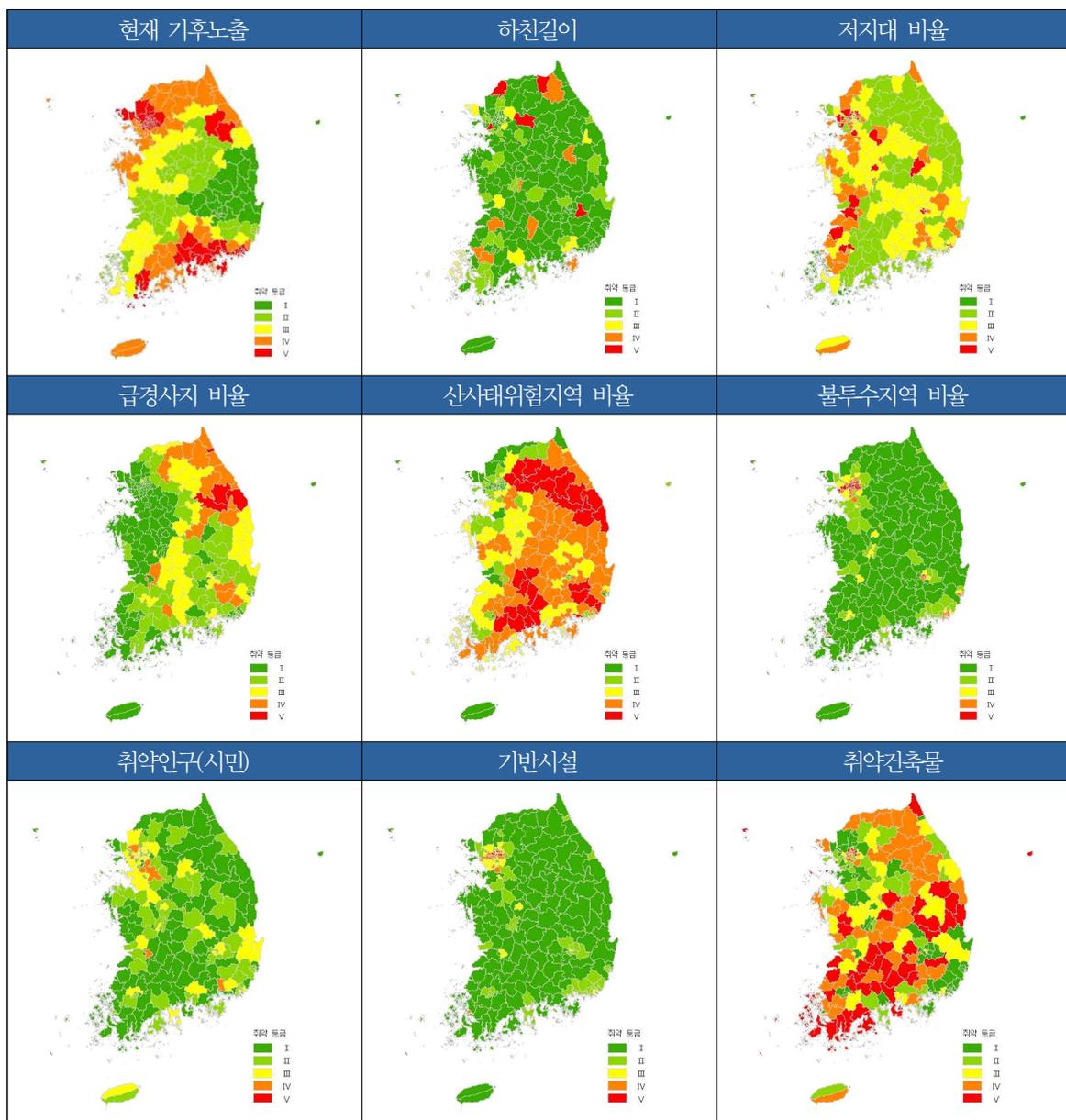
[그림 2] 기후변화 폭우재해 취약성



자료: 심우배 외, 2012. 2012년 폭우재해 대비 「전문가 세미나」 발표자료, 국토연구원

- 폭우재해 취약지역(Ⅳ, Ⅴ등급)에 대한 분석 결과, 해당 취약지역 모두가 폭우에 대한 기후노출이 높고, 인구, 기반시설 등이 집중된 대도시가 상대적으로 취약한 것으로 나타남
  - 수도권 취약지역은 저지대, 불투수비율, 폭우재해에 취약한 시민, 기반시설, 반지하주택의 비중이 매우 높게 나타났으며, 강원권은 하천, 급경사지, 산사태위험지역비율, 단독주택의 비중이 매우 높게 나타남
  - 호남권 취약지역은 산사태위험지역, 단독주택 비율이 매우 높게 나타났으며, 영남권은 산사태위험지역, 폭우재해에 취약한 시민의 비중이 높게 나타남

[그림 3] 기후변화 폭우재해 취약성 세부지표별 분석결과



### 3. 기후변화에 따른 폭우재해 대응 도시방재방안

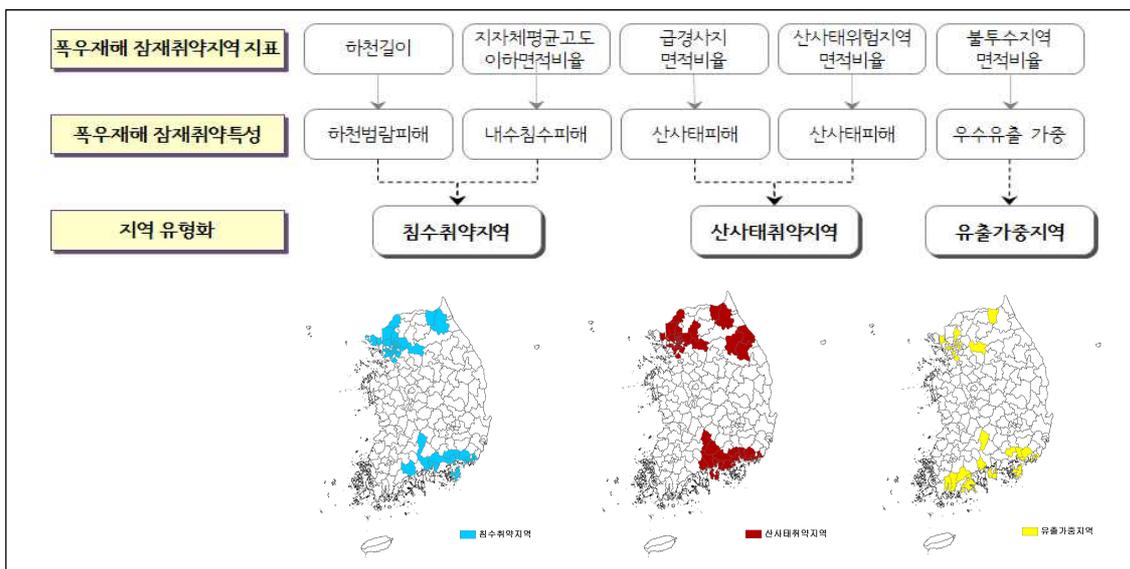
#### ● 기존 방재시스템을 토탈방재시스템으로 확대·전환 필요

- 기후변화 영향으로 대형화·일상화 되고 있는 폭우재해에 대비하여 도시의 모든 구성요소가 위험을 분담하는 토탈방재시스템을 구축
- 하천, 하수도 등 전통적인 방재시스템과 병행하여 도시 내 토지이용 - 기반시설(공원, 녹지, 도로 등)-단지-건축물-시민 등이 모두 연계하여 대응하는 시스템 구축
  - 토지이용측면에서는 상습침수지역 등 재해취약지역에 대해 보전계 용도지역으로 지정하여 개발을 억제하고, 재해취약지역이지만 개발로 인한 편익이 큰 지역에 대해서는 시가지 정비사업과 연계하여 개발사업을 통해 재해위험을 경감
  - 특히, 하천변, 해안변, 급경사지 주변지역 등 재해취약지역은 적정공간을 이격(set-back)하여 재해위험을 근원적으로 방지
  - 도시기반시설은 기후변화 영향을 고려하여 재해취약 도심지를 중심으로 하천, 하수도 등의 설계용량을 일정부분 상향하고, 도로, 광장 등 불투수포장으로 주변지역에 영향을 주는 시설은 방재기준을 강화하며, 공원, 녹지, 청사 등을 활용한 우수저류지도 설치
  - 단지조성 시 저영향개발(Low Impact Development), 지속가능도시배수체계(Sustainable Urban Drainage System), 바람길, cool spot 등을 적용하여 도시 열섬현상을 완화하고 물순환 도시를 조성
  - 상습침수지역내 건축물은 필로티 구조로 하며 저류지 설치와 옥상·벽면 녹화를 시행
  - 시민은 자신과 가족 그리고 지역의 안전을 위해 지역에서 오랜 거주 경험을 바탕으로 지역내 재해 취약요소를 확인·신고하고, 방재 관련 교육, 훈련 등에 적극 참여
- 토탈방재시스템은 재해위험을 근본적으로 방지하고, 도시 체질을 개선함으로써 폭우·폭염·가뭄 재해에 통합적으로 대응하도록 함
  - 도시의 모든 구성요소가 위험을 분담하는 토탈방재시스템은 재해취약지역에서 시민의 거주 및 활동을 적게 함으로써 근본적으로 재해위험을 방지
  - 녹(綠)·수(水)·토(土)기법을 도시 곳곳에 적용하여 도시 체질을 개선함으로써 폭우 재해 뿐만 아니라 도시 내 폭염, 가뭄 등의 재해에도 통합적으로 대응하게 함

## ● 재해취약지역 특성을 고려한 맞춤형 적응대책 마련

- 기후변화에 따른 폭우재해 취약성 분석을 통해 재해취약지역으로 나타난 지역에 대하여 취약특성(잠재취약지역 지표와 연계)에 따라 지역을 유형화하고, 유형별 특성을 고려한 맞춤형 적응대책을 마련
- 폭우재해 잠재취약지역 지표와 연계하여 침수취약지역, 산사태취약지역, 유출가중지역으로 유형화할 수 있으며, 각 유형별 특성을 고려하여 개선사업을 발굴·추진
  - 침수취약지역은 시가지 정비사업을 통한 위험 경감과 저영향개발(Low Impact Development: LID) 등 분산식 우수관리시스템 구축, 하천 및 하수도 용량 증대, 도시공원을 활용한 저류지 설치 등의 침수위험 방지책뿐만 아니라 지역주민의 안전대피를 위한 지도 작성 및 보급을 실시
  - 산사태취약지역은 우선적으로 사방댐 등의 사방시설을 정비·확충하고, 급경사지에 대한 개발을 가급적 억제하며, 불가피하게 개발할 경우에는 급경사지 주변을 이격하여 완충지대를 조성하거나 자연지형 순응형 단지개발을 하여 절개지를 최소화함
  - 유출가중지역은 불투수면적을 줄여 주변지역에 미치는 영향을 최소화하고, 도시 열섬 현상을 완화하기 위한 녹지축 및 바람길 조성사업을 실시하며 공원, 녹지, 광장 등 도시 기반시설 설치 및 저류기능을 확보하고, 투수성 도로의 포장, 도시물순환정비사업(SUDS 등) 등을 시행

[그림 4] 폭우재해 잠재취약특성을 고려한 지역 유형화(예시)



자료: 국토해양부, 2012. 기후변화에 따른 국토취약성 분석과 적응방안

## ● 폭우재해 대비 사전점검 및 대피체계 구축

- 방재시설 사전 점검 및 호우 시 재해발생이 우려되는 시설 및 지역의 점검
  - 호우기간 전에 저지대에 취약 하수관거를 설치하고, 우기가 되기 전에 집중준설과 빗물받이 내 우수유입 장애 이물질 제거하며, 침수취약주택 물막이판·수중펌프 등을 보급하고 지하철 차수관 보강 등 다중이용시설에 대한 관리를 강화
  - 호우 시에는 하천변 저지대, 급경사지 노후옹벽, 대규모 공사장 등 폭우재해 발생 시 우려되는 시설 및 재해취약지역을 순찰·점검하고, 지속적인 모니터링을 통해 인명 및 재산피해를 사전에 예방
  - 특히, 하천변 저지대, 급경사지 주변에 거주하는 주민들에 대해서는 폭우로 인한 재해 발생 시 안전하게 대피할 곳을 미리 파악해 두도록 하며, 호우 시 집주변 빗물받이 덮개 및 이물질을 제거
- 재해취약지역을 중심으로 주민이 사전에 안전하고 신속하게 대피하는 체계를 구축
  - 재해취약지역 내 학교 등 공공시설의 수용능력을 고려하여 사전에 주민 대피장소를 지정하고, 반상회 등을 통해 홍보(예: A학교 1-1반 교실은 B아파트 OO동 주민 대피소)
  - 독거노인, 장애인 등 재해약자를 위한 대피도우미(지역자율방재단, 자원봉사자, 관련 공무원 등 활용)를 사전에 지정하는 제도 도입

● 국토연구원 심우배 국가도시방재연구센터장(obsim@krihs.re.kr, 031-380-0251)

● 국토연구원 국토환경·수자원연구본부 지승희 연구원(shji@krihs.re.kr, 031-380-0254)