

안전충남 이슈브리프

충남의 대설재난 대응과 정책방향

김근영 교수 / 강남대학교 부동산건설학부
gykimusc@empal.com

요약

대설재난은 우리나라에서 태풍과 호우를 포함한 풍수해 다음으로 경제적·사회적 피해가 큰 자연재난이다. 대설 재난 관리에서 가장 중요한 단계는 제설을 수행하는 대응단계로서, 도로제설의 방법으로 주로 밀어내기와 녹이기를 중심으로 시행되고 있으며, 이에 필요한 제설자원도 제설차량, 제설장비, 제설인력으로 구분할 수 있다.

선진국과 비교하여 우리나라의 대설대응체계 개선방향을 제시하였으며, 특히 충남과 같은 지자체 차원에서는 각 시군별 지자체 기반의 도로제설 작업계획서와 도로 제설 노선도, 제설제 사용 가이드라인을 작성하여 운영할 것을 제시하였다.

충남의 대설재난 대응과 정책방향

김근영 교수 / 강남대학교 부동산건설학부

1. 배경 및 필요성

- 대설재난은 우리나라에서 풍수해(태풍·호우를 포함) 다음으로 경제적 피해와 이재민이 많은 자연재난임
 - 지난 10년(2007~2016년) 동안 대설재난으로 인한 경제적 피해는 연평균 226.9억원으로 총 자연재난 피해액 3,469.4억원 중에서 6.5%를 점유해 풍수해 피해액인 3,108.2억원(89.6%)에 이어 2위인 것으로 나타났음
 - 지난 30년(1986~2015년) 기간에서도 대설재난은 인명피해 측면에서는 연도별로 총 자연재난 사망자의 3%이내를 점유하나 이재민 측면에서는 피해자의 15~20%를, 시설피해 측면에서는 5~12%를 차지하여 주로 이재민과 시설피해가 피해의 중심을 이루는 자연재난인 것으로 나타났음
 - 2016년 1월 17!25일에는 제주와 전남·북을 중심으로 발생한 대설은 이재민 11명, 재산피해 185억원, 제주공항 마비 등의 재난을 결과하였음
- 우리나라에서는 지난 15년(2002~2016년) 동안 대설재난에 대해 특별재난지역을 2004년, 2005년, 2010년, 2011년 등 총 4회 선포하였음
 - 충청남도에서 발생한 대설재난으로 특별재난지역을 선포한 사례는 2004년(충남피해 3,528.6억원)과 2005년(충남피해 173.8억원)의 2회가 있음
- 전 지구적인 기후변화로 겨울철 북극진동 주기가 불규칙해지면서 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 대설재난의 위험성이 높아지고 있음
 - 미국에서는 2010년 1월 동부지역에서 111년만에 기록적인 대설이 발생했고, 2월에는 수도인 워싱턴 DC에서 36시간 동안 82.3cm의 강설이 내려 22만 가구가 정전되고, 도시기능이 마비되는 사태가 발생함
 - 일본 서부지역에서는 2005~2006년 겨울철에 일일 적설량이 92~280cm에 달하면서 사망자 152명, 주택 전·반파 4,806동 등 심각한 피해가 발생함

2. 강설과 대설재난

■ 눈의 이해

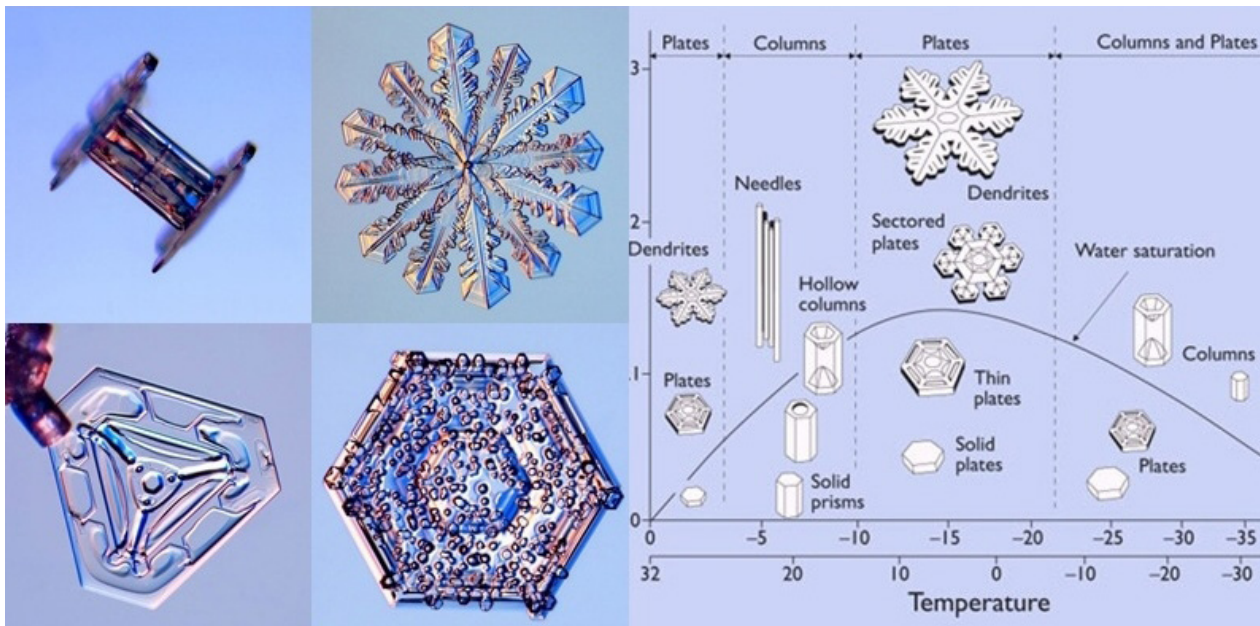
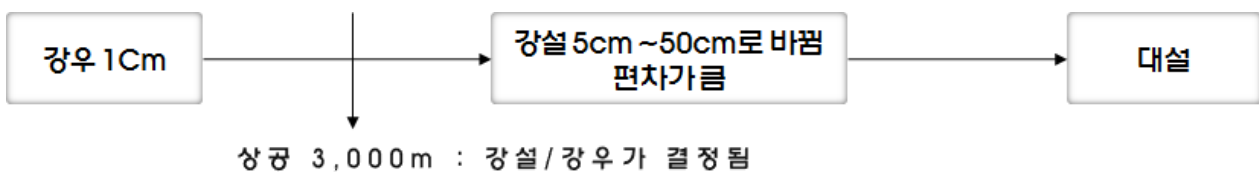
- 눈의 개념
 - 기상 현상의 한 종류로 기온이 섭씨 0℃ 아래로 떨어져 있을 때 구름 속의 물 입자나 대기 중의 수증기가 빙정(氷晶)을 중심으로 얼어서 결정화되어 내리는 현상
- 눈의 결정
 - 각주 결정은 -10~-4도 또는 -20도 이하에서 성장하는 육각기둥모양의 결정으로 크기는 0.5mm 정도임
 - 각주(컵) 결정은 수증기의 양이 많아져 가장자리가 빨리 성장하여 가운데가 빈 컵 형태이며 크기는 각주와 같이 0.5mm 정도임
 - 북형태 결정은 각주결정 양쪽으로 판이 붙은 형태로 0.5mm 정도임
 - 침상 결정은 각주 결정 성장 단계보다 더 수증기의 양이 많아져 습도 100%의 한계치를 넘어 아래위로 가는

기둥이 자란 형태로 크기는 1~2mm 정도이며, 큰 것은 3mm 정도까지 성장함

- 부채꼴 결정은 중앙에 육각형이 있고, 거기에서부터 부채가 뻗는 것처럼 보이며 크기는 2~3mm임
- 수지상 결정은 '수지상 6화'라고도 하며 중앙에서 나뭇가지 같은 결정이 뻗은 형태로 2~5mm 정도지만, 큰 것은 10mm 이상 성장함
- 각판 결정은 육각형의 판 모양 결정으로 크기는 0.5~1mm 가량임

• 눈의 분류와 속성

- 눈은 결정의 형태(F), 입자의 크기(E), 눈의 밀도(P_s), 눈의 경도(R), 눈의 수분함유도(θ_w , LWC), 눈의 온도(T_s), 불순물(J), 층의 두께(L), 눈의 높이(H), 눈의 두께(D), 눈의 층별 깊이(HS), 최심신적설(HW), 강설량(SWE), 눈의 강도(Σ), 표면형태(SF), 강설면적(SCA) 등의 속성을 적용하여 분류함
- 강우 1cm가 눈으로 변할 때 5~50배로 확장되어 짧은 시간에 빠르게 쌓임



<눈의 결정형태>

■ 강설의 측정

• 강설정보의 수집

- 설척은 cm눈금을 새긴 기둥을 지면에 세워두고 적설이 있을 때에 설면에 상당하는 설척 눈금으로 적설깊이를 측정
- 적설판은 약 50 cm의 백색 페인트를 칠한 정방형 나무나 플라스틱 판을 지상에 수평으로 지면의 높이와 일치하게 설치하여 cm자로 측정
- 초음파식 적설심도계는 초음파 센서를 바닥면으로부터 일정 높이에 설치하고, 바닥면을 향해 초음파를 발사하여 되돌아오는 시간을 측정하여 적설심도를 산출
- 광학식 적설심도계는 측정장소에 광학측정봉을 설치하고 적설을 임의 시각에 모니터하도록 원격기능을 갖고 있는 적설관측장비
- 영상식 적설심도계는 동기식으로 구동되는 발광부 빛이 중앙제어장치에 의해 제어되는 CCD 카메라를

통하여 영상을 수집

- 원통식(Cylinder)식 설량계는 직경 20cm, 높이 30~50cm의 원통 수수기로 우량과 같이 mm 단위로 측정
- 기상레이더는 전자기파(수평편파)를 송신하여 비, 눈, 우박 등의 기상 목표물에 부딪혀 되돌아오는 반사파의 신호를 분석하여, 강수 구름의 위치와 이동상태, 강수강도 등을 감시, 추적
- 이중편파 기상레이더(Dual Polarization RADAR)는 수평·수직 편파를 동시에 송수신하여 눈을 구분하여 강수량을 산출



<눈의 결정형태>

■ 대설재난의 이해

• 대설재난의 개념

- 짧은 시간에 많은 양의 눈이 내리는 기상현상으로 발생하는 자연재난
- 『재난 및 안전관리기본법 제3조 1호 가』에서 자연재난으로 구분하였으며 『자연재해대책법 제2조 3호』에서 풍수해에 속하는 것으로 규정

• 대설재난 특성

- 대설주의보는 24시간 신적설이 5cm이상 예상될 때 발령하고, 대설경보는 24시간 신적설이 20cm이상 예상될 때 발령함(산지는 30cm이상)

종류	주의보	경보
대설	24시간 신적설이 5cm이상 예상될 때	24시간 신적설이 20cm이상 예상될 때. 다만, 산지는 24시간 신적설이 30cm이상 예상될 때

• 대설재난 발생의 특성

- 대설재난은 연도별 지역별로 강설량 변화가 커 대응하기 어려운 재난임



• 대설재난 피해유형

- 대설재난으로 인해 다음의 피해유형이 발생함

- 적설피해(고립, 이동장애 등)
- 눈사태피해(매몰 등)
- 교통사고 피해(교통사고 등)
- 기타(양어장한파 등)

- 설압피해(비닐하우스, 축사, 건축물 붕괴사고 등)
- 착설피해(단전 등)
- 제설제로 인한 환경피해(환경오염 등)

3. 대설재난의 대응

• 단계별 대설재난관리(4단계)와 대설대응

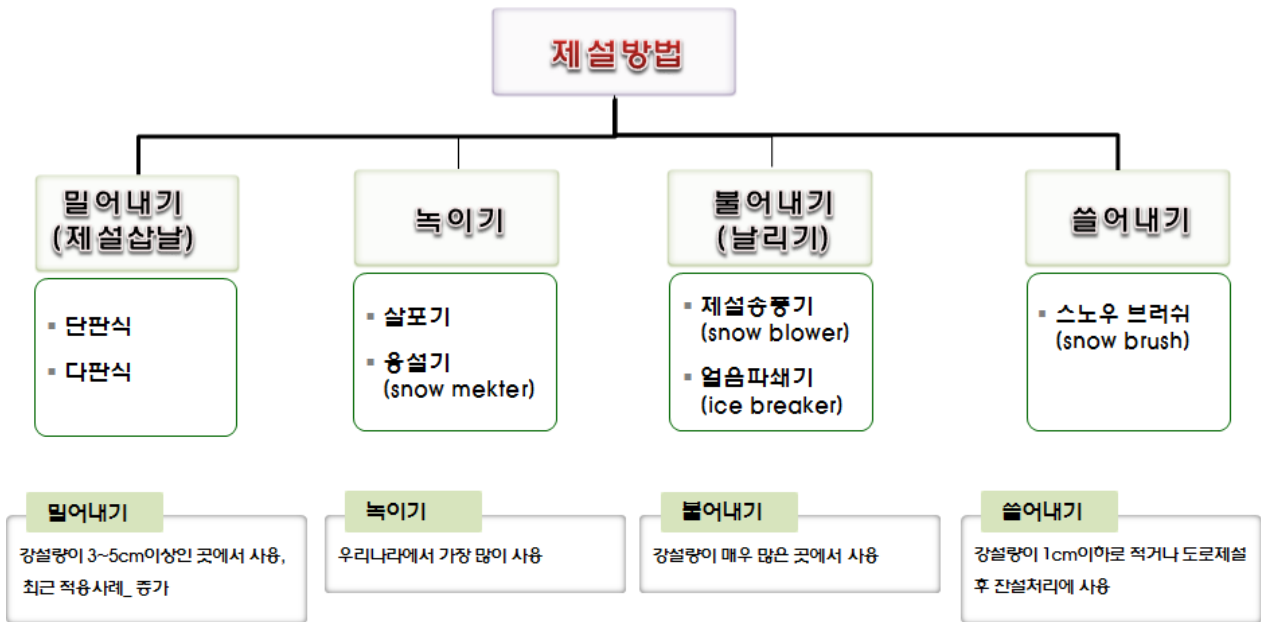
- 대설재난 관리에서 가장 중요한 단계는 제설을 수행하는 대응단계임

경감 · 예방	<ul style="list-style-type: none"> - 지역의 취약점 분석을 통해 대설재난 요인을 제거하거나 감소시킴으로써 대설재난의 피해발생을 억제하거나 방지하는 단계 → 대설재난 위험요인의 조사, 예방기술개발, 관련 정책수립 등
대비	<ul style="list-style-type: none"> - 대설재난 발생을 가정하여 재난상황에서 수행해야 할 제반 활동을 대설재난 발생 전에 계획, 준비하고 이에 대한 교육 및 훈련으로 대설재난 대응능력 및 대비태세를 강화하는 단계 → 대설방재계획 수립, 모의훈련을 통한 대설재난대비, 예산확충, 재해관련 홍보, 사전대비교육, 관련연구실시
대응	<ul style="list-style-type: none"> - 대설재난 상황에서 자원 및 역량을 효과적으로 활용하여 신속하게 대처하는 단계 ※ 제설대응은 대설대응 중 일부의 업무로 도로에 쌓인 눈을 신속하게 제설하는 것을 의미함 → 재난 발생 시 신속한 대응, 원할하고 체계적인 현장 지휘체계 확립, 인명피해 경감을 위한 대응계획 실시
복구	<ul style="list-style-type: none"> - 재난이전 상태로 회복시키는 활동, 손상된 국가기능 재건 및 재난 재발방지를 위한 제도적 장치 마련 또는 운영체계를 보완하는 단계 → 재난 발생 시 응급복구, 복구기간 등의 중요성 강조 및, 복구과정, 개량복구 개념도입, 자원통사 등 인적자원의 관리, 희생자 및 가족 관리, 재난관리 통사자 관리

• 대설재난 발생시 도로제설 방법

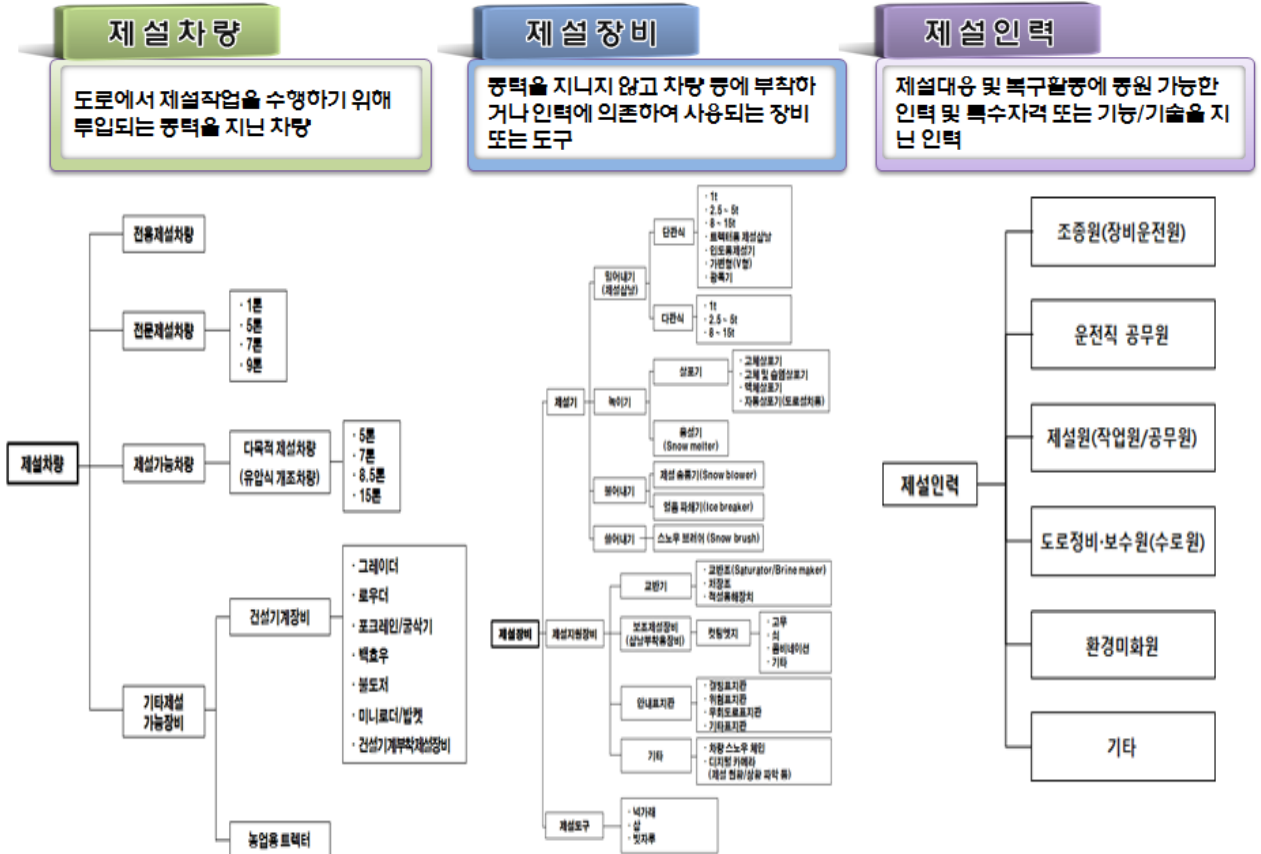
- 도로제설방법은 밀어내기, 녹이기, 불어내기, 쓸어내기의 4개 유형으로 구분되며 우리나라는 주로 밀어내기와 녹이기를 중심으로 제설을 수행함

밀어내기	<ul style="list-style-type: none"> • 제설삽날 등의 제설장비 또는 도구를 차량에 부착하여 도로상에 쌓인 눈을 밀어서 제거하는 방법 		
녹이기	<ul style="list-style-type: none"> • 제설제나 용설제를 도로에 뿌려 눈을 녹이는 방법 • 제설차량을 이용하거나 용설시스템을 활용 		
불어내기	<ul style="list-style-type: none"> • 제설송풍기를 이용하여 눈을 멀리 날리거나, 얼음 파쇄기를 이용하여 도로면에 결빙되어 있는 얼음을 부수어 제거하는 방법 		
쓸어내기	<ul style="list-style-type: none"> • 브러쉬(Brush)를 이용하여 겨울철 도로에 쌓인 눈을 좌우 측면으로 쓸어내어 제거하는 방법 		

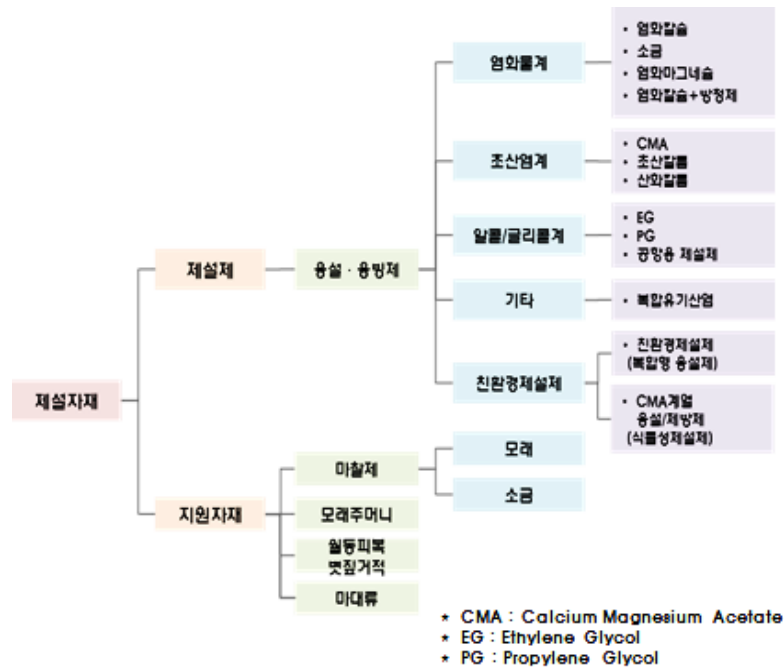


• 제설자원에 대한 정의 및 분류체계

- 도로제설을 위한 제설자원은 제설차량, 장비, 자재, 인력으로 구분됨
- 제설차량은 전용제설차량, 전문제설차량, 제설가능차량, 기타 제설가능 장비 등의 4개로 구분됨
- 제설장비는 제설기와 제설지원장비, 제설도구 등으로 크게 분류됨
- 제설인력은 조종원(장비운전원), 운전직 공무원, 제설원 등을 포함함



- 제설자재는 크게 제설제와 지원자재로 구분되며 제설제는 염화물계, 조산염계, 알콜/글리콜계, 기타, 친환경제설제로 구분되고, 지원자재는 마찰제, 모래주머니, 거적, 마대류 등을 포함함



- 제설자재 유형별 효과와 장단점은 다음과 같음

구분	효과	장점	단점
소금	- 가격이 염화칼슘보다 저렴함 - 시간이 경과할수록 염화칼슘보다 용설 지속 효과가 좋음	- 지속성이 우수 - 0 ~10℃ 사이 큰 성능을 발휘함	- 염화칼슘과 같은 발열반응을 기대할 수 없음
염화칼슘	- 소다회 생산 후 발생한 부산물로서 소금보다 흡습성이 강함 - 초기 용설효과가 뛰어남 - 기온이 -7℃이하 또는 신속한 용설작업이 요구될 때 적합함	- 지속성(염화칼슘으로 눈이 녹아서 나오는 열로 눈이 녹은 후 다시 어는 것을 염화칼슘을 통해 방지하는 효과)	- 부식성(피부에 닿으면 안되며, 염화칼슘으로 제설작업을 한 도로 위를 달린 차는 부식을 방지하기 위해 즉시 세차해야 함)
친환경 제설제	- 저부식성으로 콘크리트 포장, 구조물, 교량 등 내구성 유지 - 제설작업 후 염화칼슘과 같은 슬러지(찌꺼기)로 인한 교통사고와 2차 지하수 오염 방지 - 환경배려형으로 편리한 작업성 및 보관 저장성 우수 - 도로변 수목과 농작물 피해 경감, 토양 사막화 방지효과	- 이온온도 pH가 6.5~ 8.5 로 크게 낮아 철 구조물이 녹슬지 않음 - 식물에 피해를 주지 않음	- 일반 제설제(소금, 염화칼슘)에 비해 많은 양의 투입량이 필요함

4. 충남의 대설재난 대응체계 개선을 위한 정책방향

• 선진국과 비교한 우리나라 대설대응체계 개선방향

- 대설재난 대비·대응단계는 총 16단계로 구분되고, 대비단계가 7개, 대응단계가 9개이며 한국의 현황과 미국체계를 비교한 개선방안은 다음과 같음

단계/번호	대응체계 요소	한국	선진국(미국)	세부 개선방안
대비	1. 과거 대설재난정보	● 기상여건(기후전망, 강설주의보설사태 등) 파악	● HAZUS-MH 활용 「겨울철대설위험지도」 작성	● 상황판단 및 활용가능한 과거 대설재난 정보 작성
	2. 도로 강설 및 제설차량장비 운영정보	● 장설 화상전송시스템(서울) ● 제설현장관리시스템(GPS+카메라, CCTV, SNS 등)	● 도로제설 활동 도로 기상정보시스템 (RWIS) ● ESS기반 제설시스템	● 도로기상정보시스템 도입 ● ESS기반 제설시스템 도입 ● 제설현장관리시스템 확산
	3. 제설현장구간 정보	● 학과구간 목록(담당자지정) ● 상습결빙 및 사고위험구간 목록(경찰청)	● 도로제설노선지도 포함 ● 도매실 Frenson/CCTV 도로제설·결빙 감지 센서	● 도로제설노선지도 포함 ● IT기반 도로제설·결빙감지센서시스템 도입
	4. 제설관련 주요시설·통·학교정보	-	● 도로제설노선지도 포함	● 도로제설노선지도 포함
	5. 제설장비자재인력	● 제설제 (한국: 전년도130%, 서울5년평균180%) ● 장비(107%), 인력(115%)	● 지자체 특성상 반영한 도로제설대응계획에 의해 장비·자재·인력 확보	● 지자체 특성상 반영한 도로제설대응계획에도 도입 (제설대책매뉴얼 작성지침)
	6. 제설(전진)기지	● 제설전진기지(한국774개)	● 화력발전소/유전·발전소	● 노선지도 기반의 최적화
	7. 도로제설노선	● 제설현장관리구역 목록	● 도로제설노선지도 작성	● 도로제설노선지도 작성
대응	8. 사전대비 및 비상단계	● 2단계(대설주의보/경보) ● 4단계(사건)이상 1~3단계	● 3단계(관심/주의보/경보) ● 지자체별 출동(3~9단계)	현행체계 유지
	9. 사전제설	● 화력지역 제설제 사전설문	● 강설전 제설제 사전설문	● 강설전 사전설문(안) 마련
	10. 도로제설	● 도로통행(3단계로 통일)	● 도로제설대응계획 수립	● 도로제설대응계획(안) 제시
	11. 화력도로 교통통제	● 고속도로/일반국도(국토부)	● 도로제설 우선순위 반영	● 도로제설 우선순위 포함
	12. 보도·주차장 등 제설	● 제설반/자율방재단 운영/지원봉사자 참여제도 ● 건축물관리자 제설, 제방조제(장제규정 참조)	● 지자체 조례 규정(도로제설대응계획 양기(관리부처별) 제설책임 장제규정 포함)	● 지자체 조례 개정 ● 지자체 조례 근거로 도로제설대응계획(안)에 제시
	13. 민간 건축물 제설	● 공공의민사설 목록	● 지방자치단체/지방자치단체내서 배포	● 지방제설 영향영역 개발 및 관련조례 수정안 제시
	14. 도로제설 지원	● 민간·군·경 협약제출 ● 제설구간 민간위탁(임차)	● 기관별 제설책임 제도화 ● 기관별 경정합을 민간위탁	● 기관별 제설책임 제도화 ● 민간위탁/승인제계구축
	15. 간접처리	● 환경미화원/간접 처리장	● 규정된 체계로 간접처리	● 간접처리체계 개선안마련
	16. 제설체계 개선	● 용단기개선계획(서울)	● 재난 후 평가체계 운영	● 재난 후 평가체계 마련

● 정책 개선방향 1 : '지자체 기반 도로제설 작업계획서' 작성

- 도로제설을 효과적으로 수행할 수 있도록 체계적이고 효율적인 절차와 방법을 규정하는 지자체 기반 도로제설 작업계획서를 작성함

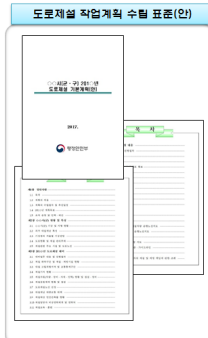
● 정책 개선방향 2 : '지자체 기반 도로제설노선도' 작성

- 제설노선과 제설주체를 규정하는 'GIS기반 도로제설 노선도'를 작성함

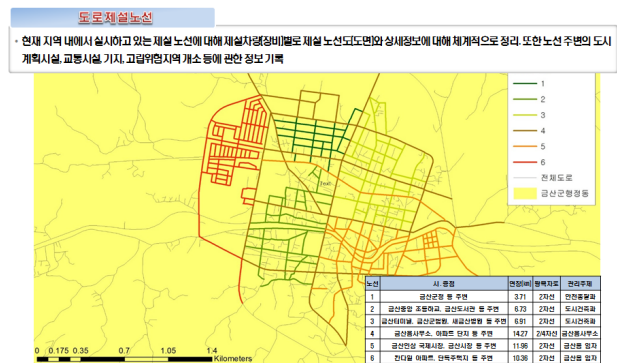
● 정책 개선방향 3 : 지자체별 도로 '제설제 사용 가이드라인' 작성

- 지자체별 강설 특성 분석을 통한 제설제 연간 소요량을 산정하고, 제설제 살포 시나리오에 따른 '제설제 사용 가이드라인'을 작성함

● 도로제설 작업계획서의 개요

도로제설 작업계획서의 기본 구성		도로제설 작업계획 수립 표준(안)
일반 사항	계획의 배경 및 목적, 계획지표, 조직 운영 및 인력·예산	
연장 및 특성	위치 및 입지 특성, 주요 시설 현황, 제설관련 기상 현황, 과거 대설재난 특성, 기상청의 겨울철 기상전망	
도로제설 대비 현황	대비업무 내용 및 진행일자, 제설 관리구역 및 제설 대상 도로, 제설 구역구간 및 교통 통제구간, 대설 고압위험지역, 대설재난 대응교통 대책, 제설·제방시설 설치현황, 제설기, 간접 처리장, 도로 제설 노선, 보도 제설 노선, 제설 자원, 제설운영체계, IT기술 적용 관리 운영, 제설담당자 비상연락체계 및 연락처, 제설교육·훈련	
도로제설 대응 계획	대응업무 내용 및 진행일자, 사전대응 계획, 도로 제설, 보도 제설, 제설 자원 수요 및 확보, 제설운영체계, 제설 후 제설지향·정비 정비 및 제설지재 보급, 제설체계 평가	

<도로제설 학습계획서(예시)>



<도로제설노선도 사례(충남 금산군)>

충청남도 공주시 연수원길 73-26(금흥동)

TEL 041.840.1114 FAX 041.840.1199

http://www.cni.re.kr 발행일 | 2017.11 발행인 | 강현수

편집인 | 양기근, 박근오 편집디자인 | 디자인화랑(042.625.5310)

※이 책에 대한 저작권은 충남재난안전연구센터에 있으며 무단으로 사용하는 것을 금합니다.