

과제  
번호

보안 과제( ), 일반 과제( ○ ) / 공개( ○ ), 비공개( )발간등록번호( )  
**2020년 국토교통연구기획사업** 최종 보고서

R&D / 2020-연구기획-

미래환경변화 대응  
도로인프라  
혁신기술개발  
기획  
최종보고서

2020

국  
토  
교  
통  
과  
학  
기  
술  
진  
흥  
원  
국  
토  
교  
통  
부

## 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 [중점분야1] 최종보고서

2020. 12 . 01.

주관연구기관/ (주)리디자인엑스  
협동연구기관/ 국토연구원  
한국교통연구원

**국토교통부**  
(전문기관) 국토교통과학기술진흥원



## 제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획’(연구개발 기간 : 2019. 12. 02~ 2020. 12. 01)  
과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020. 12. 01.

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| 주관연구기관명 : (주)리디자인엑스 | (대표자) 김 지 영(인) |
| 협동연구기관명 : 국토연구원     | (대표자) 강 현 수(인) |
| 협동연구기관명 : 한국교통연구원   | (대표자) 오 재 학(인) |

|            |   |   |   |
|------------|---|---|---|
| 주관연구기관책임자: | 김 | 지 | 영 |
| 협동연구기관책임자: | 김 | 준 | 기 |
| 협동연구기관책임자: | 우 | 승 | 국 |

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에  
동의합니다.



## 보고서 요약서

|                                             |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
|---------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------|----------|-----|----|
| 과제 고유 번호                                    |                               | 해당 단계<br>연구 기간              | 2019.12.02<br>-2020.12.01<br>(12개월) | 단계구분        | 1차년도/1차년도                                                                         |               |                  |                       |          |     |    |
| 연구사업명                                       | 중사업명                          | 국토교통연구기획사업                  |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
|                                             | 세부사업명                         |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 연구과제명                                       | 대과제명                          | 미래 환경변화 대응 도로인프라 혁신기술 개발 기획 |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
|                                             | 세부과제명                         |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 연구책임자                                       | 김 지 영                         | 해당단계<br>참여연구원 수             | 총 : 10 명<br>내부: 10 명<br>외부:    명    | 해당단계<br>연구비 | 정부: 200,000천원<br>민간:        천원<br>정부외:        천원<br>상대국:        천원<br>계:200,000천원 |               |                  |                       |          |     |    |
|                                             |                               | 총 연구기간<br>참여연구원 수           | 총: 10 명<br>내부: 10 명<br>외부:    명     | 총연구비        | 정부: 200,000천원<br>민간:        천원<br>정부외:        천원<br>상대국:        천원<br>계:200,000천원 |               |                  |                       |          |     |    |
| 연구기관명 및<br>소속 부서명                           | (주)리디자인엑스<br>국토연구원<br>한국교통연구원 |                             |                                     | 참여기업명       |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 국제공동연구                                      | 상대국명:                         |                             |                                     | 상대국 연구기관명:  |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 위탁연구                                        | 연구기관명:                        |                             |                                     | 연구책임자:      |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| ※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음       |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 연구개발성과의<br>보안등급 및 사유                        |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 9대 성과 등록·기탁번호                               |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 구분                                          | 논문                            | 특허                          | 보고<br>서<br>원문                       | 연구시설·장<br>비 | 기술요<br>약 정보                                                                       | 소프<br>트<br>웨어 | 화합<br>물          | 생명자원                  |          | 신품종 |    |
|                                             |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  | 생명<br>정보              | 생물<br>자원 | 정보  | 실물 |
| 등록·기<br>탁 번호                                |                               |                             | ○                                   |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황               |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 구입기관                                        | 연구시설<br>· 장비명                 | 규격<br>(모델명)                 | 수량                                  | 구입연월<br>일   | 구입가격<br>(천원)                                                                      | 구입처<br>(전화)   | 비고<br>(설치장소<br>) | NTIS<br>등록번호          |          |     |    |
|                                             |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
|                                             |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  |                       |          |     |    |
| 요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) |                               |                             |                                     |             |                                                                                   |               |                  | 보고서 면수<br>[중점분야1] 174 |          |     |    |

## 요약문

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |            |                                       |             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|---------------------------------------|-------------|
| 연구의<br>목적 및<br>내용             | <ul style="list-style-type: none"> <li>본 연구의 목적은 미래환경 변화에 대응한 새로운 도로를 구현하기 위해 첨단기술과 융복합하여 도로인프라의 가치 제고 및 성능을 향상하는 도로인프라 혁신기술개발 사업을 기획하는 것으로, 도로인프라 R&amp;D 관련 대내외 환경분석을 기반으로 사업설계 및 중점추진과제를 기획하고, 사전타당성 조사를 수행함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |            |                                       |             |
| 연구<br>개발<br>성과                | <ul style="list-style-type: none"> <li>미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 사업 총괄기획보고서               <ul style="list-style-type: none"> <li>도로인프라 관련 대내외 환경분석 (STEEP분석, 현안분석, 정책니즈 분석)</li> <li>국내외 도로인프라 부문의 정책, 시장, 연구개발동향 조사</li> <li>국내 도로인프라 부문의 R&amp;D 역량 진단, 기술수준 조사</li> <li>국내외 도로인프라 부문의 특허분석</li> <li>국내 도로인프라 관련 기술수요조사 및 분석</li> <li>Top-down 및 Bottom-up 종합분석 기반의 본 사업의 중점분야 도출</li> <li>본 사업의 비전-목표 체계 도출</li> <li>중점분야별 핵심과제 도출 및 과제제안요구서(RFP) 도출</li> <li>전체 총괄 과제 로드맵</li> <li>본 사업의 추진체계 및 사업관리 절차 도출</li> <li>사업의 사전타당성 조사 (정책적, 기술적, 경제적)</li> </ul> </li> <li>3대 중점분야별 기획보고서               <ul style="list-style-type: none"> <li>중점분야별 정책, 연구개발 동향 조사</li> <li>중점분야별 핵심과제 및 과제별 목표, 성과 도출</li> <li>과제제안요구서(RFP) 도출</li> <li>기대효과</li> </ul> </li> </ul> |                 |            |                                       |             |
| 연구개발성<br>과의<br>활용계획<br>(기대효과) | <ul style="list-style-type: none"> <li>본 연구결과는 「미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발」 사업 시행의 중장기적 R&amp;D 예산 확보를 위한 근거자료로 활용</li> <li>국내외 도로인프라 R&amp;D 관련 대내외 환경분석 및 국내외 현황조사 결과를 기반으로 미래지향적인 도로인프라 R&amp;D 사업/과제의 포트폴리오 수립에 활용 가능</li> <li>국내 도로인프라 관련 대형 R&amp;D사업 기획결과에서 정립된 도로인프라 R&amp;D의 개념/범위, 중점연구분야 등은 이후 도로인프라 산업발전 및 인력양성 수립의 기초자료로 활용 가능</li> <li>본 연구결과에서 정립된 로드맵 등 시나리오 기반 시각화 산출물은 도로인프라 분야 R&amp;D사업 결과물의 산업적응에 대한 기본 정책자료로 사용함으로써 미래 도로인프라 R&amp;D 비전/목표 등 대한 공감대 형성에 활용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |            |                                       |             |
| 국문핵심어<br>(5개 이내)              | 도로인프라                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 도로혁신            | 스마트도로      | 4차 산업혁명                               | 예비타당성       |
| 영문핵심어<br>(5개 이내)              | Road Infra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Road Innovation | Smart Road | 4 <sup>th</sup> Industrial Revolution | Feasibility |

# 목 차

|                                             |          |
|---------------------------------------------|----------|
| <b>I. 교통사고 예방을 위한 도로기술</b>                  | <b>1</b> |
| 1. 연구배경 및 필요성                               | 1        |
| 2. 국내외 현황조사                                 | 7        |
| 2-1. 국내외 정책동향                               | 7        |
| 2-2. 국내외 기술/시장 동향                           | 13       |
| 2-3. 특허분석                                   | 21       |
| 3. 연구목표 및 범위                                | 32       |
| 3-1. 기본개념 및 범위                              | 32       |
| 3-2. 연구개발 목표                                | 32       |
| 3-3. 연구과제 전체구성 및 연계                         | 33       |
| 3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성                | 34       |
| 4. 핵심과제 구성 및 내용                             | 36       |
| 4-1. [핵심과제1] 도로이용자의 안전성 향상을 위한 교통사고 예방 기술개발 | 36       |
| 5. 연구추진 로드맵                                 | 51       |
| 6. 소요예산                                     | 52       |
| 6-1. 연도별 소요예산                               | 52       |
| 6-2. 예산항목별 소요예산                             | 52       |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 7. 위험요인 및 해결방안 ..... | 53 |
| 8. 기대 및 파급효과 .....   | 54 |
| 8-1. 과학기술적 측면 .....  | 54 |
| 8-2. 사회경제적 측면 .....  | 54 |
| 9. RFP .....         | 55 |

## II. 도로 수재해 예측-저감-대응 ..... 71

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 1. 연구배경 및 필요성 .....                           | 71  |
| 1-1. 연구배경 및 필요성 .....                         | 71  |
| 2. 국내외 현황조사 .....                             | 80  |
| 2-1. 국내외 정책동향 .....                           | 80  |
| 2-2. 국내외 기술/시장 동향 .....                       | 89  |
| 2-3. 특허분석 .....                               | 103 |
| 3. 연구목표 및 범위 .....                            | 112 |
| 3-1. 기본개념 및 범위 .....                          | 112 |
| 3-2. 연구개발 목표 .....                            | 117 |
| 3-3. 연구과제 전체구성 및 연계 .....                     | 119 |
| 3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성 .....            | 123 |
| 4. 핵심과제 구성 및 내용 .....                         | 125 |
| 4-1. [핵심과제2] 도로안전을 위한 수재해 예측-저감-대응 기술개발 ..... | 125 |
| 5. 연구추진 로드맵 .....                             | 137 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 6. 소요예산 .....         | 139 |
| 6-1. 연도별 소요예산 .....   | 139 |
| 6-2. 예산항목별 소요예산 ..... | 141 |
| 7. 위험요인 및 해결방안 .....  | 143 |
| 8. 기대 및 파급효과 .....    | 144 |
| 8-1. 과학기술적 측면 .....   | 144 |
| 8-2. 사회경제적 측면 .....   | 145 |
| 8-3. 정책적 측면 .....     | 145 |
| 9. RFP .....          | 146 |



## 표 목 차

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| [표 Ⅰ-1] 연도별 교통사고 현황 .....                                         | 2  |
| [표 Ⅰ-2] 노면상태별 교통사고 발생현황('13~'15년), 도로교통공단 .....                   | 6  |
| [표 Ⅰ-3] 변화하는 교통안전 패러다임 .....                                      | 11 |
| [표 Ⅰ-4] 핵심과제 1 전체구성 .....                                         | 33 |
| [표 Ⅰ-5] 핵심과제 1: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토 .....                        | 35 |
| [표 Ⅰ-6] 교통약자 이동 교통수단 조사 (2017년) .....                             | 36 |
| [표 Ⅰ-7] 교통약자에 대한 이동편의시설 기준 적합률 .....                              | 37 |
| [표 Ⅰ-8] 세부기술 1-1 기술개발 목표 .....                                    | 37 |
| [표 Ⅰ-9] 세세부기술 연구내용: 보행자/운전자 인적 속성 기반의 교통안전 지원기술 개발 .....          | 38 |
| [표 Ⅰ-10] 세부기술 1-2 기술개발 목표 .....                                   | 42 |
| [표 Ⅰ-11] 세세부기술 연구내용: 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발 .....        | 43 |
| [표 Ⅰ-12] 세부기술 1-3 기술개발 목표 .....                                   | 46 |
| [표 Ⅰ-13] 세세부기술 연구내용: 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성 판독성 향상기술 개발 ..... | 47 |
| [표 Ⅰ-14] 세부기술 1-4 기술개발 목표 .....                                   | 50 |
| [표 Ⅰ-15] 세세부기술 연구내용: GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술 개발 .....                | 50 |
| [표 Ⅰ-16] 핵심과제 1: 세부기술별 연구추진 로드맵 .....                             | 51 |
| [표 Ⅰ-17] 핵심과제 1: 세부기술별, 연도별 소요예산 .....                            | 52 |
| [표 Ⅰ-18] 핵심과제 1: 예산항목별 소요예산 .....                                 | 52 |
| [표 Ⅰ-19] 세부기술 1-1 RFP .....                                       | 55 |
| [표 Ⅰ-20] 세부기술 1-2 RFP .....                                       | 59 |
| [표 Ⅰ-21] 세부기술 1-3 RFP .....                                       | 63 |
| [표 Ⅰ-22] 세부기술 1-4 RFP .....                                       | 67 |
| <br>                                                              |    |
| [표 Ⅱ-1] 위탁기관별 국토관리사무소(지방자치단체) 관리현황 .....                          | 81 |
| [표 Ⅱ-2] 도시침수 피해 저감을 위한 법령 및 대책 .....                              | 85 |
| [표 Ⅱ-3] 부처간 개별법에 의한 소관시설별 개별대책 시행 .....                           | 86 |
| [표 Ⅱ-4] 대표적으로 이용되고 있는 외국의 산사태 예측 및 평가 모형의 종류 .....                | 92 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| [표 II-5] 한국수자원학회 도시침수 관련 논문 분석 결과 .....                            | 97  |
| [표 II-6] 재난재해 관련 용어 (행정안전부(2018) 자료 인용 및 일부 수정) .....              | 113 |
| [표 II-7] 도로분야 기술개발전략(‘20-’30) 핵심분야 일부(안전한 도로, 친환경 도로) 및 핵심기술 ..... | 116 |
| [표 II-8] 세부기술별 연구개발 목표 .....                                       | 119 |
| [표 II-9] 핵심과제 2: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토 .....                        | 123 |
| [표 II-10] 세부기술 2-1 최종목표 및 세부목표 .....                               | 126 |
| [표 II-11] 세부기술 2-1 연차별 연구 개발의 목표 및 내용 .....                        | 126 |
| [표 II-12] 세부기술 2-2 최종목표 및 세부목표 .....                               | 129 |
| [표 II-13] 세부기술 2-2 연차별 연구 개발의 목표 및 내용 .....                        | 129 |
| [표 II-14] 세부기술 2-3 최종목표 및 세부목표 .....                               | 132 |
| [표 II-15] 세부기술 2-3 연차별 연구 개발의 목표 및 내용 .....                        | 132 |
| [표 II-16] 세부기술 2-4 최종목표 및 세부목표 .....                               | 134 |
| [표 II-17] 세부기술 2-4 연차별 연구 개발의 목표 및 내용 .....                        | 135 |
| [표 II-18] 핵심과제 2: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵 .....                     | 137 |
| [표 II-19] 핵심과제 2: 세부기술별, 연도별 소요예산 .....                            | 139 |
| [표 II-20] 세부기술 2-1: 세세부기술별, 연도별 소요예산 .....                         | 139 |
| [표 II-21] 세부기술 2-2: 세세부기술별, 연도별 소요예산 .....                         | 140 |
| [표 II-22] 세부기술 2-3: 세세부기술별, 연도별 소요예산 .....                         | 140 |
| [표 II-23] 세부기술 2-4: 세세부기술별, 연도별 소요예산 .....                         | 140 |
| [표 II-24] 세부기술 2-1: 예산항목별, 연차별 소요예산 .....                          | 141 |
| [표 II-25] 세부기술 2-2: 예산항목별, 연차별 소요예산 .....                          | 141 |
| [표 II-26] 세부기술 2-3: 예산항목별, 연차별 소요예산 .....                          | 142 |
| [표 II-27] 세부기술 2-4: 예산항목별, 연차별 소요예산 .....                          | 142 |
| [표 II-28] 위험요인 및 해결방안 .....                                        | 143 |
| [표 II-29] 세부기술 2-1 RFP .....                                       | 146 |
| [표 II-30] 세부기술 2-2 RFP .....                                       | 149 |
| [표 II-31] 세부기술 2-3 RFP .....                                       | 151 |
| [표 II-32] 세부기술 2-4 RFP .....                                       | 154 |

## 그림 목 차

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 1-1] 지난 10년간 국내 교통사고 수 및 사망자 수 .....                         | 1  |
| [그림 1-2] 인구 10만명 당 교통사고 사망자수 (2017년) .....                       | 2  |
| [그림 1-3] 인구 10만명 당 교통사고 건수 (2017년) .....                         | 3  |
| [그림 1-4] 지난 10년동안의 고령자 교통사고 통계 .....                             | 3  |
| [그림 1-5] 한국판 뉴딜의 구조 및 정책 방향 .....                                | 4  |
| [그림 1-6] 야간/우천시 시인성 저하 및 도로조명 의한 차선 난반사 사례 .....                 | 5  |
| [그림 1-7] 한국판 뉴딜의 핵심 정책(디지털 뉴딜/그린 뉴딜/안전망 강화) .....                | 7  |
| [그림 1-8] 안전속도 5030 정책 .....                                      | 8  |
| [그림 1-9] 교통사고 사망자를 위한 Vision Zero 정책 .....                       | 10 |
| [그림 1-10] 미국 Smart city challenge 지원 도시 .....                    | 11 |
| [그림 1-11] 미래도로의 교통안전을 위한 주요 기술 개발 과제 .....                       | 12 |
| [그림 1-12] 한국교통안전공단의 교통안전정보관리 시스템 .....                           | 15 |
| [그림 1-13] 사업용차량 운행기록데이터개방시스템(한국교통안전공단) .....                     | 16 |
| [그림 1-14] 운수안전컨설팅 시스템의 운수종사자/회사 안전등급 .....                       | 17 |
| [그림 1-15] 운수안전컨설팅 시스템의 도로 안전 등급 .....                            | 17 |
| [그림 1-16] TAAS 교통사고분석 시스템 .....                                  | 18 |
| [그림 1-17] 기계학습을 사용한 사고 위험지역 (런던) .....                           | 19 |
| [그림 1-18] 요일,시간단위의 교통사고 위험도 .....                                | 20 |
| [그림 1-19] GPS 데이터를 이용한 브레이킹 이벤트 추출 .....                         | 20 |
| [그림 1-20] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 연도별 특허동향 .....                   | 21 |
| [그림 1-21] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 국가별 특허동향 및 점유율 .....             | 22 |
| [그림 1-22] 교통사고 예방을 위한 도로기술(AA) 국가별* 기술 성장 단계 .....               | 23 |
| [그림 1-23] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 특허현황 .....              | 24 |
| [그림 1-24] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 구간별 특허동향 .....          | 25 |
| [그림 1-25] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 특허현황 .....              | 26 |
| [그림 1-26] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 구간별 특허동향 .....          | 27 |
| [그림 1-27] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황 ..... | 28 |
| [그림 1-28] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향 .....      | 29 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| [그림 I-29] 교통사고 예방을 위한 도로기술(AA) 최신 특허동향 .....                          | 30  |
| [그림 I-30] 핵심과제 1 전체 구성 .....                                          | 34  |
| [그림 I-31] 자율주행 환경 내에서의 Anomaly Detection .....                        | 39  |
| [그림 I-32] 주행영상 기반의 Anomaly Detection 예시 .....                         | 40  |
| [그림 I-33] 영상자료 기반의 Near-Miss 상황 검지 .....                              | 41  |
| [그림 I-34] 야간/우천시 시인성 저하 사례 .....                                      | 44  |
| [그림 I-35] 도로 및 교통표지 시인성 증대를 통한交通安全 개선 .....                           | 45  |
| [그림 I-36] 주행환경 시각화를 통한 안전 도로 개발 .....                                 | 46  |
| [그림 I-37] 지방부 도로와 도시부 도로의 차이 .....                                    | 48  |
| [그림 I-38] 다양한 공간정보의 융합을 통한 도로 안전성 평가기술 개발 .....                       | 49  |
| [그림 I-39] 교통사고 취약구간에 대한 다양한 공간적 표출 예시 .....                           | 50  |
|                                                                       |     |
| [그림 II-1] 우면산 산사태 (연합뉴스, 2011.07.27.), 광화문 광장 침수 (2018.08.28) .....   | 73  |
| [그림 II-2] OECD국가의 산림면적율과 인구밀도 비교(A) 및 산지에 대한 인간활동 영향지수(B) .....       | 73  |
| [그림 II-3] 국내 1997년부터 2018년까지의 재해에 따른 인명피해 및 피해액 .....                 | 74  |
| [그림 II-4] 우리나라의 다양한 지질조건에 따른 산사태/토석류 피해의 예 .....                      | 74  |
| [그림 II-5] 국내 최근 도로변 및 장대터널 주변 산사태/토석류 피해의 예 .....                     | 75  |
| [그림 II-6] 침수면적당 재산피해 규모와 국내 연도별 홍수피해 추이 .....                         | 76  |
| [그림 II-7] 중국 장시성 홍수발생 모습과 일본 홍수피해 모습 .....                            | 77  |
| [그림 II-8] 2020년 여름 장마 기간 주요 홍수피해 현황 .....                             | 77  |
| [그림 II-9] 현재 및 미래 각 기간별 5일 최대강수량(mm)과 상위 5% 극한강수 일수(일)의 변화 .....      | 78  |
| [그림 II-10] EbA(Ecosystem-based approaches) 와 Eco-DRR의 개념 (2018) ..... | 79  |
| [그림 II-11] 도시침수관리 기술 지원 .....                                         | 87  |
| [그림 II-12] 홍수관련 시스템 .....                                             | 87  |
| [그림 II-13] 런던 홍수경보 알림 서비스 및 홍수위험지도 .....                              | 88  |
| [그림 II-14] 안현욱 등(2016)에 의해 개발된 산사태 예측 모델과 해석 .....                    | 90  |
| [그림 II-15] 정상섭 등(2014)에 의해 개발된 산사태 예측 모델과 해석 .....                    | 90  |
| [그림 II-16] 서로 다른 4개의 산사태 모형을 이용한 산지재해 발생 모의 .....                     | 95  |
| [그림 II-17] 다양한 메커니즘 반영 산사태 모형 개발 흐름 .....                             | 95  |
| [그림 II-18] 국내 홍수·침수 예측시스템 구축 사례 .....                                 | 99  |
| [그림 II-19] 산책로 강우강도별 침수허용 제시안 .....                                   | 101 |
| [그림 II-20] 도로 강우강도별 침수허용 제시안 .....                                    | 101 |
| [그림 II-21] 침수 발생 시 침수량 산정 예시 사례 .....                                 | 102 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| [그림 II-22] 계획전후 횡단면 비교 .....                                       | 102 |
| [그림 II-23] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 연도별 특허동향 .....                   | 103 |
| [그림 II-24] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 국가별 출원 동향 및 점유율 .....            | 104 |
| [그림 II-25] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 국가별* 기술 성장 단계 .....              | 105 |
| [그림 II-26] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 기술별(IPC) 특허현황 .....              | 106 |
| [그림 II-27] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 기술별(IPC) 구간별 특허동향 .....          | 107 |
| [그림 II-28] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황 ..... | 108 |
| [그림 II-29] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향 .....      | 109 |
| [그림 II-30] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 최신 특허동향 .....                    | 110 |
| [그림 II-31] 재난주기와 재해 (김정화, 2019) .....                              | 113 |
| [그림 II-32] 시도별 자연재난 발생현황(2000~2016년) (김금지, 2018) .....             | 114 |
| [그림 II-33] 최근 10년간 재해별 인명피해 현황 (2018 행정안전부) .....                  | 115 |
| [그림 II-34] 연구개발 범위 .....                                           | 117 |
| [그림 II-35] 연구개발 목표 .....                                           | 119 |
| [그림 II-36] 연구과제 구성 및 연계 .....                                      | 119 |
| [그림 II-37] 총괄 및 세부 연구 로드맵 .....                                    | 137 |





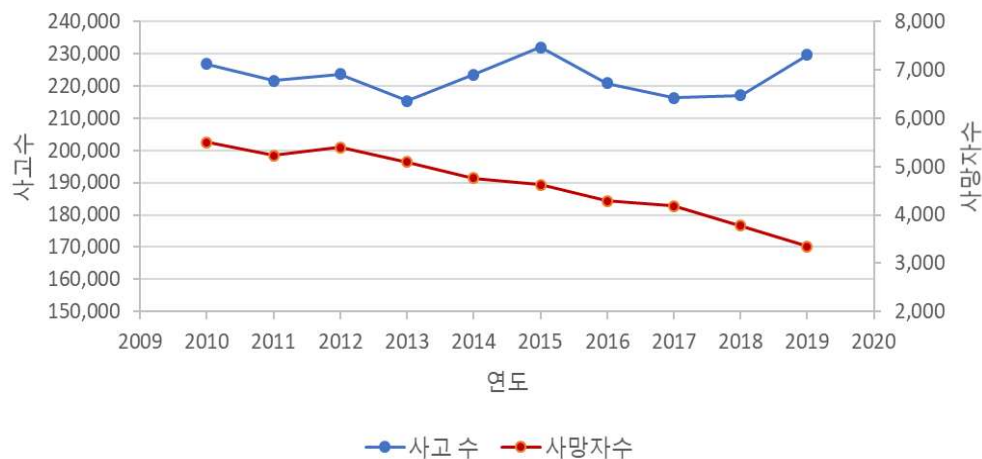


## I. 교통사고 예방을 위한 도로기술

### 1. 연구배경 및 필요성

#### ■ 선진국 대비 열악한 교통안전

- 도로교통공단의 경찰청 사고통계에 따르면 지난 10년간의 교통사고 발생 추세는 다음 그림 및 표와 같음. 교통사고 감소를 위한 지속적이고 장기적인 정책 추진 결과 국내 교통사고 사망자 수와 치사율은 지속적인 감소 추세에 있음
- 특히 2004년에는 교통사고 사망자수가 37년만에 처음으로 5천명 이하로 줄었으며, 꾸준한 감소 추세로 2018년에는 4천명 이하로 감소하는 성과를 보였음
- 하지만 사고 빈도의 경우 사망자와 비교해 보았을 때 감소추세에 있지 않은 것을 확인할 수 있으며, 특히 2019년의 교통사고의 경우 전년도에 비해 약 5.7% 증가하였음
- 이는 지속적인 교통사고 감소 및 안전 대책 수립을 위한 노력이 필요하다는 것을 시사함



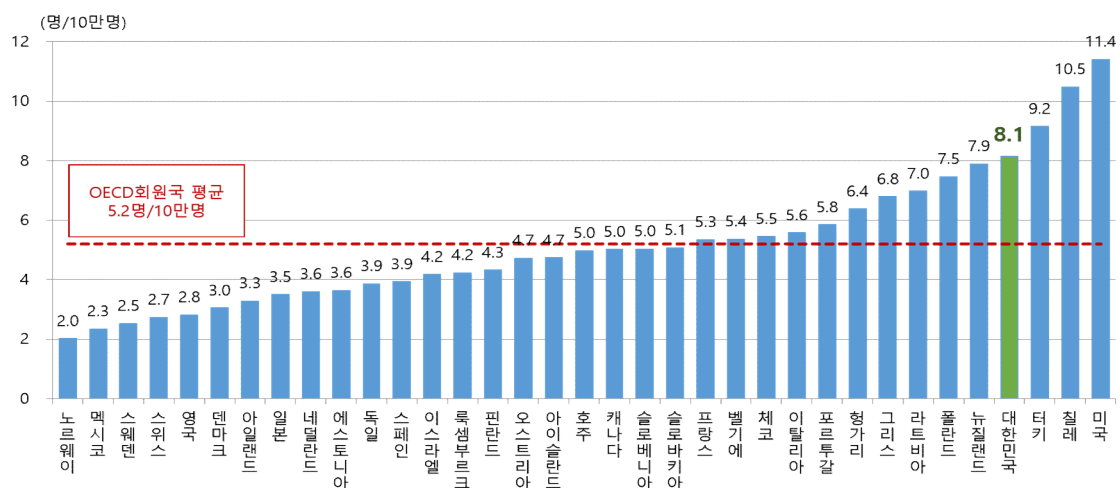
[자료] 2020년판 교통사고 통계분석, 도로교통공단

[그림 I-1] 지난 10년간 국내 교통사고 수 및 사망자 수

[표 1-1] 연도별 교통사고 현황

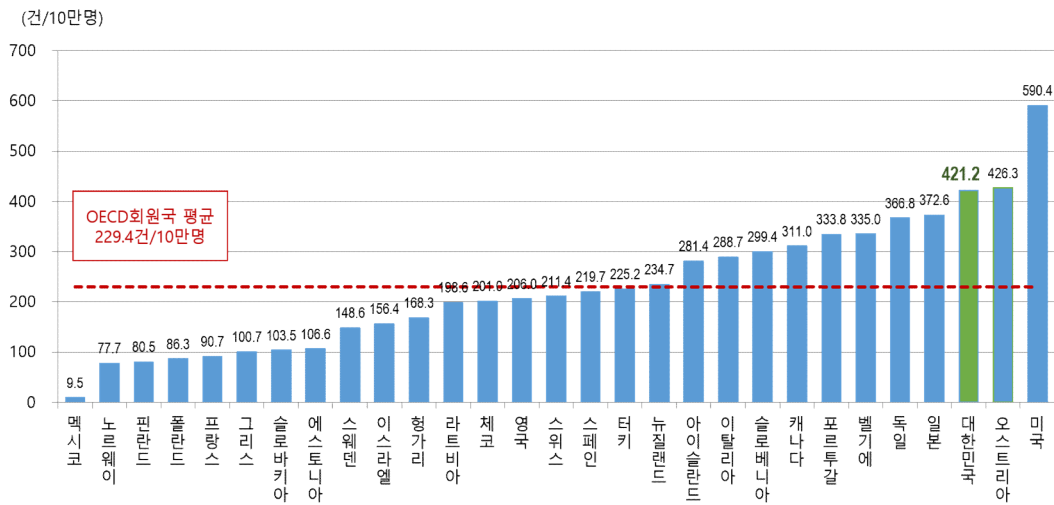
| 연도   | 사고수     | 사망자수  | 부상자수    | 치사율 (%) |
|------|---------|-------|---------|---------|
| 2010 | 226,878 | 5,505 | 352,458 | 2.4     |
| 2011 | 221,711 | 5,229 | 341,391 | 2.4     |
| 2012 | 223,656 | 5,392 | 344,565 | 2.4     |
| 2013 | 215,354 | 5,092 | 328,711 | 2.4     |
| 2014 | 223,552 | 4,762 | 337,497 | 2.1     |
| 2015 | 232,035 | 4,621 | 350,400 | 2.0     |
| 2016 | 220,917 | 4,292 | 331,720 | 1.9     |
| 2017 | 216,335 | 4,185 | 322,829 | 1.9     |
| 2018 | 217,148 | 3,781 | 323,037 | 1.7     |
| 2019 | 229,600 | 3,349 | 341,712 | 1.5     |

- 교통안전 증진을 위한 지속적인 노력으로 교통사고 사망자는 꾸준히 감소하고 있는 추세지만 OECD 타 선진국과 비교해 보았을 때 여전히 열악한 교통안전 환경을 가지고 있음
- OECD 회원국의 인구대비 교통사고 발생 수 및 사망자 수는 [그림 1-2], [그림 1-3]과 같음
- 2017년 기준, OECD 회원국 중 인구 10만명당 교통사고 사망자수 8.1명으로 4위를 기록하고 있으며, 노르웨이 2.0명, 멕시코 2.3명, 스웨덴 2.5명, 스위스 2.7명 등과 비교해 보았을 때 3배 이상 높은 수치를 기록
- 또한, 인구 10만명당 교통사고 건수 역시 421.2건으로 전체 35개국 중 3위를 기록하고 있으며 미국 (11.4명), 오스트리아(426.3명)에 이어 가장 높은 교통사고 건수가 발생하였음
- OECD 회원국의 평균과 비교를 하여도, 사망자 수는 약 1.6배 이상 높으며, 교통사고 건수 역시 평균대비 약 1.8배가 더 높으며, 이는 선진국의 평균보다도 우리나라의 교통안전 환경이 열악하다는 것을 보여줌



[자료] 2019년판 OECD 회원국 교통사고 비교, 도로교통공단

[그림 1-2] 인구 10만명 당 교통사고 사망자수 (2017년)



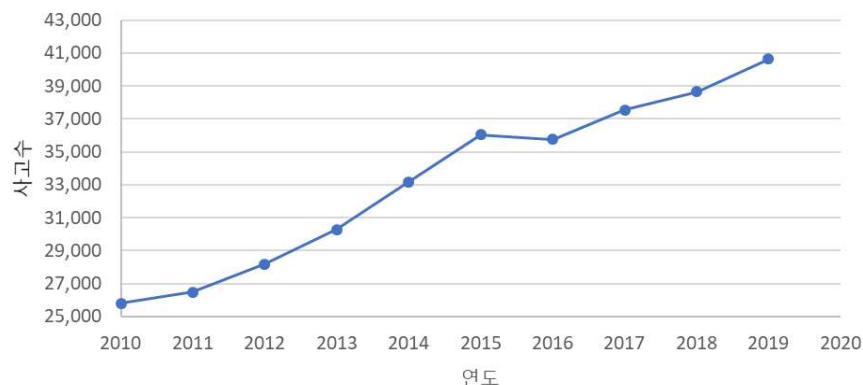
[자료] 2019년판 OECD 회원국 교통사고 비교, 도로교통공단

[그림 1-3] 인구 10만명 당 교통사고 건수 (2017년)

- 이처럼 비록 교통사고 사망자 수가 감소추세에 있으나 여러 방면에서 아직까지 교통안전 선진국의 수준에는 진입하지 못한 것을 통계로 확인할 수 있음
- OECD 선진국 수준의 안전수준 확보를 위해 더 큰 노력을 기울일 필요가 있으며, 이를 위해서 혁신적인 도로기술 및 안전기술이 요구됨

## ■ 고령화 진행에 따른 교통사고 위험도 증가

- 지속적인 고령화 역시 교통사고의 위험성을 증가시킬 수 있는 잠재적인 요인임
- 65세 이상의 고령자 사고는 [그림 1-4]에 보이는 것처럼 지속적인 증가 추세에 있는 것을 확인할 수 있으며 2019년의 고령자 사고는 전년대비 5.2%의 높은 증가를 기록하였음



[자료] 2020년판 교통사고 통계분석, 도로교통공단

[그림 1-4] 지난 10년동안의 고령자 교통사고 통계

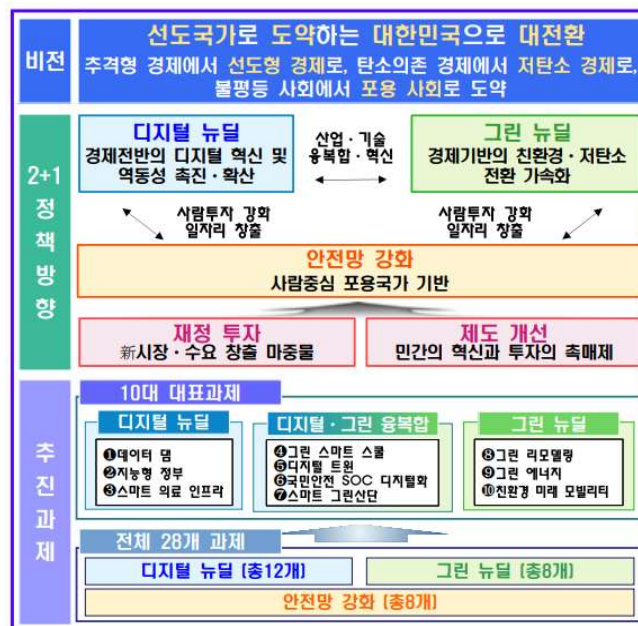
- 빠른 속도의 초고령화 진행으로, 고령자의 통행량 증가로 인한 교통사고 발생 증가, 고령자의 인제 판단력

주의력·시야·시력 저하 등 신체적 능력 감퇴로 인해 사고위험이 상대적으로 높은 특성을 가짐 (도로 이용자는 이동에 필요한 정보의 90% 이상을 시각을 통해 획득)

- 뿐만 아니라, 교통약자로 분류되는 고령 보행자 역시 사고 발생의 치사율이 높은만큼 더 큰 관심이 요구됨
- 정책적으로 고령 운전자의 운전면허 갱신에 대한 정책이나 이동보조 지원을 확대하는 접근방법도 있지만, 이와 같은 정책은 고령자의 이동성에 큰 제약을 끼칠 수 있음
- 이보다는 운전자의 주행을 보조해 주는 동시에 고령 보행자의 안전을 증진 시킬 수 있는 기술이 더 유효한 전략이라고 할 수 있음
- 이처럼 고령 보행자의 안전을 지원해 줄 수 있는 기술이나, 고령 운전자가 주행 시 운전자를 보조해 줄 수 있는 기술에 대한 요구가 커지고 있음

## ■ ‘한국판 뉴딜’에서의 교통안전의 중요성

- 최근 정부는 코로나 19로 인한 극심한 경제 침체 극복 및 구조적 대전환이라는 큰 목적하에 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획을 발표함
- 1) 경제의 전반적인 디지털 혁신 2) 친환경/저탄소 전환 3) 국가안전망 강화를 큰 정책의 방향으로 제시하고 있음 ([그림 1-5] 참조)
- 교통사고 예방을 위한 도로기술 혁신 역시, 디지털 혁신 및 국가 안전망 강화와 매우 밀접한 연관이 있으며, 10대 대표과제 중 국민안전 SOC의 디지털화에 포함되어야 하는 핵심 과업임



[자료] 「한국판 뉴딜」종합계획, 기획재정부

[그림 1-5] 한국판 뉴딜의 구조 및 정책 방향

## ■ 사고없는 안전한 교통환경 조성 시급

- ‘16년 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조로 연간 GDP의 1.45%에 해당되는 규모이며, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조의 사회적 비용이 발생하여 도로 시인성 및 정보 시각화를 통하여 야간사고율 10% 감소 시 사회적 비용 0.9조 저감이 예상됨 (2017 교통사고통계, 경찰청)
- 제 7차 국가교통안전기본계획을 통한 고령운전자의 인지·주의능력 감퇴 등 고령자 신체적 특성 변화에 따른 다양한 정책을 추진하였으나 교통사고 사상자는 지속적으로 증가하는 추세
- 고령사회로의 진입 및 가구 유형 변화 (1인 가구 증가)에 따른 자동차 등록대수의 증가 등 도로부문의 교통여건 변화에 따라 국가단위에서의 사고율 감소 및 사회적비용 저감을 위한 다양한 정책 마련이 시급한 상황
- TASS 교통사고 분석시스템(2017)에 따르면 악천후 시 일반사고에 비해 사망률이 두 배 이상 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 2017년 교통사고 발생건 중에 야간에 발생한 교통사고는 2천여 건으로 사망자수는 2천1백명 주간보다 사망률이 높음
- 특히 도로 기하구조가 복잡하고 교차로가 많아 차선의 역할이 중요한 도심지에서 민원과 교통 사고의 원인으로 인식되고 있으나, 적절한 관리체계가 마련되지 않아 현황 파악 조차 어려운 상황. KBS 뉴스(2013년 7월 17일)에 따르면 서울시 도로 중 90% 이상이 차선 반사기준을 만족하지 못하고 있어(관계자에 따르면 1% 수준으로 추정) 차선의 야간 시인성 개선이 시급
- 교통안전표지 가운데 노면 표시는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로구조를 보존함에 그 목적이 있으며 독자적으로 또는 교통안전시설과 신호기를 보완하여 도로 이용자에게 규제 또는 지시의 내용을 전달하는 기능을 함.(교통노면표시 설치관리 매뉴얼, 경찰청, 2012)



[그림 1-6] 야간/우천시 시인성 저하 및 도로조명 의한 차선 난반사 사례

- 노면표시의 시인성은 주간에는 큰 문제가 되지 않으나, 야간에 성능이 급격히 저하되고, 전조 등/가로등에 의한 난반사 발생으로 야간 시인성 확보에 악영향을 미침. 도로 차선은 종류와 형태별로 의미를 가지며 어떠한 도로 조건에서도 잘 보여야 주행 안전성을 확보할 수 있으나 야간, 우천시 차선 인식에는 어려움이 있음
- 야간 도로 시인성 문제는 교통 분야의 세계적 이슈로 볼 수 있으나, 그럼에도 불구하고 전통적인 노면표시 재료/기술에 의존하면서 해당분야의 기술개발 연구사례는 쉽게 찾아보기 어려움
- 겨울철에 노면 결빙(블랙아이스)과 적설로 인해 발생한 7천 592건의 교통사고로 222명이 사망해 치사율은 2.9%로 분석됨. 노면 결빙으로 인한 교통사고 1천건 당사망자 수는 35.9명으로 전체 평균인 21.6명보다 66.2% 많음
- 비 오는 날 교통사고는 사고 100건당 치사율이 2.28명으로 전체 평균 교통사고 치사율(0.5명)에 비해 약 4.32배 높은 것으로 나타남. 비 오는 날 교통사고 발생 건수는 하루 평균 2천 814건으로 비가 오지 않은 날 2천 552건보다 10.3% 많으며, 교통사고 비용은 최근 5년간 1조 7천 921억원, 연평균 3천 584억원으로 추산
- 특히 겨울철 교통량이 한산한 외곽 지역, 터널 출구, 습기가 많은 교량 등 블랙 아이스존 형성을 인지할 수 있는 도로결빙 위험시각화 및 빗길 미끄럼 발생 저감 기술에 대한 정책적 지원이 필요함

[표 1-2] 노면상태별 교통사고 발생현황('13~'15년), 도로교통공단

(단위: 건, 명, %)

| 구분        | 건조      | 습기      | 결빙    | 적설    | 기타    | 합계        |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|-----------|
| 발생건수      | 586,177 | 70,234  | 5,091 | 2,501 | 6,938 | 670,94    |
| 사망자수      | 12,072  | 2,041   | 183   | 39    | 140   | 14,475    |
| 부상자수      | 882,998 | 110,488 | 9,126 | 4,291 | 9,705 | 1,016,608 |
| 치사율(%)    | 2.1     | 2.9     | 3.6   | 1.6   | 2.0   | 2.2       |
| 1천건당 사망자수 | 20.6    | 29.1    | 35.9  | 15.6  | 20.2  | 21.6      |

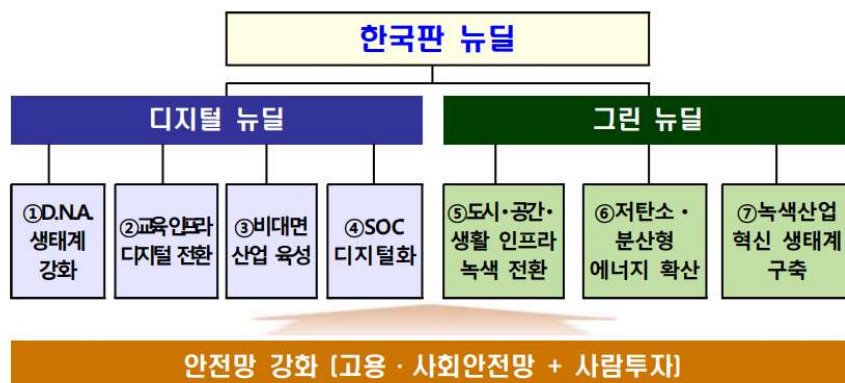
## 2. 국내외 현황조사

### 2-1. 국내외 정책동향

#### ■ [국내] 한국판 뉴딜 정책과 안전속도 5030 정책 도입

##### ● 한국판 뉴딜 정책

- (한국판 뉴딜의 핵심 비전) ①추격형 경제에서 선도형 경제로 ②탄소 의존 경제에서 저탄소 경제로 ③불평등 사회에서 포용 사회로의 도약에 있음
- (뉴딜 정책의 핵심 과업) 디지털 뉴딜/그린 뉴딜이 있으며 이를 사회 안전망 강화로 뒷받침 하고 있음
- (디지털 뉴딜) 세계 최고수준의 전자정부 인프라/서비스의 제공을 목표로 함. 국가 강점인 ICT 기반으로 경제 전반의 디지털 혁신과 역동성을 추구
- (그린 뉴딜) 친환경/저탄소 등 그린경제로의 전환 가속화로 탄소중립 경제를 지향하고 에너지 절약, 환경개선, 신재생에너지 개발 등의 친환경 인프라 구축을 목표로 함
- (안전망 강화) 위의 두 핵심 정책인 디지털 뉴딜/그린 뉴딜과 더불어 불확실성 시대에 실업 불안, 사회적 불평등 심화를 완화하고, 고용 및 사회 안전망의 사각지대 해소를 목표로 함



[그림 1-7] 한국판 뉴딜의 핵심 정책(디지털 뉴딜/그린 뉴딜/안전망 강화)

##### ● 안전속도 5030

- (개요) 안전속도 5030은 도시부의 제한속도를 기본 50km/h로, 주택가 도로 등 보행위주 도로의 제한속도를 30km/h로 조정하는 정책임
- '도시부'는 주거·상업·공업 지역을 의미하고, 보행자 통행이 많은 도시부 내 일반도로에서는 시속 50km 이내로 주행하도록 법이 개정

- 또한, 도시부 내 일반도로라 할지라도 주간선도로와 같이 소통 확보가 필요한 큰 도로에서는 시속 60km 이내로 주행하도록 개정
- '보행 위주 도로'는 주택가 등 주거·상가 인접 도로를 의미하는 골목길과 같은 좁은 도로이며, 보행 위주 도로에서는 시속 30km 이내로 주행하도록 개정
- 이미 덴마크, 호주, 헝가리 등 전 세계 47개국에서 도시부 도로 제한속도를 하향하였으며 이를 통해 12~24%의 교통사고 감소효과를 얻었음
- 우리나라 역시 부산시 영도구와 서울시 종로 축에서 안전속도 5030을 시범 운영하여 교통사고 발생 및 사망자가 감소 효과를 확인함
- 2017년 6월부터 시범 운영한 부산시 영도구의 경우에는 교통사고 사망자수는 24.2%, 보행 부상자수는 37.5% 감소하였으며, 2018년 6월부터 시범 운영한 서울시 종로축의 경우에는 교통사고 건수는 15.8%, 보행 부상자수는 22.7% 감소



[그림 1-8] 안전속도 5030 정책

● 제8차 국가교통안전기본계획 (2017~2021, 국토교통부)

- (정책방향) 국가교통안전기본계획에서 교통안전 취약 부문에 대한 안전관리를 강화하는 방향을 주요 정책 방향으로 하여 OECD 최하위 수준인 국내 교통안전 수준을 '21년까지 OECD 중위권 수준으로 향상하고 '26년 교통안전선진국 진입을 목표로 설정함
- 1만 명당 사망자수('15년 1.9명 ⇒ '21년 1.0명, 47%↓)를 획기적으로 감소시키기 위해 위험 도로 및 위험구간 맞춤형 시설 개선, 첨단 기술 활용한 안전운전 유도, 고령 운전자 증가에 따른 안전정책 등을 실시하고 있음. 본 기획연구는 외부자금 감응재료를 활용한 도로 시인성 향상을 통해 국가교통안전정책에 기여할 것으로 판단됨

- 도로교통 안전관리 정부 예산 증가

- 국토교통부는 도로 시설물 안전관리 강화 및 교통사고 예방시설 지속 확충을 위해 '15년 14,808억원 ⇒ '16년 15,220억원 ⇒ '17년 18,102억원으로 관련 예산이 증가하고 있음

- 「'18년도 정부 R&D 투자방향」기술 분야별 투자전략

- '18년 정부 R&D 건설·교통부문 주요 키워드는 안전, 저에너지, 스마트 교통시스템, 융복합, 자율운행 등으로 범부처별 협업을 통한 안전을 겸비한 미래 스마트 교통인프라 구축에 지속적인 투자가 지속될 것으로 전망됨

- 미래도로 정책과제 추진 전략

- '17년 한국도로협회에서는 국토교통부 도로부문 정책 목표를 통해 사회환경 변화, 도로 부문 패러다임 변화, 기술발전 등을 미래도로 정책과제로 선정하였음
- 사회구조·인구구조 변화, 신교통수단, 재난·기후변화의 정책 키워드가 가장 시급히 실현되어야 할 분야로 본 연구를 통해 야간 및 도로 취약구간에서 시인성 확보, 교통안전 표시 개선
- DMZ 통과구간은 무분별한 훼손을 최소화 하면서 도로시설 설치가 바람직하여, 가로등 등 전력공급 없이 야간 시인성 확보를 위한 기술이 필요

## ■ [미국] Vision Zero

- (개요) 미국 캘리포니아 주 샌프란시스코시(City and County of San Francisco)는 도시 내의 교통사고 사망자를 없애기 위한 비전제로(San Francisco Vision Zero) 정책을 2014년 2월부터 본격적으로 도입

- 비전제로(Vision Zero)는 과거 샌프란시스코시에서 지속적으로 추진하던 도로 안전 계획과 보행자 안전, 대중교통 계획 등 관련 정책들이 통합된 보다 안전하고 활기찬 도시를 만들기 위한 포괄적인 정책임

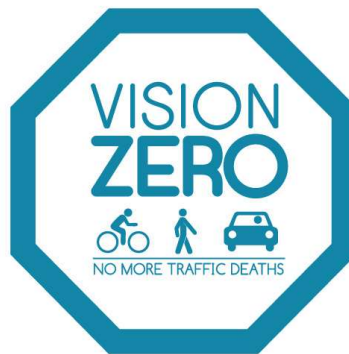
- (궁극적 목표) 도로에서 발생하는 교통 사망 사고를 2024년까지 0건으로 감소시키고 이를 달성하기 위해 샌프란시스코시는 대중 교통 계획과 도로 디자인을 개선하는 노력 뿐 아니라 시민들을 대상으로 안전하게 도로를 이용하는 방법에 대해서 교육

- 샌프란시스코시는 도시 내 약 12%의 도로에서 70% 이상의 사망 및 중상사고가 발생하고 있기 때문에 효과적인 비전제로 목표 달성을 위해서 교통사고 자료를 기반으로 고위험도로와 교차로를 지정하고 이 지역에 우선적으로 개선사업을 계획·시행

- 고위험도로는 캘리포니아주 교통사고 통합 시스템(SWITRS, Statewide Integrated

Traffic Records System)의 교통사고 자료를 분석하여 샌프란시스코 공공보건국(SFDPH)과 시영교통국(SFMTA)이 함께 선정

- Vision Zero의 핵심적인 전략은 ①도로안전 ②시민안전 ③차량 안전으로 분류됨
  - (핵심전략①|도로안전) 비전제로는 도로 안전성을 높이고 사망 및 중상사고의 감소를 위한 도로의 계획, 설계 및 시공 전반을 모두 포함. 이를 위해 샌프란시스코시에서는 고위험도로 분석을 실시, 우선적 개선이 필요한 도로구간과 교차로를 파악하고 순차적으로 안전성 개선 사업을 시행
  - (핵심전략②|시민 안전) 샌프란시스코시는 운전자, 승객, 보행자, 자전거 등 모든 도로 이용자들의 안전한 통행을 위해서 다양한 안전 교육과 프로그램을 시행
  - (핵심전략③|차량 안전) 샌프란시스코시는 강력한 정책과 파트너십을 통해서 자동차 업계가 운전자 뿐 아니라 교통사고에 취약한 보행자와 자전거 이용자를 고려한 안전한 자동차를 만들 수 있도록 돕고 있음



[그림 1-9] 교통사고 사망자를 위한 Vision Zero 정책

## ■ [캐나다] A New Traffic Safety Paradigm

- 캐나다의 Victoria Transport Policy Institute가 발행한 A New Traffic Safety Paradigm 보고서에 따르면, 교통안전 정책의 패러다임이 크게 변화하고 있음
  - 기존의 교통안전 개선을 위한 캠페인은, 사고위험도가 높은 청년/고령층 운전자 시험 강화, 차량 및 도로환경 개선과 같은 전통적인 방법이 주류를 이뤄왔음
  - 하지만 최근에는 보행/자전거/대중교통 등의 다양한 교통환경이 혼재해서 존재하는 환경에서의 안전관리에 초점을 맞추고 있으며, 스마트 성장 및 Complete Street 정책, 또 교통수요 관리와 같이 교통시스템 운영 및 계획과 교통안전을 통합하는 움직임을 보임
  - 최근 새롭게 등장하는 모빌리티 서비스 역시 이러한 멀티모달 환경에서 존재하기 때문에, 교통운영/계획 측면에서도 교통안전을 위한 고려가 요구되고 있음

[표 1-3] 변화하는 교통안전 패러다임

| 기존 교통안전 정책                                                                                                                                                                  | 변화하는 교통안전 정책                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문화 개선을 위한 교통 안전 캠페인</li> <li>- 청년 및 고령 운전자 시험 강화</li> <li>- 도로 환경 및 디자인 개선</li> <li>- 차량 환경 개선</li> <li>- 사고로 부터의 승객 보호</li> </ul> | 멀티모달(Multi-modal) 교통계획 (보행, 자전거, 대중교통 등의 전반적인 안전 관리)<br>스마트성장 및 Complete Street 정책<br>교통수요관리(Traffic Demand Management) |

## ■ [미국] 미국 연방교통부 스마트 교통체계를 포함하는 도로교통 인프라 지원

- TIGER(Transportation Investment Generating Economic Recovery) 펀드를 통하여 총 5억불의 도로교통 인프라 투자 지원금을 기관 및 민간기업의 다양한 프로젝트 지원
- 스마트 교통체계 개선을 위해 美연방교통부는 5,000만 달러를 지원하는 'Smart city challenge'를 개최하여 교통수단, 온실가스, 스마트 가로등과 같은 교통시설, 자동화 셔틀 등 주요 문제점을 연구하여 실용화하기 위한 다양한 정책을 수립함



[그림 1-10] 미국 Smart city challenge 지원 도시

## ■ [유럽] European Road Safety Action Programme. ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council), 미래형 스마트 도로 확대 정책 등으로 도로안전 확대

- European Road Safety Action Programme을 통해 '20년까지 도로교통사망자를 50%까지 감축하는 것을 목표로 하여 시행중임. 특히 중앙분리대, 시설물에 대한 효과 사례 분석 및 안전시설 방향과 성능 규정을 포함하는 도로안전 보호시스템을 구축 중
- 도로안전 보호시스템 구축을 위하여 중앙분리대 및 중앙시설물의 효과에 대한 사례를 분석하고, 안전시설 방향과 성능규정을 제안함

- 유럽연합 표준 1317(European Norm 1317) 뿐만 아니라 운전조건에 따른 안전시설보호수준 확보를 규정
- EU의 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 '30년까지 안전한 도로교통을 위한 기술개발 로드맵을 제시함
  - (사업제시) 도로이용자의 안전, 안전한 자동차, 교통 안전 분석, 안전한 사회시설, 도로안전 및 보안을 위한 협동 등 기술 방향성 제시
  - (목표) 통합안전 도로교통시스템 구축을 통해 '20년까지 사고율 30% 감소, '30년 교통사고제로 등 목표
  - (소요 비용) 글로벌 사회간접자본시설 건설을 위해 '30년까지 57조 달러가 소요되며 도로부문에 16.6조 달러가 투자될 것으로 전망하고 있으며 이중 약 10%는 유지·보수 투자비용으로 추정됨

## ■ [유럽] 미래형 스마트 도로 확대 정책

- (지능형 교통시스템 TEN-T) 유럽 국가의 지능형 교통체계 도입을 지원하여, 지능형 교통체계 연구·시험운영·시스템 구축 등을 통하여 유럽차원의 교통정보 공유를 위한 상호 운영성 및 호환성 확보를 추진 중
- (유럽) EU PROS 보고서에서는 교통안전이슈를 4가지 분야(인간, 차량, 도로 인프라, 교통안전 분석 및 평가)로 구분되며 각 분야 별 주요 이슈 및 기술을 도출
- 도로기술의 경우 도로상태 분석 및 경고하여 운전자의 운전 주행을 유도하는 기술개발을 위해 차선, 표지판 등의 도로시설물에 대해 환경에 대한 신뢰성을 바탕으로 새로운 개념의 디자인 도입을 요구하고 있음

| 미래 도로의 교통안전을 위한 주요 기술 개발 과제 |                                                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 인간                          | • 교통약자 중심 도로설계 및 개인별 특성에 기반한 안전 기구 개발                       |
| 차량                          | • 자동 운전 기술확대를 위한 도로와 차량의 상호 작용 기술                           |
| 도로기술                        | • 도로상태 분석 및 경고하여 안전 주행 유도 기술                                |
| 교통안전 분석·평가                  | • 사고 모니터링 감지 및 실제 사고원인 분석 기술<br>• 자동화 차량과 실제 운전자간의 영향 분석 연구 |

[그림 I-11] 미래도로의 교통안전을 위한 주요 기술 개발 과제

## 2-2. 국내외 기술/시장 동향

### ■ 국내 기술/시장 동향

#### ● 도로교통 안전사업 관련 시장동향

- 국토교통부는 도로 시설물 안전관리를 강화하고 교통사고 예방시설을 지속 확충하기 위하여, 17년에는 전년보다 약 2.8% 증가한 1조 8,102억원을 투자할 계획이라고 밝힘
- (교통안전예산 투자증가) '15년 14,808억원 → '16년 15,220억원 → '17년 18,102억원
- 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%)로 연간 지속적으로 증가하고 있음 (\*물적·인적피해 사고비용은 증가 모두 증가추세)
- 'Global Insight'에 따르면 2010년 도로부문을 포함한 교통분야 세계시장 규모는 약 1조 409억 달러지만 2020년 2조 4876억 달러 규모로 2배 이상 성장할 것으로 관측
- 건설시장의 46%를 아시아가 점유할 것이며, 남미, 아프리카 등의 점유율은 상승하는 반면 북미, 유럽의 점유율은 크게 하락할 것으로 예상
- 해외 도로시장의 급성장세와 국내 도로물량 감소에 대응하기 위한 국내 건설기업해외 진출 확대, 특히 수주지역 다변화 전략이 시급한 상황

#### ● 도로연장 관련 시장동향

- 국토교통부 2016년 도로업무편람 (2016) 2015년 12월 31일 기준으로 총 도로연장은 107,527km로 여기에 포장률을 고려한 포장도로의 총 연장을 계산하면 98,890km로 파악됨.(국토교통부, 2016)
- 고속국도, 일반국도, 지방도의 평균차로수를 각각 6차로, 4차로, 4차로로 가정한다면 차로 수 기준 총 연장은 502,837km로 파악됨. 평균적으로 2년에 1회 재도색을 수행한다고 가정하면 기타 교통노면표시(횡단보도, 기호, 문자 등)를 제외하고도 1년에 약 250,000km 이상에 해당하는 시장규모가 형성되어 있다고 추정할 수 있음
- 추정결과에 따르면 연 1,808억원 수준의 시장규모가 형성되어 있다고 판단되며, 이를 도로연장을 기준으로 단가를 역 추산하면 약 1,680,000원/km/년으로 추정됨 (단 해당단가는 교통노면표시를 제외한 순수 차선도색 비용이며, 복선 설계 등을 고려하지 않는 보수적 관점에서 추정된 단가이며, 고기능성 노면표시 재료의 단가 상승분은 고려하지 않은 결과임)

#### ● 도로 유지보수 관련 시장동향

- (국내시장동향) 2014년 도로 유지보수비는 2.3조원 규모로 일반국도, 특별 및 광역시도,

그리고 고속 국도 순으로 높은 비용을 지출함

- (도로별 유지보수비 집행현황) 고속국도가 도로 유지보수비의 14.0%인 3,234억원을, 일반국도가 35.7%인 8,210억원을 각각 집행함
  - 특별 및 광역시도는 도로 유지보수비의 18.7%인 4,309억원, 지방도, 시도, 군도의 유지보수비는 전체 도로 유지보수비의 각각 10.5%, 14.6%, 6.4%를 차지하고 있음
  - 도로 및 보수현황 시스템에서 2013년부터 2016년까지 노면표시 유지보수 실적을 보면, 2016년에 물량이 2.8배 증가하였으나, 보수비는 감소하여 집행되었음
  - 도로보수 실적세부내역을 검토한 결과 국비를 사용하는 지방도의 물량이 물량증가의 대부분을 차지하였으나(14,128,482㎡), 보수비는 2억원 가량 증가하였음
  - 이를 통하여 국비로 관리되는 지방도에 가격이 낮은 제품으로 대량 유지보수를 실시한 것으로 판단되며, 늘어나는 유지보수 물량과 한정된 예산에서 고내구성의 노면표시 재료의 개발이 필요
  - (국외시장동향) 전 세계적으로 차선도색도로 시장은 2016년에 1,366.2 kilo tons로 추정되고 있으며, 세계적 시장은 새로운 고속도로 건설 및 유지보수 등을 원동력으로 성장할 것으로 예상됨
  - 새로운 도로건설 뿐만 아니라 기존차선의 유지보수와 연관이 있으며, 운전자의 속도, 운전조건, 온도를 기록하고 차량의 센서 시스템과 통신하는데 도움이 되는 인텔리전트 거리 표시 시스템에 대한 투자 증가로 지속적으로 발전할 것으로 예상됨
- 한국교통안전공단 - 교통안전정보 관리 시스템
- (개요) 교통안전공단의 교통안전정보 관리 시스템은 교통안전법령에 의거 구축/운영되는 시스템으로, 교통시설, 교통수단 및 제반정보와 교통사고 관련 자료를 유지 관리하는 사업임
  - 교통사고 원인분석 정보 및 맞춤형 교통안전 정보를 개발함으로써, 교통안전 역량 강화를 위한 시스템으로 자리매김 하고 있음
  - 도로교통공단의 TAAS 교통사고 분석 시스템이 경찰청에서 조사하는 전국에서 발생하는 사고를 다룬다면 교통안전정보관리 시스템의 경우 보다 운수회사에 초점을 맞추고, 지자체별 교통안전정보 제공에 초점을 맞추고 있음



[그림 1-12] 한국교통안전공단의 교통안전정보관리 시스템

#### ● 한국교통안전공단 - 사업용 차량 운행기록 데이터 개방 시스템

- (개요) 사업용 차량에 의무적으로 부착된 운행기록장(Digital Tachograph; DTG)로 부터 수집중인 운행기록 데이터의 개방 서비스를 제공하기 위한 시스템
- 운행기록 데이터는 초단위의 사업용 차량의 속도, 가속도, 방위각, GPS 위치정보, RPM 등 다양한 정보를 얻을 수 있음
- 교통안전 연구의 트렌드가 사고중심에서 운전행동 중심으로 변화하고 있다는 점에서 해당 데이터는 미래의 교통안전 연구를 위해 핵심적인 가치를 가지고 있으며, 따라서 본 사업과의 연관성도 매우 크다고 판단됨
- 사업용 차량의 운행기록 데이터 뿐 아니라, 한국교통안전공단에서 자체적으로 마련한 기준에 따라 사업용 차량의 위험운전행동 데이터도 개방 대상에 포함되어 있음
- 위험운전행동 데이터는 운전자의 운전습관, 안전운전 불이행, 돌발상황 등 여러 요인에 의해 발생하는 위험을 분류하여 제공하는 데이터이며, 1초단위의 행동 데이터 혹은 경로 단위의 위험운전 행동 통계데이터를 제공하고 있음
- 주행기록 데이터의 특성상 데이터의 규모가 매우 방대하기 때문에 오픈API를 통한 완전한 공개를 이루어지지 않고 있으며, 교통행정기관, 공단 및 운송사업자의 교통안전 관리 업무에 한정하여 자료를 신청 후 제공 받는 식으로 사업이 운영되고 있음

사이트 소개

홈 - 서비스 소개 - 서비스 안내

## Digital Tacho Graph Open Data Portal

본 시스템은 운행기록장치(Digital Tachograph; DTG)로부터 수집중인 운행기록데이터의  
개방 서비스 제공을 위해 한국교통안전공단이 구축 운영하는 시스템입니다.

운행기록데이터는 교통행정기관, 공단 및 운송사업자에게 교통안전 관리업무에 한정하여  
활용하는 전제하에 제공되고 있으며, 해당 홈페이지를 통해 자료를 신청 및 제공받을 수 있습니다.

수요자 중심의 운행기록데이터를 제공함으로써 수요기관의 사업용 차량 사고 예방 분석에  
활용 할 수 있으며 데이터 기반 교통안전정책수립에 신뢰성을 확보할 수 있습니다.



[그림 1-13] 사업용차량 운행기록데이터개방시스템(한국교통안전공단)

### ● 한국교통안전공단 - 운수안전 컨설팅지원 시스템

- (개요) 운수안전 컨설팅지원 시스템(COSAS)은 공단이 보유한 다양한 정보(자동차, 운수회사, 운수종사자 등) 시스템을 연계, 빅데이터 시스템을 이용한 처리 및 분석을 통해 공단의 안전관리 컨설턴트가 운수회사를 대상으로 수행하는 안전 진단 및 교육 활동에 필요한 정보를 제공하는 시스템임
- (핵심목표) 운수안전컨설팅 지원 시스템의 핵심 목표로는 먼저 교통안전 담당자에게 교통안전정책 결정에 필요한 정보를 제공해 과학적, 신뢰성 있는 정책결정을 지원
- 지역본부 관내 운수업체에 대해 ▲상시 교통안전안전상황 모니터링 체계 제공 ▲필요시 운수업체 컨설팅에 필요한 정보 제공 ▲대형사고 발생 시 해당 운수업체, 운전자, 차량 정보를 실시간으로 제공해 주고 있음
- 또한 위에서 언급한 공단 보유의 운행기록 및 교통사고 빅데이터 분석을 통해 전국의 모든 운수회사/운수종사자의 안전등급을 매월 산정하고 있음
- 또한 공간상에서 발생하는 교통사고와, 11대 위험운전행동 통계 등을 활용하여 도로의 안전등급을 산정하여 표출하고 있음



[그림 1-14] 운수안전컨설팅 시스템의 운수종사자/회사 안전등급

- (안전등급 산정을 위한 변수) 교통량 데이터, 사고 데이터, 11대 위험운전행동데이터 등이 복합적으로 사용되고 있으며, 전국의 모든 도로에 대해 아래 그림과 같이 서비스를 수행 중에 있음



[그림 1-15] 운수안전컨설팅 시스템의 도로 안전 등급

## ● 도로교통공단 - TAAS 교통사고분석 시스템

- 위의 운수안전컨설팅 시스템이 버스/택시/화물 운수업체의 안전관리에 초점을 맞추고 있었다면, 도로교통공단의 교통사고 분석시스템은 전국에서 발생하는 모든 사고를 다루고 있음
- 데이터를 개방하여 이용자가 직접 사고 데이터에 접근할 수 있게 하였으며, 자체적인 GIS 분석 툴도 제공하여 시스템 내부에서 사고 분석을 수행할 수 있다는 장점이 있음

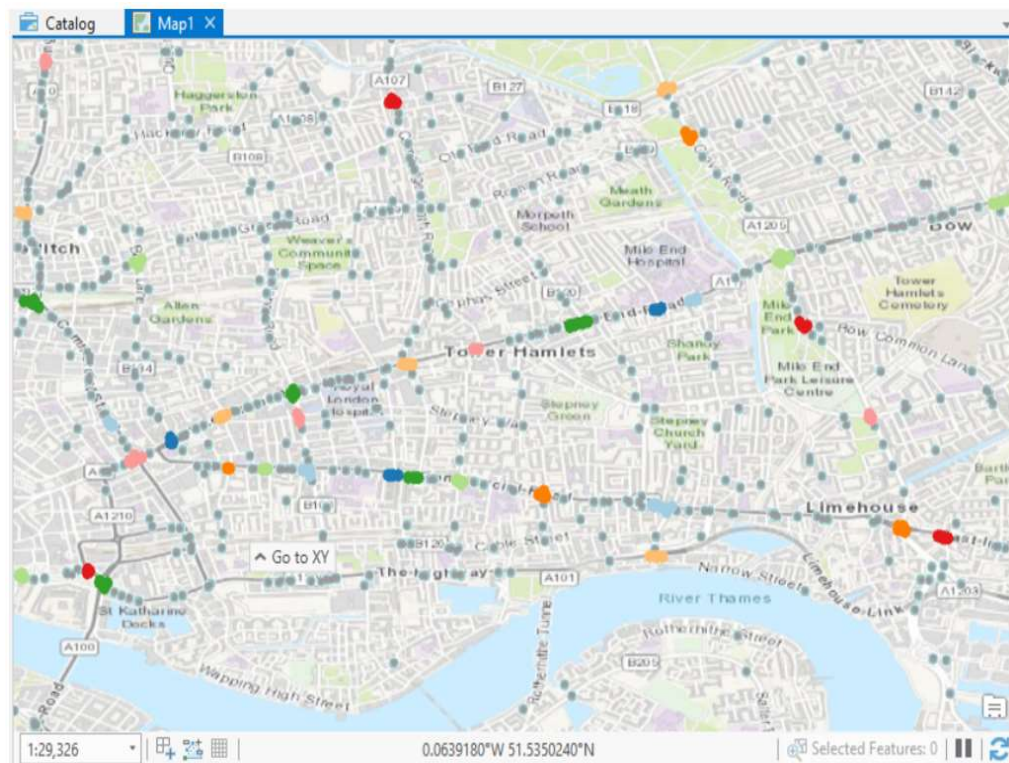


[그림 1-16] TAAS 교통사고분석 시스템

## ■ 국외 기술/시장 동향

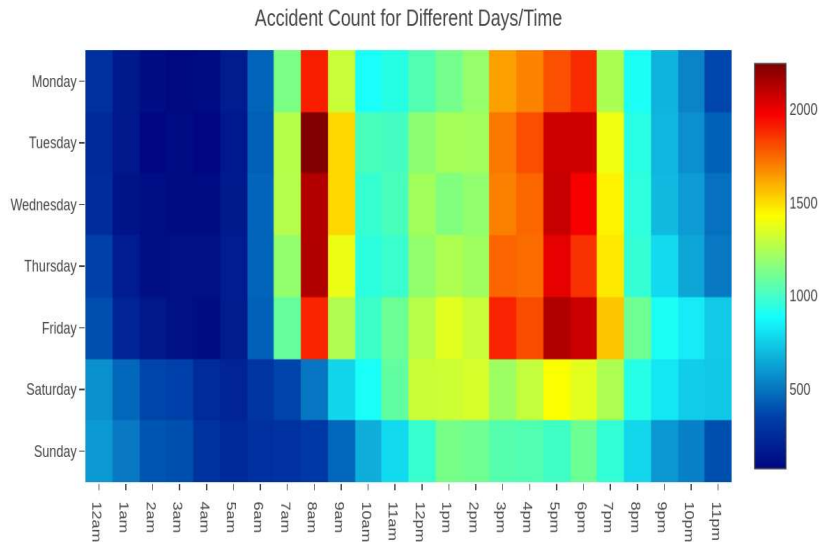
### ● 딥러닝 기반의 사고 위험도 예측 모델

- (국외 연구의 트렌드) 전통적인 회귀모형 기반의 사고 위험도 예측이 아닌, 딥러닝/기계학습 기반의 사고 위험도 예측이 주를 이루고 있음
- (딥러닝 기반 모델 강점) 기상상황/돌발 이벤트 등 단기간에 걸쳐 지속적으로 변하는 변수들을 모델의 인풋 변수로 활용할 수 있다는 강점이 있음
- 아래 그림은 GeorgiaTech 연구진에서 개발한 Live Traffic Accident model의 보여줌 기계학습을 통해 실시간으로 위험도 표출이 가능하도록 모델링을 수행함
- 또한 이 모델은 사고의 핫스팟에 대한 점표출뿐 아니라, 주행경로에 따른 위험도를 매핑할 수 있는 기능을 탑재하고 있음
- (이용) 교통안전 모델이 나아가야 할 방향으로 핫스팟 기반의 점단위 표출이 아닌 경로 단위로 위험도가 표출되어, 네비게이션 서비스와 같이 경로 단위로 서비스 될 수 있는 곳에 활용될 수 있음



[그림 1-17] 기계학습을 사용한 사고 위험지역 (런던)

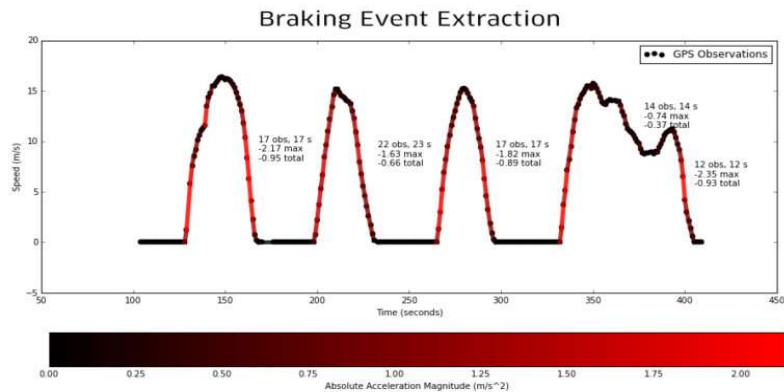
- (또 다른 강점) 실시간으로 변하는 기상상황, 요일정보, 시간정보 등을 모델에 반영가능
- 아래 그림은 요일/시간에 따른 사고의 위험도를 시각화 한 것임. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 교통사고는 시간변수와 매우 밀접한 관련이 있으며, 또한 비/눈과 같은 기상상황과도 밀접한 연관이 있음
- 하지만 기존의 HSM의 안전성능함수와 같은 모델의 경우 지난 1~3년의 교통사고 데이터를 사용해서 안전 모델을 설계하기 때문에 시간단위로 변하는 기상변수, 시간변수 등을 활용할 수 없다는 한계가 존재함
- 이러한 이유로 최근 인공지능/기계학습 기반의 안전 모델에 대한 많은 연구가 수행이 되고 있으며, 정확도는 물론 표출의 유연성까지 확보할 수 있다는 점에서 기존의 모델에 비해 강점이 존재한다고 할 수 있음



[그림 1-18] 요일,시간단위의 교통사고 위험도

● 우버(Uber) - 운전자 주행데이터 기반의 위험성 감지 기술

- 미국의 모빌리티 서비스 회사인 우버는 자체적으로 운전자의 주행데이터를 수집하여 운전자의 운전행동을 모니터링 하고 있음
- GPS 기반의 차량 위치를 실시간으로 추적하여, 속도/가속도를 예측한 후, 아래 그림과 같이 브레이킹/가속 여부를 자체적으로 판단하는 모듈을 보유하고 있음



출처: <https://eng.uber.com/self-driving-telematics/>

[그림 1-19] GPS 데이터를 이용한 브레이킹 이벤트 추출

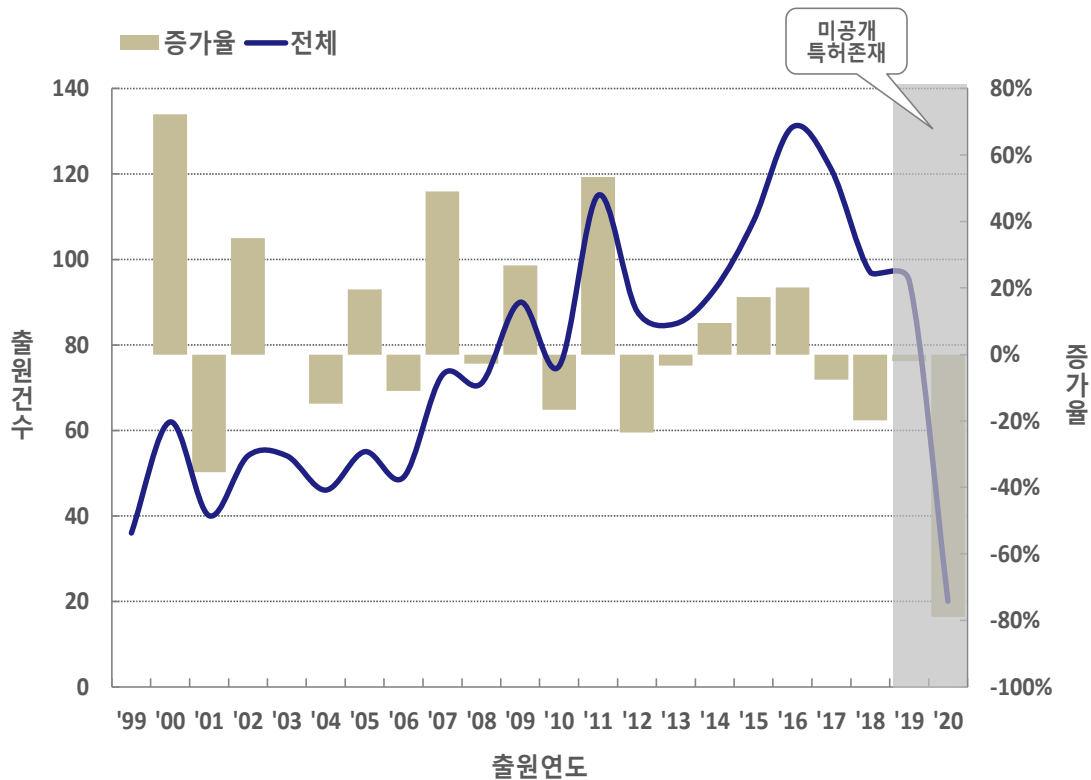
- 또한 이와는 별개로 이용자의 안전관련 피드백을 따로 수용하여, 주행 중 안전관련 이슈가 있을 경우 이를 신고할 수 있는 기능을 자체 어플리케이션에 탑재하고 있음
- 이렇듯 GPS 트랙킹을 통한 관제와 이용자 신고를 통한 피드백을 통해 운전자의 위험 운전을 지속적으로 감시하고 있음

## 2-3. 특허분석

### 2-3-1. 국가별 특허분석

#### ■ 전체 특허동향

- [전체 연도별 특허동향] 출원연도를 기준으로 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)에 대한 출원건수 현황과 출원 증가율을 통해 출원 증감 추이를 살펴봄



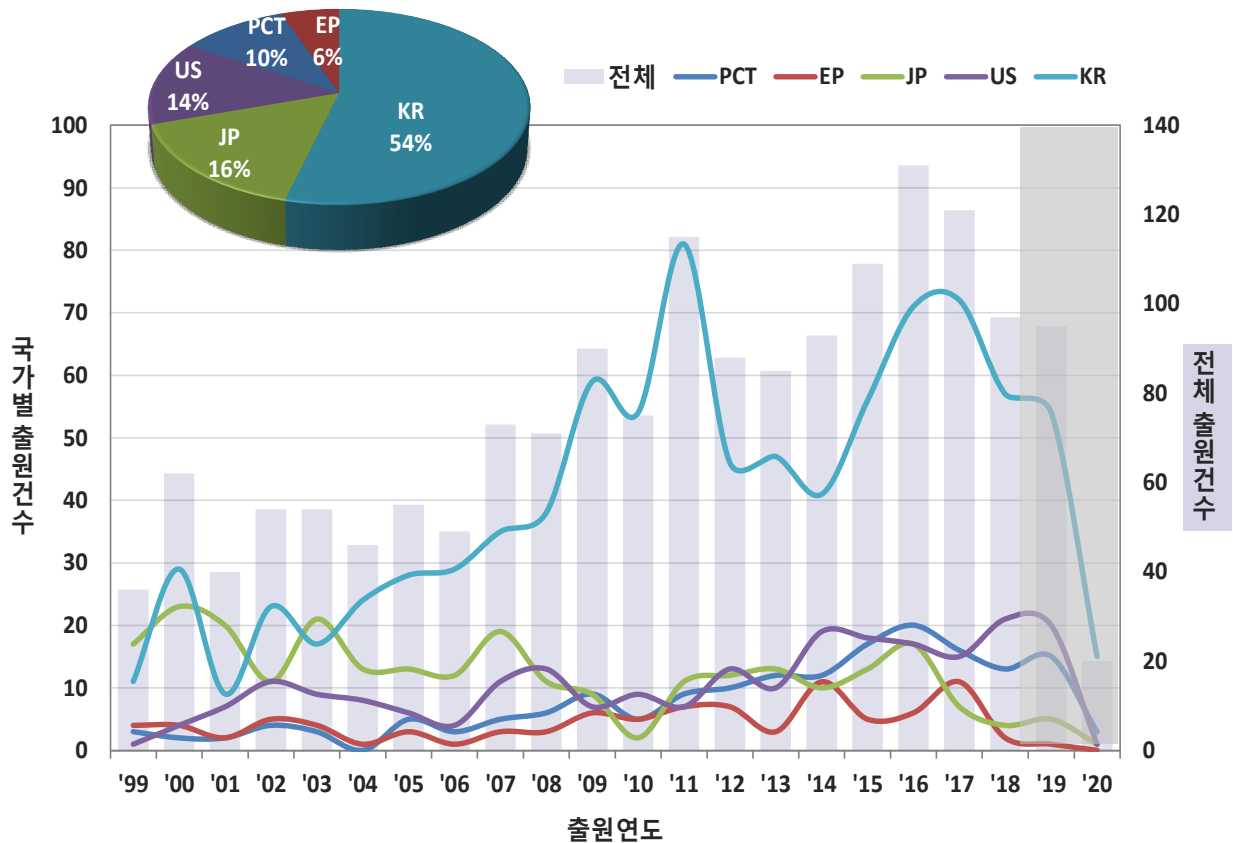
[그림 1-20] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 연도별 특허동향

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 분야 특허 1,659건에 대한 출원연도별 특허동향\*을 살펴보면, 1999년 급증 이후, 다소의 증가, 감소를 반복하며 전반적으로 증가추이를 나타내고 있으나, 2017년부터 2018년까지는 감소하는 것으로 나타남

\* 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있어, 2019~2020년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로, 2018년까지의 유효데이터를 기준으로 의미를 파악함

## ■ 출원국 특허동향

- (출원국 연도별 특허동향 및 국가별 점유율) 출원연도를 기준으로 각국에서의 특허 출원건수 현황을 통해 출원 증감 추이와 국가별 점유율을 파악하고자 함

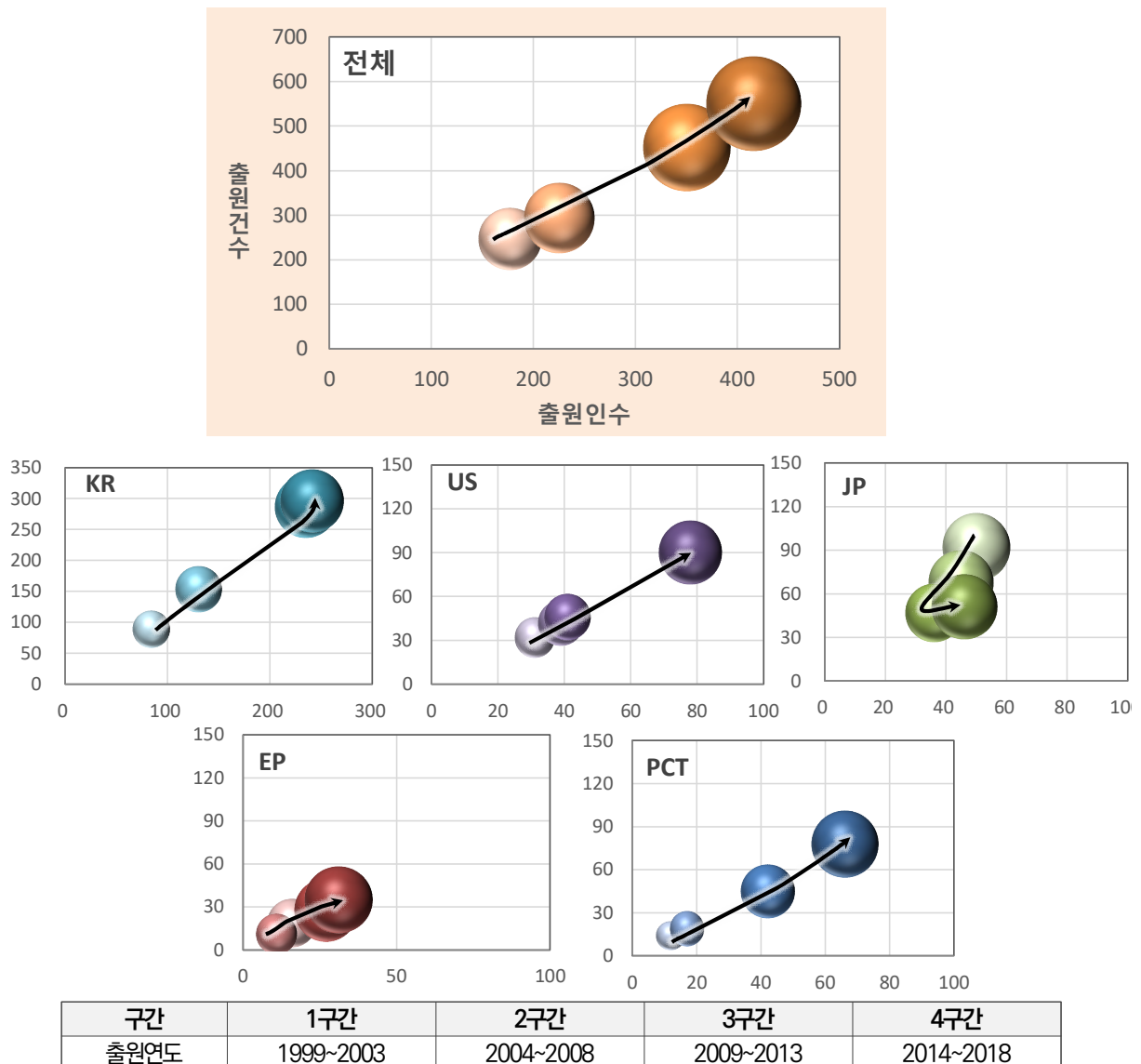


[그림 1-21] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 국가별 특허동향 및 점유율

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)의 국가별 점유율에 있어서는, 한국이 54%로 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로, 일본이 16%, 미국이 14%, PCT 10%, EP가 6%의 순으로 점유율을 기록하고 있음
- 출원연도별 특허동향에서는 가장 많은 출원을 나타낸 한국의 경우, 2010년까지 급증 이후, 다소 감소하는 추이로 나타냄
  - 나머지 4개국은 연간 20건 내외의 출원을 나타내며, 증가 감소를 반복하고 있으며, 일본은 2000년을 기점으로 전반적으로 감소하고 있고, 미국, PCT는 전반적으로는 증가하고 있는 것으로 분석됨

## ■ 국가별 기술성장 단계

- (기술 성장단계) 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야 전체 및 각 국가별 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원 건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함

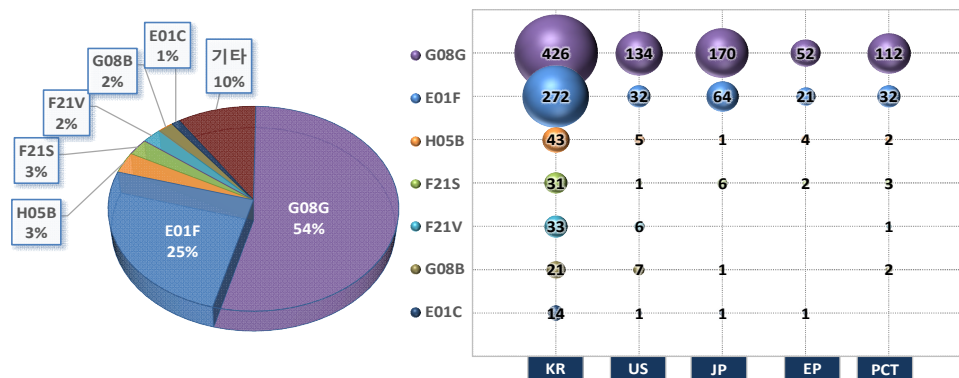


\* 출원건수와 출원인수의 규모의 차이로, 한국과 나머지 4개국에 대해 스케일을 다르게 적용하였으므로, 해석시 유의

[그림 1-22] 교통사고 예방을 위한 도로기술(AA) 국가별\* 기술 성장 단계

- (전체) 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야 전체 포트폴리오로 분석한 기술성장 단계는 1구간에서 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, 연구개발 및 시장에서의 경쟁자 진입이 활발하게 진행되는 “성장” 단계인 것으로 분석됨

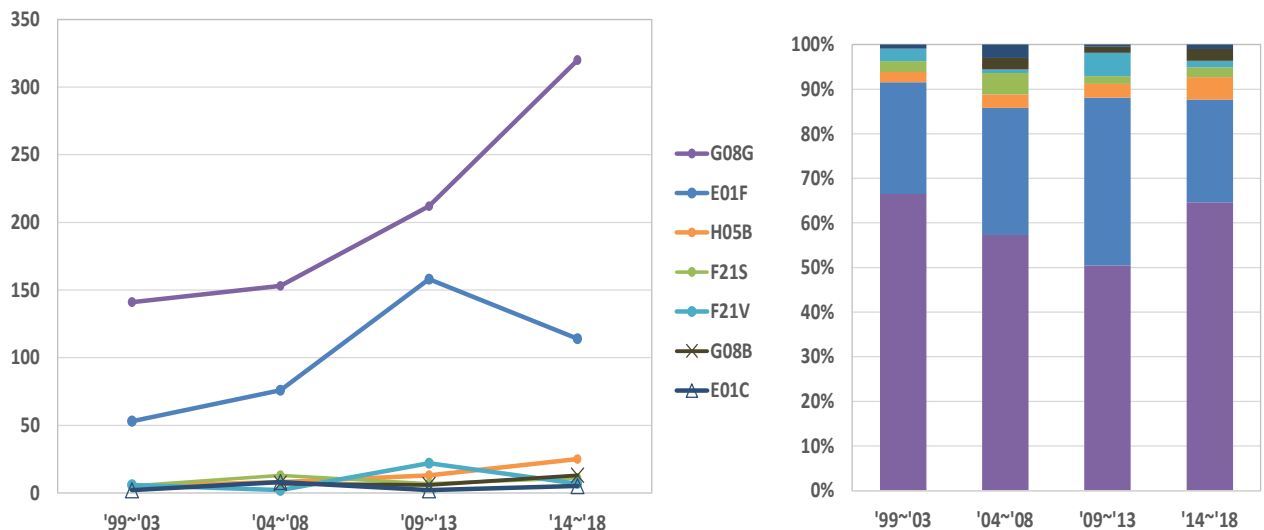
- (한국) 한국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
  - 구간별로 살펴보면, 2구간에서 3구간사이에 출원 건수와 출원인 수가 큰폭으로 증가하고 있는 것으로 나타나며, 3구간에서 4구간 사이는 증가폭이 크지 않아 시장에서의 신규 진입자들의 진입이 많지 않은 것으로 분석됨
- (미국) 미국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
  - 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 대폭 증가하는 것으로 나타나, 시장의 신규 경쟁자들의 연구개발이 증가하는 것으로 분석됨
- (일본) 일본특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 3구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 감소 한 후, 4구간까지는 정체인 것으로 나타나, 스케일을 확대 적용한 점을 감안하면, 전반적으로 정체되는 시기로 판단되므로, “성숙” 단계로 분석됨
- (EP) EP특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 스케일이 작기는 하나, 1구간부터 4단계까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
- (PCT) PCT 특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4단계까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨



| IPC 코드 | 코드설명                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------------|
| G08G   | 교통제어시스템                                                         |
| E01F   | 도로의 부대설비 설치 또는 플랫폼, 헬리콥터의 착륙대, 표시, 방설책 또는 이와 유사한 것의 건설과 같은 부대작업 |
| H05B   | 전기가열; 달리 분류되지 않는 전기조명                                           |
| F21S   | 비휴대용 조명장치; 그 시스템; 자동차 외형에 특별히 적합한 자동차 등기구                       |
| F21V   | 조명장치 또는 그 시스템의 기능적 특징 또는 그 세부. 달리 분류되지 않는, 다른 물체와 조명장치의 구조적 결합  |
| G08B   | 신호 또는 호출시스템; 지령발신장치; 경보 시스템 [2014.01]                           |
| E01C   | 도로, 경계장 또는 그와 유사한 것의 건설 또는 그 표면의 시공; 건설 및 보수용 기계 또는 보조 공구       |

[그림 1-23] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 특허현황

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 IPC 현황을 분석한 결과, G08G 분야가 54%로 주도적인 것으로 분석되었으며, 다음으로는 E01F 분야가 25%, 나머지 분야는 3% 이내로 낮게 나타남
  - 가장 많은 점유율을 나타낸 G08G는 교통제어 시스템으로 정의되어 있는 분야로, 교통사고 예방을 위한 교통제어 및 알림 등의 기술들에 기인한 것으로 파악되며, E01F는 도로의 부대설비의 설치 또는 플랫폼, 헬리콥터의 착륙대, 표시, 방설책 또는 이와 유사한 것의 건설과 같은 부대작업으로 정의되어 있으며, 이는 교통표지 및 신호등과같은 도로 인프라 시설들로 안전향상을 위한 시설관련 기술들 때문인 것으로 분석됨
- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 국가별 IPC분포는 전체 기술과 동일하게 모든 국가에서 G08G분야에 집중 출원하고 있으며, 다음으로는 E01F 분야 순으로 출원이 이루어진 것으로 분석되며, 한국은 E01F 분야에 대한 점유율도 다른 국가에 비해 높은 것으로 파악됨
- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 기술별(IPC) 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 가장 높은 점유율의 G08G 분야는 지속적으로 증가하고 있으나, 구간별 점유율에서는 '99~'03 구간에서 가장 높은 점유율을 기록하고 있음
  - E01F 분야는 '99~'03구간에서 '09~'13구간까지 점차 출원 건수가 증가하다 '14~'18 구간에는 감소하고 있으며, 건수와 더불어 구간별 점유율에서도 동일한 양상을 나타냄

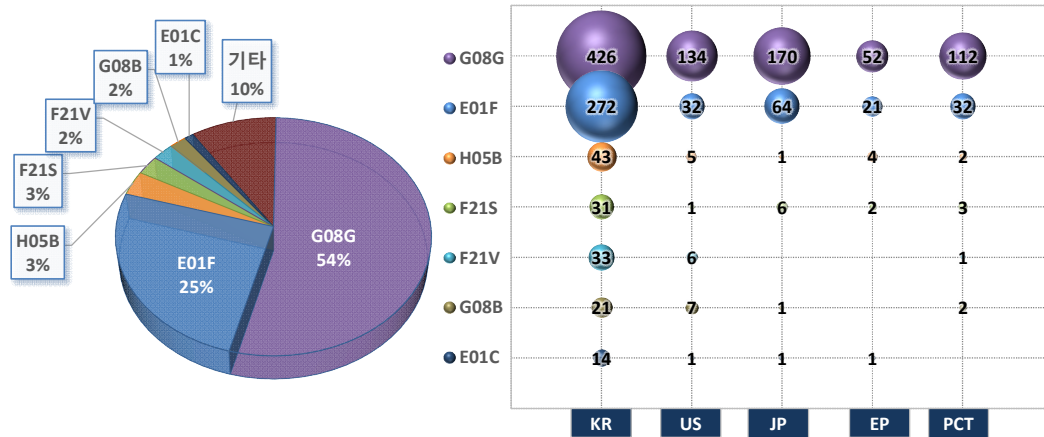


[그림 1-24] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 구간별 특허동향

## 2-3-2. 세부기술 특허분석

### ■ 세부기술 특허현황

- (세부기술 특허현황) 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 세부분류는 도로이용자의 안전성 향상을 위한 교통사고 예방 기술(AAA)로 한가지 기술분야인 점을 감안하여, 메인 IPC(국제 특허분류 코드) 분석을 통해, 세부 기술의 현황 및 국가별, 구간별 세부기술 분포를 파악함

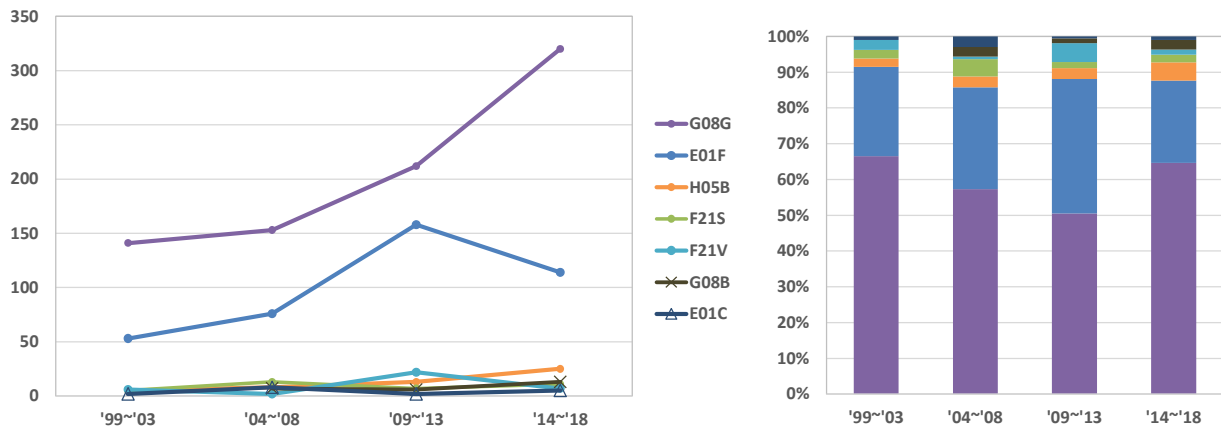


| IPC 코드 | 코드설명                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------------|
| G08G   | 교통제어시스템                                                         |
| E01F   | 도로의 부대설비 설치 또는 플랫폼, 헬리콥터의 착륙대, 표시, 방설책 또는 이와 유사한 것의 건설과 같은 부대작업 |
| H05B   | 전기기열; 달리 분류되지 않는 전기조명                                           |
| F21S   | 비휴대용 조명장치; 그 시스템; 자동차 외형에 특별히 적합한 자동차 등기구                       |
| F21V   | 조명장치 또는 그 시스템의 기능적 특징 또는 그 세부. 달리 분류되지 않는, 다른 물체와 조명장치의 구조적 결합  |
| G08B   | 신호 또는 호출시스템; 지령발신장치; 경보 시스템 [2014.01]                           |
| E01C   | 도로, 경기장 또는 그와 유사한 것의 건설 또는 그 표면의 시공; 건설 및 보수용 기계 또는 보조 공구       |

[그림 1-25] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 특허현황

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 IPC 현황을 분석한 결과, G08G 분야가 54%로 주도적인 것으로 분석되었으며, 다음으로는 E01F 분야가 25%, 나머지 분야는 3% 이내로 낮게 나타남
  - 가장 많은 점유율을 나타낸 G08G는 교통제어 시스템으로 정의되어 있는 분야로, 교통사고 예방을 위한 교통제어 및 알림 등의 기술들에 기인한 것으로 파악되며, E01F는 도로의 부대설비의 설치 또는 플랫폼, 헬리콥터의 착륙대, 표시, 방설책 또는 이와 유사한 것의 건설과 같은 부대작업으로 정의되어 있으며, 이는 교통표지 및 신호등과같은 도로 인프라 시설들로 안전향상을 위한 시설관련 기술들 때문인 것으로 분석됨

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 국가별 IPC분포는 전체 기술과 동일하게 모든 국가에서 G08G분야에 집중 출원하고 있으며, 다음으로는 E01F 분야 순으로 출원이 이루어진 것으로 분석되며, 한국은 E01F 분야에 대한 점유율도 다른 국가에 비해 높은 것으로 파악됨
- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 기술별(IPC) 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 가장 높은 점유율의 G08G 분야는 지속적으로 증가하고 있으나, 구간별 점유율에서는 '99~'03 구간에서 가장 높은 점유율을 기록하고 있음
  - E01F 분야는 '99~'03구간에서 '09~'13구간까지 점차 출원 건수가 증가하다 '14~'18 구간에는 감소하고 있으며, 건수와 더불어 구간별 점유율에서도 동일한 양상을 나타냄

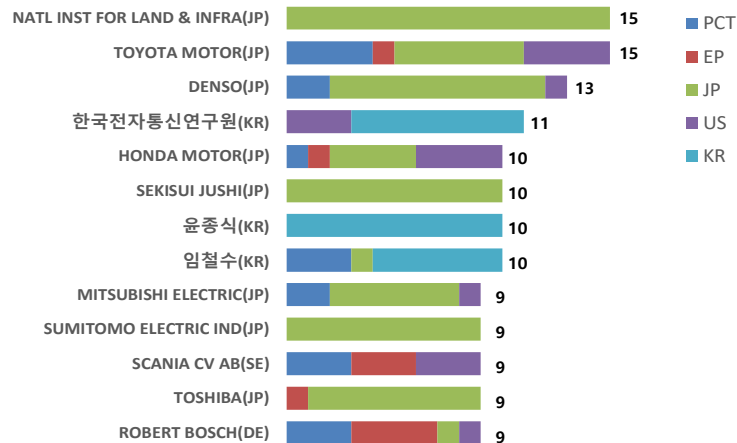


[그림 1-26] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 기술별(IPC) 구간별 특허동향

### 2-3-3. 주요 출원인 특허분석

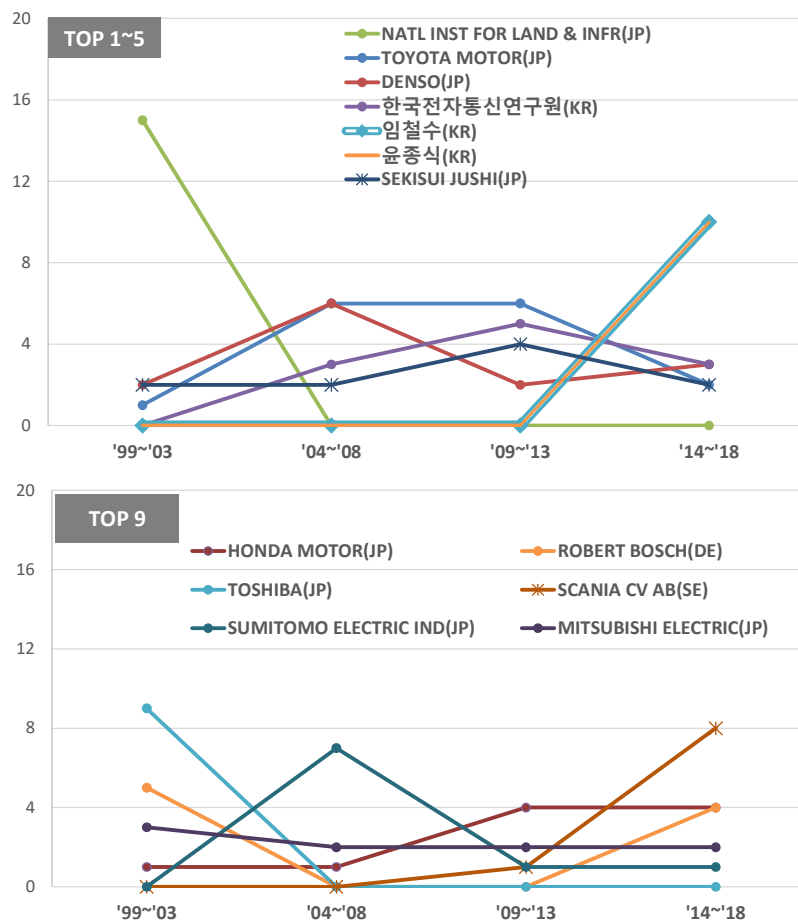
#### ■ 상위 출원인 TOP10 특허동향

- (상위 출원인 TOP 10) 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 상위 출원인 10위까지를 선정하여, 해당 출원인들의 국가별, 기술별 출원현황을 분석함



[그림 1-27] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)분야의 전체 특허에 대해 출원 건수를 기반으로 상위 출원인 10위까지를 선정한 결과, 일본 국적의 출원인이 강세를 나타내며, 한국 국적 출원인도 일본 다음으로 우위를 보이는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 TOP10의 현황을 살펴보면, NATL INST FOR LAND & INFRA와 TOYOTA MOTOR가 각각 15건씩을 출원하여 공동 1위를 차지하고 있으며, 3위 DENSO, 4위 한국전자통신연구원, 5위는 HONDA MOTRO, SEKISUI JUSHI, 한국 개인 출원인인 윤종식, 임철수가 공동으로 자리매김하고 있으며, ROBERT BOSCH, TOSHIBA, SCANIA CV AB, SUMITOMO ELECTRIC IND, MITSUBISHI ELECTRIC이 공동 9위를 기록한 것으로 분석됨
- 상위 10위 출원인들의 국가별 특허출원 건수를 살펴보면, 대부분 자국내 출원에 집중되어 있는 반면, 공동 1위 TOYOTA MOTOR와 4위 한국전자통신연구원, 공동 5위 HODA MOTOR, 공동 9위 SCANIA CV AB 는 자국 출원 뿐 아니라 미국에도 다수의 특허출원 진행을 통해 미국시장진출을 위한 노력을 보이는 것으로 분석됨



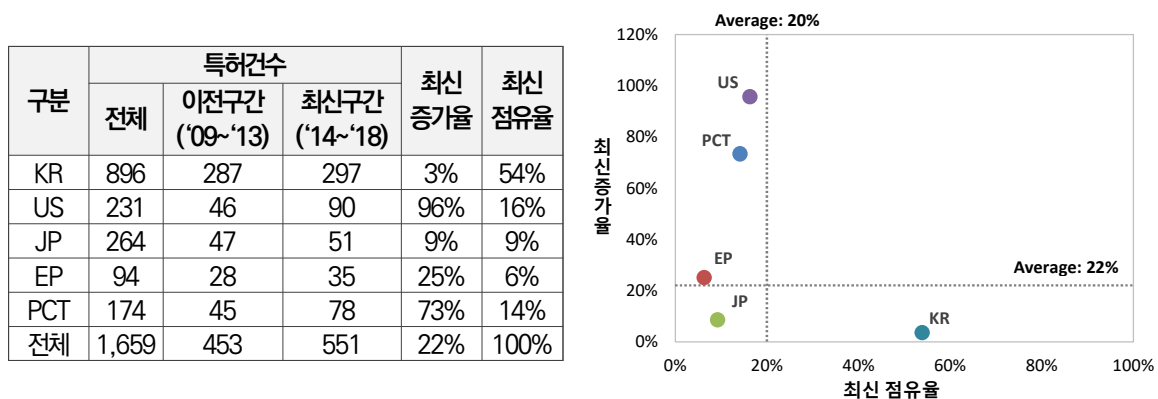
[그림 1-28] 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA) 분야 상위 출원인 TOP10의 출원구간별 특허동향을 분석한 결과, 구간별로 꾸준히 증가하는 출원인은 없으며, 최근 '14~'18 출원구간에 특허출원증가세가 가장 높은 출원인으로는 공동 5위를 기록한 한국국적의 개인 출원인 윤종식과 임철수가 동일하게 해당 구간에서만 출원이 이루어져 급증한 것으로 분석되며, 다음으로는 공동 9위를 기록한 SCANIA CV AB와 ROBERT BOSCH가 높은 출원 건수 증가를 보이고 있는 것으로 나타남

## 2-3-4. 최신 특허분석

### ■ 국가별 최신 특허동향

- (국가별 최신 특허 동향) 교통사고 예방을 위한 도로기술(AA)의 국가별로 이전구간('09~'13) 대비 최신구간('14~'18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상국가와 최근 시장주도 국가를 상대적으로 비교 분석하여 최근 특허동향을 파악함



[그림 1-29] 교통사고 예방을 위한 도로기술(AA) 최신 특허동향

- 교통사고 예방을 위한 도로 기술(AA)에 있어 각 국가별로 알아본 최신 특허동향분석 결과, 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상인 국가는 없는 것으로 분석됨
  - IP부상도는 미국이 가장 높은 것으로 분석되며, 다음으로는 PCT와 EP순으로 나타나며, 이들은 최신 점유율에서는 평균보다 낮아 시장을 주도하고 있지는 않으나 최신 연구개발이 증가하고 있는 것으로 분석됨
  - 최신구간의 점유율에 있어서는 한국이 가장 높게 나타나는 반면, IP부상도에서는 제일 낮은 값을 보이고 있지 않음

## 2-3-5. 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허분석 결론

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허 756건에 대한 특허분석 결과, 2016년부터 2018년까지 다소 감소하고 있으나, 이외 출원연도에 따라 전반적으로 증가추이를 나타내고 있고, 기술성장 단계에서 “성장” 단계로 분석되어, 향후 꾸준한 출원 증가를 이어 갈 것으로 전망됨
- 국가별 분석 결과, 한국이 45%로 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로는 일본, 미국, PCT, EP 순으로 나타남
- 국가별 성장단계분석에서는 한국, 미국, EP, PCT는 “성장”단계, 일본은 정체 경향을 나타내며 “성숙” 단계로 분석

- 기술별(IPC코드)분석결과, 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허는 과거 도로 수재해 관련 기술에서 도로인프라에서 점차 수재해 예측, 관리, 대응을 위한 데이터 처리 및 시스템 관련 기술분야로 확대 되어 가는 것으로 분석
- IPC코드 분석 결과, 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련 특허의 IPC 점유율은 E02D 분야가 30%로 가장 높은 점유율로 분석되었으며, 다음으로는 E02B 분야가 12%, G08B 10%, G06Q 8%의 순으로 나타나며, E02D와 E02B는 기초, 지하 또는 수중 구조물 그리고 수공에 해당하는 것으로, 수재해 침수와 관련한 해안가 인접의 도로 구조물에 대한 기술들이므로 파악되며, G08B와 G06Q는 산사태 및 수재해 관련 정보 및 이에 대한 예측 관련 기술들이므로 분석됨
- 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 가장 높은 점유율의 E02D 분야는 '04~'08 구간부터 점차 감소하고 있고, 점유율에 있어서도 비율이 점차 감소하는 것으로 분석되며, 최근 가장 눈에 띄게 급증한 분야로는 G06Q분야로 예측 및 관리를 위한 데이터 처리 시스템 등에 관한 기술과 G08B로 정보시스템 관련 기술인 것으로 파악됨
- 상위 출원인 10위까지의 분석결과, 한국 국적의 출원인이 강세를 나타내며, 다음으로 유럽 국적 출원인도 우위를 보이는 것으로 분석되며, 특히 한국 국적 출원인은 산학연 기관들로 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련하여 한국시장은 정부 주도의 연구 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 TOP10 분석 결과, NEC가 가장 많은 특허출원을 보유하고 있어 1위를 차지하고 있으며, 다음으로는 2위 HESCO BASTION, 3위 민승기, 4위 연세대학교 산학협력단, 공동 5위 한국건설기술연구원, FATZER AG, 공동 7위 AILWAY TECH RES INS, 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장), GEOBRUGG AG, 10위는 한국 지질자원 연구원의 순으로 관련 기술 특허를 보유한 것으로 나타남
- 최근 '14~'18 출원구간에 특허출원증가세가 가장 높은 출원인으로는 1위를 기록한 NEC와 4위연세대 산학협력단과 공동7위인 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장)으로 나타남
- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)에 있어 최신에 시장을 주도하면서 연구개발이 증가하는 국가는 없으나, 미국이 IP부상도가 가장 높은 것으로 분석되므로, 향후 미국 시장에 대한 IP 확보노력이 요구됨

### 3. 연구목표 및 범위

#### 3-1. 기본개념 및 범위

- 본 연구는 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 교통사고 예방 기술을 제안하고 교통사고 감소를 위한 도로에 적용 가능한 핵심 세부기술개발을 연구의 목표로 하고 있으며, 이를 통해 교통사고 수 및 사망자 수 감소를 이루고자 함

#### 3-2. 연구개발 목표

##### ■ 기술적 목표

- 교통안전 관련 데이터 통합 및 분석 플랫폼 구축
  - 다양한 분야에서 수집되는 교통안전 관련 빅데이터를 통합하고 가공하여, 미래에 적용 가능한 인공지능 및 기계학습에 적용 가능한 데이터로 가공
  - 교통사고를 사전에 예방하고 사고의 피해를 경감시킬 수 있는 핵심 기술 및 데이터 통합 플랫폼 구축
- 교통안전 증진을 위한 핵심 기계학습/인공지능 알고리즘 구축
  - 향후 다른 연구 및 국가과제에 활용될 수 있는 인공지능 학습용 데이터를 구축
  - 교통사고를 예방하고 도로안전을 증진시킬 수 있는 핵심 기술 및 알고리즘 구축
- 교통약자/보행자 등 이용자 중심의 안전지원 및 교통시설물 평가 기술 개발
  - 교통약자 및 보행자 등 교통사고 취약계층에 대한 교통안전 지원 및 사고위험정보 제공 기술 개발
  - 도로 및 도로시설물에 대한 개선 및 평가, 관리 기술 개발

##### ■ 산업적 목표

- 최근 정부가 주도하고 있는 정책인 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획의 일부인 사회 안전망 강화의 한 분야로써, 안전한 교통환경을 조성하여 사회의 안전망을 확보함
- 이동수단으로써 교통서비스를 이용하는 고객뿐 아니라, 운수업에 종사하는 운전자, 어린이/노약자 등 교통약자 전반을 아우르는 사회적 안전망 확보
- 세계를 선도하는 스마트시티/스마트교통에서 교통안전이 가지는 중요성은 매우 크다고 할 수 있음

- 안전 기반하에 모든 혁신이 이루어질 필요가 있으며, 따라서 본 연구를 통해 미래의 교통과 도시 시스템 개발을 위한 지지대 역할을 수행하고자 함

## ■ 경제적 목표

- 한국교통연구원의 발표에 따르면 교통사고로 인해 발생하는 사회적 비용이 연간 약 40조원으로 이는 국내 총생산의 2.3%에 이르며, 한국의 GDP 대비 교통사고의 사회적 비용은 미국(1.85%), 일본(1.35%), 영국(1.86%)보다 더 높음
- 따라서 본 연구는 교통안전 증진을 위한 도로 핵심기술 개발을 통해 사고를 감소시키고 이로 인해 발생하는 사회적 비용을 줄이는 데 목표를 두고 있음
  - (2019년 기준) 한해 발생하는 교통사고 사망자 수는 3,349명이며, 교통사고 치사율은 1.5%를 기록하고 있음
- 본 제안에서는 향후 5년동안의 연평균 교통사고 사망자 수를 3,000명 미만으로 줄이고, 교통사고 치사율 또한 1% 미만으로 줄이는 것을 정량적 목표로 설정

## 3-3. 연구과제 전체구성 및 연계

[표 1-4] 핵심과제 1 전체구성

| 구분                                               | 내용                                                  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| [핵심과제 1]<br>도로이용자의 안전성<br>향상을 위한 교통사고<br>예방 기술개발 | [세부기술 1-1] 보행자/운전자 인적속성 기반의 사고위험 정보 제공기술            |
|                                                  | [세부기술 1-2] 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 및 도로안전시설 개발 |
|                                                  | [세부기술 1-3] 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성/판독성 향상기술 개발   |
|                                                  | [세부기술 1-4] GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술개발                   |

### ■ [세부기술 1-1] 보행자/운전자 인적속성 기반의 사고위험 정보 제공기술

- 보행자 및 운전자의 인적·행동적 특성 기반의 데이터 분석으로 사고·충돌위험을 예측·분석·판단하기 위한 방법론 개발

### ■ [세부기술 1-2] 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 및 도로안전시설 개발

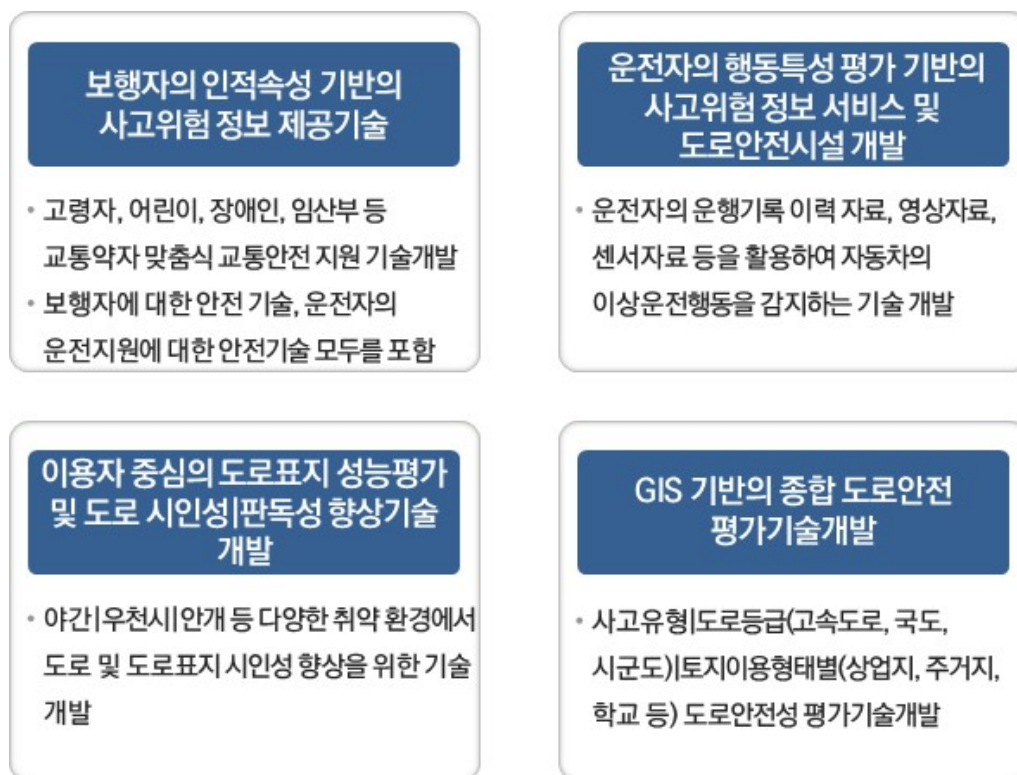
- 도로주행중 운전자의 차량 운전패턴 분석 기반의 교통사고 고위험군 예측·분석 방법론 개발 및 정보제공
- 운전자 인적특성에 따른 도로별 교통사고 위험요인 및 위험(안전)도 평가 및 이에 대응한 도로 안전 시설개발

## ■ [세부기술 1-3] 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성|판독성 향상기술 개발

- 야간|우천시|안개 등 다양한 취약 환경에서 도로상태분석 기반의 시인성|판독성이 확보되는 도로표지 기술
- 운전자|보행자 등 도로이용자 중심의 도로표지의 시인성 평가기술 개발 및 이용자 성능(판독성) 중심의 설계기준 개발

## ■ [세부기술 1-4] GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술개발

- 사고유형|도로등급(고속도로, 국도, 시군도)|토지이용형태별(상업지, 주거지, 학교 등) 도로안전성 평가기술개발



[그림 1-30] 핵심과제 1 전체 구성

### 3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성

#### ■ [교통안전관련 국가 연구과제] 기존의 교통안전 증진을 위해 다양한 국가 과제가 수행이 되었으며, 최근 수행된 교통안전관련 연구과제는 아래 표와 같음

- (기존 수행된 유사과제 요약) ①교통 빅데이터를 통한 사고 다발지역 선정/사고 위험요인 분석 ②차량에서 수집된 센서 기반의 주행환경 및 도로환경 예측 ③교통안전시설물 개발로 분류가능

- 본 연구과제는 큰 맥락에서는 기존의 과제들과 유사한 흐름을 가지나, 이 과제들에서 제시한 방법론이나 알고리즘을 보다 구체화하고 고도화 시킨다는 점에서 과제의 차별성이 있음
- 특히 기존의 회귀분석이나, 결정트리(Decision Tree) 방법법이 교통안전모델 구축에 활용되었다면 본 과제에서는 고도화된 딥러닝과 기계학습 기반의 교통안전 기술을 제시한다는 점에서 과제의 차별성이 있음

[표 1-5] 핵심과제 1: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

| 기존 연구과제                                                      |            |                                                                                                         | 검토결과                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 선행과제명/수행기관                                                   | 지원기관       | 주요연구내용                                                                                                  | 본 연구의 차별성 및 연계방안                                                                                               |
| 차량센서 기반 주행환경관측·예측·안전운행 도로기술 개발   한국건설기술연구원                   | 과학기술 정보통신부 | · 차량 센서를 활용한 실시간 주행환경 (교통조건-통행속도, 교통량, 교통밀도 및 기상조건-인개, 강우, 강설 등) 관측 및 교통환경 예측 기술 개발                     | · 본 연구에서는 고도화된 딥러닝과 기계학습 기반의 교통안전 기술개발에 차별성 존재<br>· 차량 블랙박스, 라이다(LiDAR), 영상 등의 이종 데이터 기반의 위험운전행동 특성 도출로 차별성 존재 |
| 교통 빅데이터를 활용한 교통사고 다발지역 선정 및 분류 기술 개발 연구   한국과학기술원            | 과학기술 정보통신부 | · 단순한 사고발생건수만을 고려한 교통사고 다발지역 선정법과 달리 도로교통 환경 등 다중 위험요인들을 고려한 교통사고 다발지역 선정과 분류 기술 개발                     | · GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술 개발로 차별성 존재<br>· 기존연구의 사고다발지역 분류기술과의 연계 가능                                               |
| 선제적 교통사고 예방을 위한 교통안전관리용 빅데이터 활용 교통사고 위험요인 분석 기술 개발   한국과학기술원 | 국토교통부      | · 교통사고 이력 데이터에 교통 흐름 관련 빅데이터를 퓨전, 고급 통계기법 및 데이터마이닝 기법을 적용하여 사고요인분석 및 안전관리 기법 개발                         | · 본 연구에서는 고도화된 딥러닝과 기계학습 기반의 교통안전 기술개발에 차별성 존재                                                                 |
| 사업용차량 통합단말 표준플랫폼 및 안전운전자지원기술 개발   한국교통안전공단                   | 국토교통부      | · 사업용차량 차내장치 통합 플랫폼 표준 개발, 운행기록 기반의 위험운전행동 기준 개발                                                        | · 차량 블랙박스, 라이다(LiDAR), 영상 등의 이종 데이터 기반의 위험운전행동 특성 도출로 차별성 존재                                                   |
| 고령운전자 운전능력 평가기술 개발 및 질환·약물에 따른 교통사고 위험도 분석   도로교통공단          | 국토교통부      | · 고령운전자의 운전능력을 객관적이고 과학적으로 평가하기 위한 인지기능 및 신체기능 요소 도출, 고령운전자의 위험도를 판별할 수 있는 검사 시스템과 평가기준 개발              | · 보행자/운전자인식속성기반의 교통 안전 지원기술 개발로 차별성 존재                                                                         |
| 외부자극 감응형 자체 발광형 도로 노면 표시 기술 개발   한국건설생활환경시험연구원               | 국토교통부      | · 외부자극 및 통행차량의 특성을 고려한 도로교통 안전 향상 기술 개발<br>· 외부자극 감응형 자체 발광형 도로 노면표시 기술, 도로교통안전시설 재료 및 제품, 통행차량 평가체계 개발 | · 도로 노면표시 뿐만 아니라 교통표지 시인성 향상 및 노면결빙상태 예측이 가능한 기술 개발로 차별성 존재                                                    |

- 본 연구에서 제안하는 도로안전 핵심 기술은 질 높은 데이터의 확보가 매우 중요하며, 따라서 정부에서 진행하고 있는 데이터개방 사업과도 밀접한 연관이 있음
- 교통사고 데이터, 운행기록 데이터, 기상 데이터, 도로 기하정보 데이터 등 다양한 공공 데이터 활용을 통해 기존 데이터 개방 사업과 밀접한 관계를 가지고 수행하고자 함
- 향후 인공지능/기계학습을 활용하여 교통안전 연구가 수행되기 위한 데이터 가공 및 처리가 이루어진다는 점에서 기존의 데이터 개방 과제와 또 앞으로 지속적으로 수행될 연구과제의 교량 역할을 할 것으로 기대

## 4. 핵심과제 구성 및 내용

### 4-1. [핵심과제1] 도로이용자의 안전성 향상을 위한 교통사고 예방 기술개발

#### 4-1-1. [세부기술 1-1] 보행자/운전자 인적 속성 기반의 교통안전 지원기술 개발

##### ■ 기술개발 목적 및 필요성

- (70세 이상 인구 수 증가) 2005년 268만 5천명에서 2016년 기준 403만 5천명으로 50.3% 증가
- (70세 이상 사고건수 증가) 2017년 12월 기준 개인용 자동차보험의 사고통계를 분석한 결과 70세 이상의 사고 건수가 2006년 7천건에서 2016년 2만9천건으로 4배 이상 증가 (출처:보험개발원)
- (고령운전자 사고건수 증가) 도로교통공단에 따르면 만65세 이상 고령운전자의 교통사고로 인한 사망자 수는 2011년 605명에서 2015년 815명으로 34.7% 증가하였으나 같은 기간 비고령운전자로 인한 사망자 수가 4,594명에서 3,802명으로 오히려 17.2% 감소
- (약자 보호 정책 및 여론) 최근 스쿨존에서의 운전자 처벌 강화(민식이법)와 같이 교통약자를 보호하기 위한 사회적 여론 형성과 정책의 변화가 진행되고 있음
  - 하지만 정책과 법 강화를 통한 대안은 사회적 반발이 생길 수 있으며, 징벌적 처벌이라는 부작용이 존재함
  - 따라서 교통약자라 할 수 있는 고령자, 어린이, 장애인 등에 대한 교통안전 지원 기술의 개발 및 적용이 필요하다고 할 수 있음
  - 교통약자는 일반인에 비해 보도 이용률이 높지만, 보행환경 적합도가 높지 않아 국가적인 개선이 필요
  - 지역 내 이동 교통수단 조사에서 일반인에 비해 교통약자의 도보(보도) 이용률이 약 2배 가까이 높아 교통약자를 위한 보행환경 개선이 시급함 (국토교통부/한국교통안전공단, 2019)

[표 1-6] 교통약자 이동 교통수단 조사 (2017년)

| 구 분   | 버스   | 도보   | 자가용  | 지하철  | 장애인 택시 | 휠체어  | 특별 교통 수단 | 택시  | 무료 셔틀 버스 | 기타  | 무응답 |
|-------|------|------|------|------|--------|------|----------|-----|----------|-----|-----|
| 전체    | 52.1 | 14.7 | 14.1 | 7.5  | 3.9    | 2.5  | 2.4      | 1.9 | 0.2      | 0.5 | 0.2 |
| 일반인   | 65.5 | 9.7  | 16.3 | 7.7  | 0.0    | 0.0  | 0.0      | 0.8 | 0.0      | 0.0 | 0.0 |
| 교통약자  | 43.6 | 18.0 | 12.7 | 7.4  | 6.3    | 4.1  | 3.9      | 2.5 | 0.3      | 0.8 | 0.3 |
| 지체장애인 | 24.2 | 5.6  | 22.2 | 2.8  | 12.7   | 15.5 | 12.3     | 2.8 | 0.8      | 0.8 | 0.4 |
| 시각장애인 | 25.0 | 6.7  | 8.3  | 0.0  | 33.3   | 0.0  | 8.3      | 6.7 | 1.7      | 6.7 | 3.3 |
| 청각장애인 | 37.9 | 13.7 | 30.5 | 5.3  | 6.3    | 0.0  | 1.1      | 4.2 | 0.0      | 1.1 | 0.0 |
| 장애인   | 27.5 | 22.1 | 7.6  | 2.9  | 14.3   | 9.6  | 9.1      | 3.7 | 1.7      | 0.7 | 0.7 |
| 임산부   | 58.3 | 18.3 | 11.7 | 7.8  | 0.0    | 0.0  | 0.0      | 3.3 | 0.0      | 0.6 | 0.0 |
| 고령자   | 54.4 | 29.4 | 2.5  | 12.2 | 0.6    | 0.0  | 0.0      | 0.8 | 0.0      | 0.0 | 0.0 |

- '17년에 조사한 '이동편의시설의 기준 적합률' 중 에서 보행환경에 대한 적합도는 64.2%로 조사됨 (국토교통부/한국교통안전공단, 2019)

[표 1-7] 교통약자에 대한 이동편의시설 기준 적합률

| 구 분                 | 2018년(명)   | 2017년(명)   | 전년대비 증가율(%) |
|---------------------|------------|------------|-------------|
| 교통약자 합계(A)          | 16,281,153 | 16,077,203 | ▲1.27       |
| 장애인②                | 2,585,876  | 2,545,637  | ▲1.58       |
| 고령자③                | 7,650,408  | 7,356,106  | ▲4.00       |
| 임산부④                | 326,900    | 357,771    | ▽8.63       |
| 어린이⑤                | 3,302,620  | 3,249,173  | ▲1.64       |
| 영유아동반자⑥             | 2,415,349  | 2,568,516  | ▽5.96       |
| 중복인구(B)             | 1,190,862  | 1,250,049  | ▽4.73       |
| 교통약자 인구①<br>(A)-(B) | 15,090,291 | 14,827,154 | ▲1.77       |

## ■ 기술개발 목표

- 따라서 본 제안에서는 고령자, 어린이, 장애인, 임산부 등 교통약자 맞춤형 교통안전 지원 기술 개발을 목표로 하고 있음
- 또한, 자동차, 버스, 오토바이, 자전거, 사업용차량 등 다양한 운전자 속성 기반의 교통 안전 지원을 위한 기술을 개발
- 여기에는 보행자에 대한 안전 기술, 운전자의 운전지원에 대한 안전기술 모두를 포함

[표 1-8] 세부기술 1-1 기술개발 목표

| 세부기술                                   | 세세부기술                              | 성과지표(성과물)                                                                                                                | 개발목표 스펙                                                                                                                                                   | 설정근거                                                                                   |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 보행자/운전자<br>인적속성 기반의<br>교통안전 지원기술<br>개발 | 교통약자를 고려한<br>보행로 서비스 평가<br>및 개선 기술 | <ul style="list-style-type: none"> <li>•교통약자 경사불편도 기준 지침 및 매뉴얼</li> <li>•교통약자를 위한 보행로 서비스 평가시스템</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>•교통약자 경사불편도 설계지침서 1건 개발</li> <li>•교통약자 보행로 서비스 S/W tool 1건 개발</li> <li>•서비스평가시스템 오차율 10% 이내</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>•(국토부)교통상황예측 기술 개발 과제의 모형 정확도 기준 참고</li> </ul>  |
|                                        | 빅데이터 기반의<br>이용자 맞춤형<br>교통사고 위험 예측  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•개별 운전자 및 차량 빅데이터 기반 교통사고 고위험군 분류시스템</li> <li>•이용자 맞춤형 교통 사고 위험 예측 보고서</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•교통사고 고위험군 분류 S/W tool 1건 개발</li> <li>•교통사고 고위험군 분류 기술 오차율 10% 이내</li> <li>•이용자 맞춤형 교통사고 위험 관련 표준(안) 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•(국토부)교통상황 예측 기술 개발 과제의 모형 정확도 기준 참고</li> </ul> |

## ■ 기술별 개발내용 및 성과물

### ① [세세부기술 1-1-1] 교통약자를 고려한 보행로 서비스 평가 및 개선 기술

- (필요한 핵심 기술) 교통약자들은 일반인에 비해 도보의 이용비율이 높으며, 따라서 교통약자를 위한 보행로의 상태를 평가하고 개선할 수 있는 기술이 핵심적임

- (경사불편도 지원) 보행 환경 중에서도, 경사에 따라 교통약자 및 관광약자가 느끼는 불편함인 ‘경사불편도’ 개념을 제시하여 국가 기준을 확립할 수 있으므로 지원이 필요함
  - 본 연구에서는 경사에 따라 교통약자가 느낄수 있는 불편도인 ‘경사불편도’라는 개념을 도입하여 국가적 기준으로 발전시킬 예정임
  - 나아가 교통약자 및 관광약자를 위한 보행로 서비스수준 도입을 할 예정이며, 이는 보행로를 설치하는 지자체로 연계되어 사용할 수 있음
  - 보행로의 평탄성을 전신진동을 통하여 평가하는 것은 세계적으로 사용되는 방법이므로 우리나라의 도입이 필요함
  - 일본에서는 2000년 고령자, 신체장애자등의 공공교통기관 이동의 원활화의 촉진에 관한 법률에서 안전성과 편리성의 검토가 의무화됨 (2005년 평탄성 평가 위원회를 설립하여 운영 중)

## ② [세세부기술 1-1-2] 빅데이터 기반의 이용자 맞춤형 교통사고 위험 예측

- 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고 고위험군 분류 체계 개발 (고위험군 유/무에 관한 이진 분류 체계, 예측 정확도 70% 이상)
- 개별 운전자 및 차량에 관한 기관별 빅데이터 공유 또는 취득
- (예시) 경찰청-무인영상단속 기록, 도로교통공단-운전면허 적성검사, 한국교통안전공단-자동차안전점검, 건강보험심사평가원-보건의료빅데이터, 기상청-날씨정보 등
- 최종적으로 교통사고 고위험군 분류예측 시스템을 개발하고자 함
- 운전자·차량·도로 요인등을 입력변수로 활용하여 머신러닝 및 인공지능 모형을 개발하여 학습 하고자 함

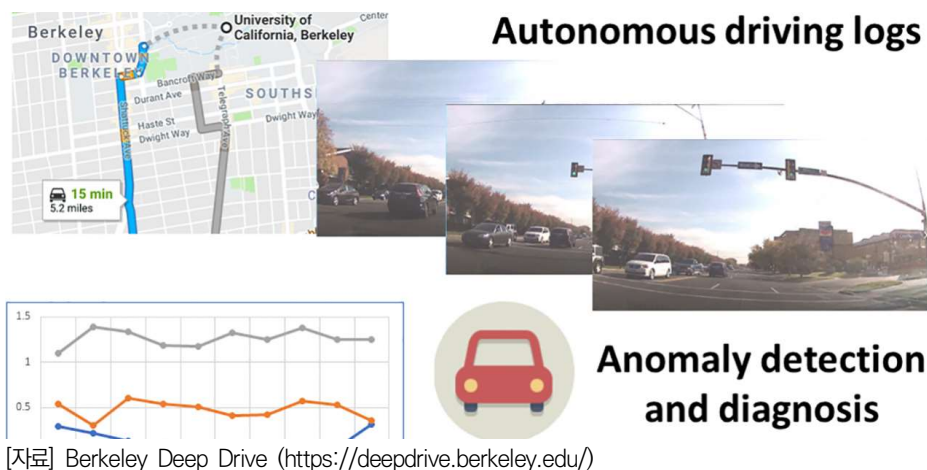
[표 1-9] 세세부기술 연구내용: 보행자/운전자 인적 속성 기반의 교통안전 지원기술 개발

| 세세부기술                        | 연구 목표                                    | 연구 내용                                   |
|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 교통약자를 고려한 보행로 서비스 평가 및 개선 기술 | 교통약자를 위한 보행로 서비스 평가 장치 개발                | 보행로 경사불편도 및 평탄성 기초연구 및 측정방법 개발          |
|                              |                                          | 교통약자 및 관광약자를 위한 보행로 서비스수준 개발            |
|                              |                                          | 보행로 경사불편도 및 평탄성 측정장치 개발                 |
|                              |                                          | 보행로 경사불편도 및 평탄성 서비스수준 표출장치(스마트폰 App) 개발 |
| 빅데이터 기반의 이용자 맞춤형 교통사고 위험 예측  | 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고 고위험군 분류 체계 개발 | 개별운전자 및 차량 교통 빅데이터 수집                   |
|                              |                                          | 운전자/보행자 속성별 교통사고 위험도 산정 알고리즘 개발         |
|                              |                                          | 알고리즘 검증 및 개선 가이드라인 제시                   |

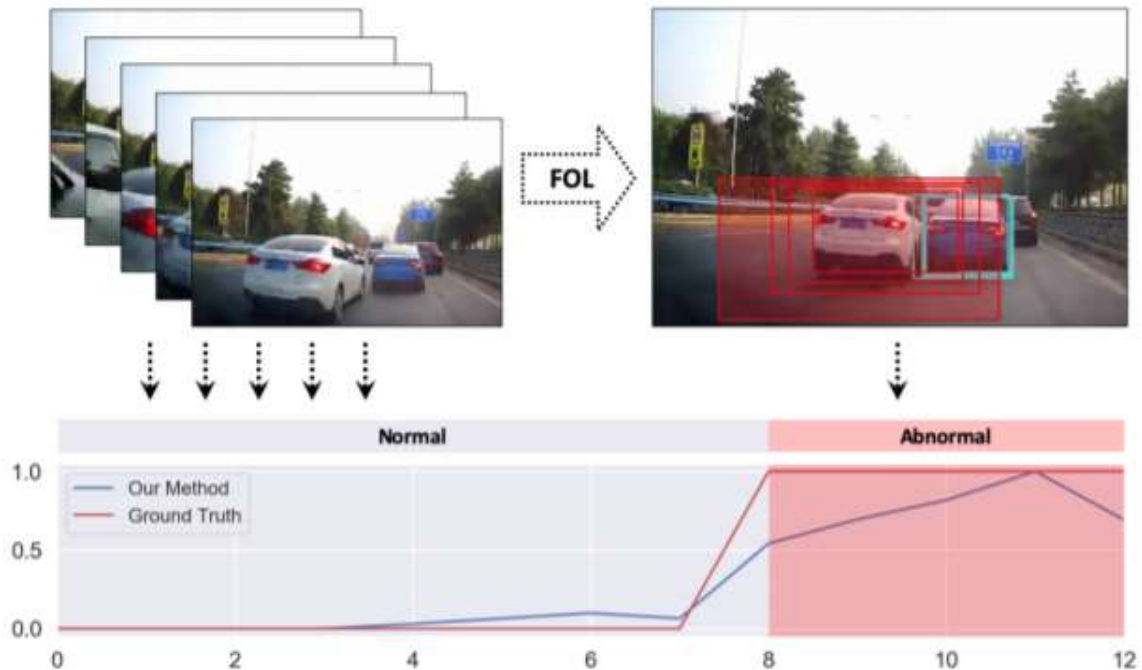
## 4-1-2. [세부기술 1-2] 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발

### ■ 기술개발 목적 및 필요성

- (현황) 기존의 교통안전 모델은 모두 사고 기반의 안전 대책이 주를 이루고 있음
  - (사전적 대책 전환추세) 앞서 정책동향에서도 언급을 하였듯이 하지만 교통안전의 패러다임은 사고 기반의 사후 안전대책에서 사고를 미리 예방하는 사전적 대책으로 전환되고 있는 추세에 있음
  - 따라서, 사고 발생전 사전적으로 대처가능한 교통안전 기술 개발을 위해서는 운전자의 주행기록에 대한 데이터의 수집과 이에 대한 분석이 체계적으로 이루어져야 가능함
- (주행 데이터 기반의 위험 감지 기술) 최근 자율주행 기술의 발달과 자동차 센서의 발달을 주행 중 차량 내의 다양한 데이터에 대한 수집을 가능하게 해주었으며, 따라서 이러한 주행 데이터 기반의 위험을 감지할 수 있는 기술이 요구됨
  - (이상점 탐지 (Anomaly Detection)) 최근 활발하게 연구되고 있는 기술 이상점 탐지(Anomaly Detection)는 영상/센서의 시계열 자료 분석을 통해, 일반적인 Norm에 비해 편차가 매우 큰 지점을 찾아 내는 알고리즘
  - 최근 일반 운전자의 이상운전 행동 감지 뿐 아니라, 자율주행차의 이상행동 패턴을 감지하기 위해서도 해당 기술들이 활발하게 활용되고 있으며 향후 자율주행차 상용화와 안전성 보장을 위한 핵심 기술로 쓰일 전망임



[그림 1-31] 자율주행 환경 내에서의 Anomaly Detection



[자료] Unsupervised Traffic Accident Detection in First-Person Videos, Yao et al., 2019

[그림 1-32] 주행영상 기반의 Anomaly Detection 예시

- 교통 운영부문에서의 빅데이터 및 인공지능 기술 활용의 최대 장점은 예측적 분석임
  - 사전 대응적(proactive) 교통운영 및 정보제공을 위해서는 교통망의 소통상황을 실시간 모니터링하고 예측하는 능력이 필수적임
  - 보행자 교통사고의 발생여부를 신속하게 파악하여 후속응급조치를 위한 골든타임 확보
- 전통적으로 사용되던 HSM(Highway Safety Manual)의 사고 모델은 사고기반의 사후적 대응이라는 명확한 한계가 존재
  - 이러한 한계를 뛰어넘고자, 사고 외의 운전자 블랙박스 영상자료, 교차로 영상자료, 운행기록 자료 등 다양한 경로를 통해 수집되는 데이터를 가공하고 이를 안전 개선에 활용할 필요성이 있음
  - 특히, 영상을 기반으로 하여 사고가 거의 발생할뻔한 Near-Miss 상황을 검지하거나, 실제 사고가 발생하였을 때 실시간으로 이를 검지할 수 있는 기술과 데이터 확보가 매우 중요
  - 보행자, 차량, 자전거, 오토바이 등 다양한 주체들간의 위험한 상황을 검지하는 기술이 요구됨

## ■ 기술개발 목표

- 자동차의 이상운전행동을 감지하는 기술 개발
  - 다양한 센서를 통해 수집되는 운전자의 운행기록 이력 자료, 영상자료, 차량내 부착된 센서자료 등을 활용하여 자동차의 이상운전행동을 감지하는 기술 개발을 목표로 함
  - 또한 위와 같은 운행기록 기반의 위험 행동이 실제 사고발생과 어떤 상관성이 있는지 검증하고, 이를 통해 사전적 대응 알고리즘의 타당성을 검증함
  - 각종 영상자료, 실험, 시뮬레이터 등을 통한 Near-Miss 사고 데이터의 수집 및 분석 툴 개발
  - 인공지능 학습을 위한 기초 데이터 제작 및 라벨링
  - 인공지능 및 기계학습을 활용한 사전대응적 돌발상황 및 위험상황 감지 기술 개발



[그림 1-33] 영상자료 기반의 Near-Miss 상황 감지

[표 1-10] 세부기술 1-2 기술개발 목표

| 세부기술                                     | 세세부기술                                 | 성과지표(성과물)                                                            | 개발목표 스펙                                                                                              | 설정근거                                        |
|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 운전자의 행동특성<br>평가 기반의<br>사고위험 정보<br>서비스 개발 | 운행기록 센서<br>기반의 이상운전행동<br>감지           | •이상운전행동감 기준지침<br>및 매뉴얼<br>•운행기록기반이상운전<br>행동감지 시스템                    | •이상운전행동감지설계<br>지침서 1건 개발<br>• 이 상 운 전 행 동 감 지<br>S/W tool 1건 개발<br>•이상운전행동감지오차율<br>10% 이내            | •(국토부) 교통상황 예측기술<br>개발 과제의 모형 정확도<br>기준 참고  |
|                                          | 영상 기반의<br>이상운전행동 감지                   | •영상 기반의 이상운전행동<br>특성 및 설계 요구 사항<br>개발서<br>•영상 기반 이상운전행동<br>감지 시스템    | •이상운전행동 특성 표준<br>(안) 개발 및 채택 1건<br>•영상 기반의 이상운전<br>행동 특성 S/W tool 1건<br>개발<br>•이상운전행동감지오차율<br>10% 이내 | •(국토부) 교통상황 예측기술<br>개발 과제의 모형 정<br>확도 기준 참고 |
|                                          | 다양한 교통주체간의<br>Near-Miss 감지<br>알고리즘 개발 | •다양한 교통주체간의<br>Near-Miss 감지 특성<br>및 설계 요구사항 개발서<br>•Near-Miss 감지 시스템 | •이상운전행동감지 설계<br>지침서 1건 개발<br>• 이 상 운 전 행 동 감 지<br>S/W tool 1건 개발<br>•이상운전행동감지오차율<br>10% 이내           | •(국토부) 교통상황 예측기술<br>개발 과제의 모형 정확도<br>기준 참고  |
|                                          | 실제 사고 발생과의<br>상관성 검증                  | •예측모형과 사고발생과의<br>상관성 평가지표<br>•시공간적 상관관계 검증<br>시스템                    | •예측모형과 사고 발생<br>상관관계 평가지표개발1건<br>•시공간적 상관관계 검증<br>S/W tool 1건                                        | -                                           |

## ■ 기술별 개발내용 및 성과물

### ① [세세부기술 1-2-1] 운행기록 센서 기반의 이상운전행동 감지

- 운행 중 수집되는 다양한 데이터(위치, 속도, 가속도, 브레이크 세기, 조향각 등)을 수집하고 해당 데이터를 기반으로 운전자의 이상행동을 탐지하는 알고리즘을 개발
- Anomaly Detection에 주로 쓰이는 Auto-Encoder 기법이나, 다른 인공지능 기반의 비지도학습을 활용하여 이상행동을 학습하는 알고리즘 개발
- 기존에 개발되어 있는 11대 위험운전행동과 같은 전통적인 알고리즘과의 비교분석을 통한 알고리즘의 검증 수행

### ② [세세부기술 1-2-2] 영상 기반의 이상운전행동 감지

- 센서기반의 이상행동 감지와 별도로 블랙박스 자료와 같은 영상 기반으로 이상운전을 감지할 수 있는 기술을 개발
- 시계열적인 영상정보를 활용하기 때문에 이 부분에서 주로 활용되는 R-CNN, faster R-CNN과 같은 방법론을 활용하여 객체를 인식한 후, 인식된 객체와 주행차량의 관계를 기반으로 이상행동을 탐지

- 최종적으로 센서기반의 이상운전행동, 영상기반의 이상운전행동을 비교/분석 하고 통합 할 수 있는 방법 제시

● Near-Miss 사고 데이터 수집 및 분석 툴 개발

- Near-Miss 사고 데이터 수집 및 분석 툴 개발에서는 블랙박스 영상, 실주행 실험, 시뮬레이터 등 다양한 방법론을 사용하여 실제 Near-Miss 상황의 데이터 수집이 이루어져야 함
- 수집된 데이터를 기반으로 Rule-based 혹은 A.I. 기반의 위험상황 감지 알고리즘의 개발 수행
- Near-Miss 상황이 빈번히 발생하는 지역이나, Near-Miss 상황에서의 운전자의 운행 패턴에 대한 정밀한 분석을 수행하고자 함

③ [세세부기술 1-2-3] 실제 발생 사고와의 상관성 검증을 통한 알고리즘 검증

- 위와 같은 알고리즘은 주로 비지도학습(Unsupervised Learning)으로 이루어지기 때문에 모델의 결과에 대한 검증이 어렵다는 태생적인 한계가 존재함
- 이러한 문제를 해결하고 개발된 모델을 검증하기 위해 실제 사고와의 상관분석을 수행
- 위험하게 행동하는 운전자가 실제로 사고를 많이 발생시켰는지, 위험행동이 많이 발생하는 지역에서 실제 교통사고가 많이 발생하였는지를 검증

[표 1-11] 세세부기술 연구내용: 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발

| 세세부기술                           | 연구 목표                         | 연구 내용                                           |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| 운행기록 센서 기반의 이상운전행동 감지           | 다변량 데이터를 활용한 인공지능 모델 설계       | 차량의 속도, 조향각, 가속도, 브레이크 등 여부 등의 전반적인 주행기록 데이터 수집 |
|                                 |                               | 다변량 데이터 분석 및 이상운전행동 감지 인공지능 모델 설계               |
|                                 |                               | 운행기록 센서 기반의 이상운전행동 감지 알고리즘 개발                   |
| 영상 기반의 이상운전행동 감지                | 이중 센서데이터를 활용한 이상운전행동 알고리즘 개발  | 차량 블랙박스, 라이다 등의 데이터 수집 및 가공                     |
|                                 |                               | 영상 기반의 객체 인식 및 차량과 객체 사이의 거리 인식                 |
|                                 |                               | 영상 기반의 이상운전행동 감지 알고리즘 개발                        |
| 다양한 교통주체간의 Near-Miss 감지 알고리즘 개발 | 영상 기반의 Near-Miss 상황 감지 기술 개발  | Near-Miss 상황 데이터 수집을 위한 기술 개발                   |
|                                 |                               | 영상 기반의 Near-Miss 상황 감지 알고리즘 개발                  |
| 실제 사고 발생과의 상관성 검증               | 개발한 알고리즘과 실제 사고 발생 사이의 상관성 검증 | 위험행동발생 지역과 사고발생 지역간의 공간적 상관성 검증                 |
|                                 |                               | 운전자 개개인의 이상행동 정도와 사고사이의 상관성 검증                  |

#### 4-1-3. [세부기술 1-3] 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성판독성 향상기술 개발

##### ■ 기술개발 필요성

- 도로표지의 시인성 및 판독성의 중요성

- (교통사고로 인한 사회적 비용) 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조원으로 연간 GDP의 1.45%에 해당되는 규모이며, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조원의 사회적 비용이 발생
- (기상악화시 사고증가) 악천후 시 일반사고에 비해 사망률이 두 배 이상 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 2012년 서울시를 기준으로 야간 우천시 교통사고는 3천여 건으로 평소보다 40% 증가
- (지방지역 사망자수) 7대 특·광역시 교통사고발생 건수에 비해 도로 조명설치가 부족한 지방 지역에서 사망자수가 2.8배 이상 발생



[그림 1-34] 야간/우천시 시인성 저하 사례

- 야간의 시인성과 운전자의 인지관계간의 상관성

- Shinar, Rockwell 및 Malecki (1980)는 곡선의 속도에 대한 바깥차선의 시인성 개선 효과를 연구함
- 연구 결과 바깥차선의 시인성 여부와 차량의 속도간의 상관성이 높다는 것을 검증
- 이는 바깥차선의 야간시인성을 증가시키는 것은 곡선부에서 신뢰도를 증가시킨다고 할 수 있으며 따라서 이용자 중심의 도로/교통표지 시인성 향상이 교통 안전 증진에 큰 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사함



[그림 1-35] 도로 및 교통표지 시인성 증대를 통한 교통안전 개선

- 외부자극 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출
  - 도로교통 기술분야에서 기후환경에 대한 자극에 응답하여 도로정보를 빛 또는 색 변화로 실시간 시각화하여 주행안전성을 개선할 수 있는 첨단기술 수요 증가
  - 실시간 주행환경 시각화를 통한 사고위험 방지 및 야간이나 취약구간에서 도로 이용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건을 제공
- 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술 필요
  - 자율주행기술의 안전성을 확보하기 위해서는 차선의 시인성능을 최소기준 이상으로 상시 유지할 필요가 있음
  - 이는 해당 기술이 운전자의 시인성 증대 뿐 아니라 향후 적용될 자율주행 자동차의 안전성을 위해서도 매우 중요한 기술이라는 것을 시사함

## ■ 기술개발 목표

- 야간|우천시|안개 등 다양한 취약 환경에서 도로 및 도로표지 시인성 향상을 위한 기술 개발목표
  - 본 연구의 목표는 실시간 도로 위험 시각화 기술, 야간 도로 시인성 기술, 노면표지 고도화 및 주행 안전성 확보 기술을 포함하여 설정
  - 이밖에도 다양한 종류의 도로 시설물에 대한 평가/관리에 도움을 줄 수 있는 교통기술 개발을 목표로 함



| 자체 발광형 노면표시 기술 개발                                                                                                                                                                         | 실시간 도로 위험 시각화 기술 개발                                                                                                                                                                 | 실증화 테스트 및 실용화 기술 개발                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발</li> <li>- 자체 발광형 노면표시 제품화 기술 개발</li> <li>- 자체 발광형 노면표시 적용성 검증 및 실용화 기술</li> <li>- 외부자극 감응형 노면표시의 성능평가 기술 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부자극 감응 도로정보 시각화 재료 개발</li> <li>- 외부자극 감응형 교통안전시설 제품화 기술</li> <li>- 교통안전시설의 적용성 검증 기술 개발</li> <li>- 외부자극 감응형 교통안전시설의 성능평가 기술 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자체 발광형 노면표시 성능지표 및 성능 기준 개발</li> <li>- 교통안전시설 성능지표 및 성능 기준 개발</li> <li>- 실제 도로환경 모사 시인성 실증 테스트 기술 개발</li> <li>- 외부자극 감응형 기술의 주행안전성 평가</li> </ul> |

[그림 1-36] 주행환경 시각화를 통한 안전 도로 개발

[표 1-12] 세부기술 1-3 기술개발 목표

| 세부기술                                   | 세세부기술                                          | 성과지표(성과물)                                                                                                                                                  | 개발목표 스펙                                                                                                                     | 설정근거                                  |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성/판독성 향상기술 개발 | 도로 및 교통표지 시인성 향상을 위한 기술 개발                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 및 교통표지 시인성 기준 지침 및 매뉴얼</li> <li>• 시인성수준설계 고려사항 보고서</li> <li>• 시인성 향상 설계요구 사항 개발서</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 및 교통표지 시인성 설계지침서 1건 개발</li> <li>• 시인성 수준 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건</li> </ul>     | -                                     |
|                                        | 도로 시인성 수준 (Visibility Level)의 평가 SW Program 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 및 교통표지 시인성 수준 평가 시스템</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 및 교통표지 시인성 수준 S/W tool 1건 개발</li> <li>• 시인성 수준 S/W 모형 현실모사율 90% 이상</li> </ul>   | • (국토부) 교통상황 예측기술 개발과 제의 모형정확도 기준 참고  |
|                                        | 시인성 취약구간을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시인성 취약구간 도로 안전시설물 설계 요구사항 개발서</li> <li>• 시인성 취약구간 도로안전시설물 기준 지침 및 매뉴얼</li> <li>• 도로안전시설물 조합제품 요구사항 개발서</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시인성 취약구간 도로 안전시설물 설계지침서 1건 개발</li> <li>• 시인성 수준 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건</li> </ul> | -                                     |
|                                        | 도로안전 시설물 평가/관리를 위한 기술 개발                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로안전시설물 안전평가관리 시스템</li> </ul>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로안전시설물 평가관리 S/W tool 1건 개발</li> <li>• 시설물 안전평가관리 S/W 모형 현실모사율 90% 이상</li> </ul>   | • (국토부) 교통상황 예측기술 개발과 제의 모형 정확도 기준 참고 |

## ■ 기술별 개발내용 및 성과물

- 본 제안에서 진행할 핵심적인 기술 및 주요 연구 내용은 아래 표와 같음
  - 시인성 향상을 위한 기술 뿐 아니라, 개선된 기술을 정량적으로 평가할 수 있는 평가 매뉴얼 개발까지 포괄
  - 야간우천시안개 등 다양한 취약 환경에서 도로시설물의 시인성을 향상시킬 수 있는 기술 개발
  - 도로안전 시설물 평가/관리에 필요한 핵심 기술 개발

[표 1-13] 세부기술 연구내용: 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성/판독성 향상기술 개발

| 세부기술                                          | 연구 목표                                                  | 연구 내용                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 도로 및 교통표지 시인성 향상을 위한 기술 개발                    | 외부자극 감응 자체, 발광형 노면표시 등 도로 및 교통표지의 시인성을 향상시킬 수 있는 기술 개발 | 외부자극 감응 자체, 발광형 노면표시 등 도로 및 교통표지의 시인성을 향상시킬 수 있는 기술 개발 |
|                                               |                                                        | 도로 노면결빙 상태를 실시간 예측 가능한 교통안전시설 개발                       |
|                                               |                                                        | 야간시인성을 위한 도로안전시설물 개발 및 평가                              |
|                                               |                                                        | 도로안전시설물 조합제품 사업화/실용화 방안 마련                             |
| 도로 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW Program 개발 | 도로 노면결빙 상태를 실시간 예측 가능한 교통안전시설 개발                       | 시인성 수준(Visibility Level) 정량화 방법론 개발                    |
|                                               |                                                        | 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW Program 개발             |
|                                               |                                                        | 시인성 수준 검증 방법론 개발                                       |
| 시인성 취약구간을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발                  | 야간시인성을 위한 도로안전시설물 개발 및 평가, 도로안전시설물 조합제품 사업화/실용화 방안 마련  | 시인성 증진을 위한 도로안전시설물 설치사례 검토                             |
|                                               |                                                        | 시인성 취약구간 분석 및 개선방안 도출                                  |
|                                               |                                                        | 시인성을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발 및 평가                           |
| 도로안전 시설물 평가/관리를 위한 기술 개발                      | 다양한 도로 및 교통안전 시설물 평가 방법론 및 설치 기준 연구                    | 교통 안전 시설물의 안전성 향상 효과 평가 기술 개발                          |
|                                               |                                                        | 데이터 기반의 교통안전시설물 관리 방안 개발                               |

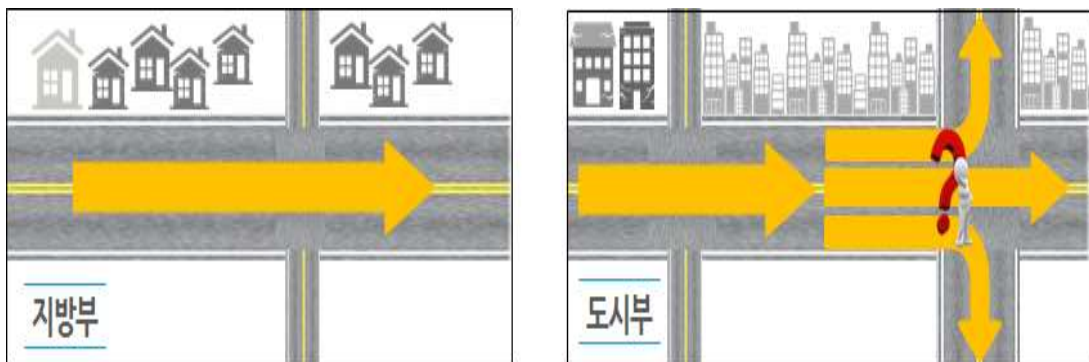
### 4-1-4. [세부기술 1-4] GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술 개발

## ■ 기술개발 목적 및 필요성

- 국정과제인 ‘교통안전 선진화’ 및 ‘교통사고 사상자 줄이기 종합대책’에 따른 지속적인 정책 추진결과, 도로의 안전성은 지속적으로 향상
- 교통사고는 주로 도시부에서 발생하나, 교통사고 취약구간 분석방법은 연속형 도로(지방부 간선도로, 고속도로 등)에만 적용 가능하여 효과적인 사고개선에 어려움
  - 고속국도 및 일반국도(지방부)는 안전도 평가를 통한 개선사업으로 사망사고가 감소추세이나, 도시부 도로의 경우 평가방법 부재로 증가추세를 보임
  - (사망사고 추세 '11~'15) 전체 3.0%, 고속국도 -3.9%, 일반국도 -9.7%, 시군도 1.7%
- 고속도로 교통안전편람(한국도로공사, 2014)은 고속도로만 적용 가능하며, 도로안전성 분석기법

개발 연구(국토교통부, 2013) 및 도로위험도평가기법 개발 연구(국토교통부, 2014~2017)는 지방부의 일반국도만 적용 가능

- 따라서, 도시부 도로에 적용 가능하며 도로의 연속성 및 주변의 공간적 특성을 고려할 수 있는 GIS 기반의 교통사고 취약구간 분석방법 개발 필요
- 국민이 체감할 수 있는 도로안전정책 지원을 위해서는 도시부 도로의 안전성평가를 위한 가이드라인 및 도로 위험요소의 개선 필요
- 교통사고는 주로 도시부에서 발생하나, 국내·외 교통사고 취약구간 선정방법은 지방부 간선도로 또는 고속도로 등 연속형 도로에만 적용 가능
- 도시부에서는 활용할 수 없어 시군도·지방도에서의 사고 개선에 어려움
- (국외) 미국의 Sliding Moving Window, Peak Searching, Continuous Risk Profile 등은 연속류인 간선도로 적용을 위해 개발되어 교차점이 많은 도시부 네트워크는 적용할 수 없는 한계
- (국내) 고속도로 교통안전편람(한국도로공사, '14)은 고속도로만 적용 가능, 도로안전성 분석 기법(국토교통부, '13) 및 도로위험도평가기법(국토교통부, '14~'17)은 지방부의 일반국도만 적용 가능

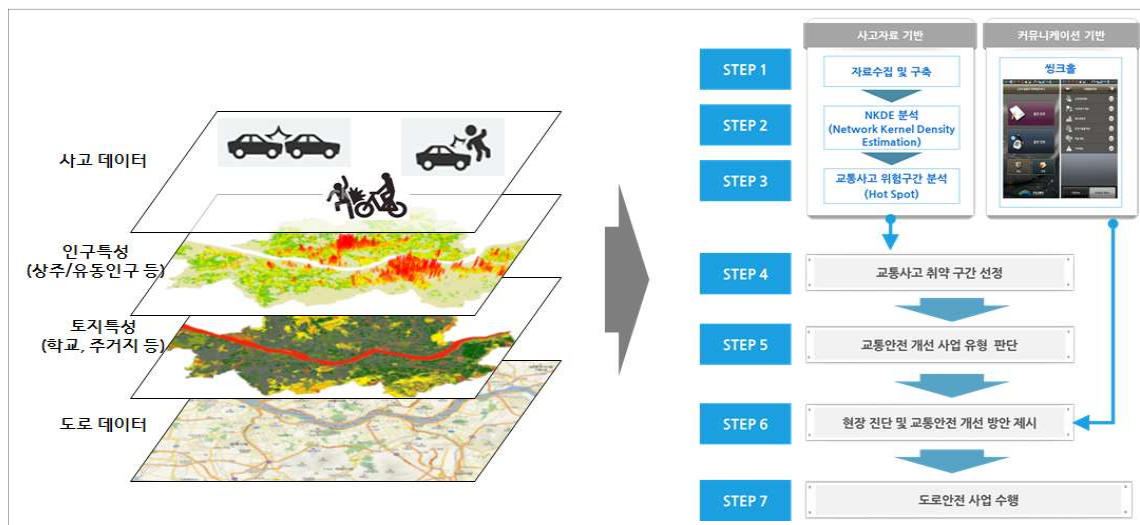


[그림 1-37] 지방부 도로와 도시부 도로의 차이

- 또한 동일한 구간 또는 교차로에서 발생하는 교통사고 건수를 바탕으로 교통사고 취약 지점을 선정함으로써, 도로의 연속성을 반영하는데 한계 존재
- 개별 교통시설 위주의交通安全 개선으로 풍선효과(교통사고가 전이되는 문제) 발생 등 교통사고 감소에 효율적이지 못함
- 도시부 도로에 적용 가능하며, 도로의 연속성 및 주변 공간적 특성을 고려할 수 있는 GIS기반의 도로안전 평가기법 개발 필요
  - 일본에서 공간분석 기법으로 개발된 NKDE(Network Kernel Density Estimation)는 도시부 교통사고 위험지역 분석에 응용가능하나, 국내 도시부 적용을 위해서는 도로등급간의 차이 반영을 위한 연구 수행 필요

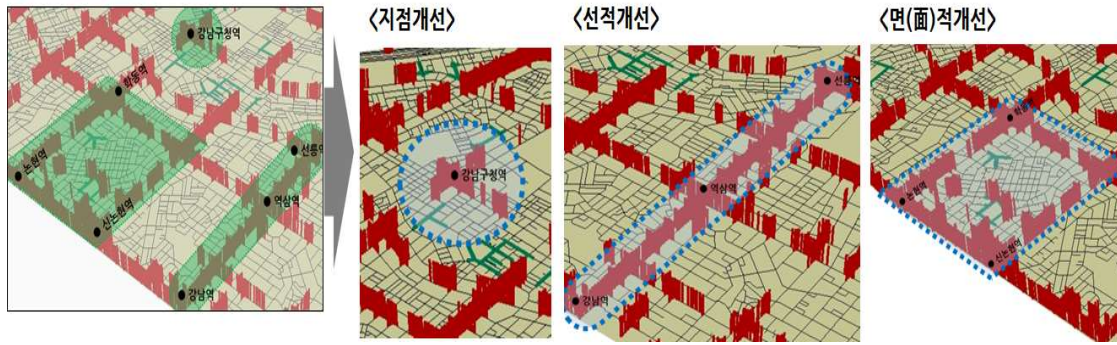
## ■ 기술개발 목표

- 사고유형|도로등급(고속도로, 국도, 시군도)|토지이용형태별(상업지, 주거지, 학교 등) 도로안전성 평가기술개발
  - 간선도로/지방도로 뿐 아니라 도시부도로를 포함하는 모든 도로의 안전성을 평가할 수 있는 방법론 개발
  - 사고자료 뿐 아니라, 인구/토지이용 특성 및 도로기하자료(교통주제도, 수치지도) 등 다양한 GIS 데이터를 통합하여 도로 안전 평가 모델 개발



[그림 1-38] 다양한 공간정보의 융합을 통한 도로 안전성 평가기술 개발

- 교통사고 취약구간에 대한 지점/경로/구역 등의 다양한 공간적 범위에서의 표출 방법론 개발
  - 지점의 경우 기존의 사고위험지역 핫스팟과 같이 위험한 사고가 많이 발생하는 지역을 특정할 때 활용할 수 있음
  - 반면 경로에 따른 위험도 표출의 경우 주행경로나 보행경로와 같이 이용자 맞춤형으로 표현될 수 있으며, 향후 네비게이션/보행지원 서비스 등에 활용될 여지가 크다고 할 수 있음
  - 추후 기술 상용화 시 다양한 이용주체가 목적에 맞게 활용할 수 있도록 공간적 표출 방법을 다양화 할 필요가 있음



[그림 1-39] 교통사고 취약구간에 대한 다양한 공간적 표출 예시

[표 1-14] 세부기술 1-4 기술개발 목표

| 세부기술                         | 세세부기술                           | 성과지표 (성과물)                                                                                                                                                                             | 개발목표 스펙                                                                                                                     | 설정근거                                  |
|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| GIS 기반의<br>종합 도로안전<br>평가기술개발 | GIS 기반의<br>도로안전<br>평가기술개발       | <ul style="list-style-type: none"> <li>•GIS 기반 도로안전평가기술 지침 및 매뉴얼</li> <li>•GIS 기반 도로안전평가 설계 요구사항 개발서</li> <li>•GIS 기반 도시부도로의 안전도 평가시스템</li> <li>•GIS 기반 도시부도로의 안전도 평가기준 개발서</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•GIS 기반 도로안전평가 기술 설계지침서 1건 개발</li> <li>•GIS 도시부도로 안전도 평가 S/W tool 1건 개발</li> </ul>   | •한국지능형교통체계 협회 ITS장능평가 지침상 성능 요구 수준 참고 |
|                              | 사고위험지역의<br>다양한 공간적<br>표출 방법론 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>•GIS 기반 사고위험지역 설계 요구사항 개발서</li> <li>•GIS 기반 사고위험지역 공간적 표출기준 개발서</li> <li>•시공간적 사고위험지역 표출 시스템</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•GIS 기반 사고위험지역 공간적 표출기준 개발서 1건</li> <li>•GIS 사고위험지역 공간적 표출 S/W tool 1건 개발</li> </ul> | -                                     |

## ■ 기술별 개발내용 및 성과물

① [세세부기술 1-4-1] 다양한 공간정보 통합을 통한 도시부도로의 안전도 평가기법 개발

② [세세부기술 1-4-2] 사고위험지역의 지점/경로/구역(점/선/면) 단위의 표출 방법론 개발

[표 1-15] 세세부기술 연구내용: GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술 개발

| 세세부기술                        | 연구 목표                                    | 연구 내용                                          |
|------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| GIS 기반의 도로안전<br>평가기술개발       | 다양한 공간정보 융합을<br>통한 도시부도로의 안전도<br>평가기법 개발 | 공간정보 기반의 도로, 토지특성 및 사고데이터의 통합<br>방법론 개발데이터의 수집 |
|                              |                                          | 데이터 라벨링 방법론 및 위험상황 감지 기술 개발                    |
|                              |                                          | Near-Miss 데이터의 분석을 통한 위험 행동 및<br>위험지역 도출       |
| 사고위험지역의 다양한<br>공간적 표출 방법론 개발 | 다양한 공간적 범위의<br>사고위험지역 표출 방법론<br>개발       | 지점/경로/구역 기반 교통사고 취약구간 판단                       |
|                              |                                          | 상황에 따른 적절한 교통사고 취약구간 표출 방법론 개발                 |

## 5. 연구추진 로드맵

[표 I-16] 핵심과제 1: 세부기술별 연구추진 로드맵

| 핵심과제                                                    | 세부기술                                      | 1<br>차<br>년<br>도 | 2<br>차<br>년<br>도 | 3<br>차<br>년<br>도 | 4<br>차<br>년<br>도 | 5<br>차<br>년<br>도 | 주요연구성과                                       |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------------------|
| 1.<br>도로이용자<br>의 안전성<br>향상을<br>위한<br>교통사고<br>예방<br>기술개발 | 1-1. 보행자/운전자 인적속성 기반<br>의 교통안전 지원기술 개발    |                  |                  |                  |                  |                  | 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고<br>고위험군 분류 시스템 개발 |
|                                                         | 1-2. 운전자의 행동특성 평가 기반<br>의 사고위험 정보 서비스 개발  |                  |                  |                  |                  |                  | 이종 센서데이터를 활용한 이상운전행동 시스템 개발                  |
|                                                         | 1-3. 이용자 중심의 도로표지 성능 평가<br>및 도로안전성향상기술 개발 |                  |                  |                  |                  |                  | 교통안전 시설물 평가 시스템 개발                           |
|                                                         | 1-4. GIS 기반의 종합 도로안전 평<br>가기술개발           |                  |                  |                  |                  |                  | 도시부도로의 안전도 평가 시스템 개발                         |

## 6. 소요예산

### 6-1. 연도별 소요예산

[표 1-17] 핵심과제 1: 세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세부기술                                           | 구분 | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계   |
|------------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1-1. 보행자/운전자 인적속성 기반의<br>교통안전 지원기술 개발          | 정부 | 239   | 239   | 246   | 269   | 239   | 1,232 |
|                                                | 민간 | 112   | 112   | 116   | 127   | 112   | 579   |
| 1-2. 운전자의 행동특성 평가 기반의<br>사고위험 정보 서비스 개발        | 정부 | 245   | 245   | 231   | 266   | 245   | 1,232 |
|                                                | 민간 | 115   | 115   | 108   | 125   | 115   | 578   |
| 1-3. 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및<br>도로 시인성·판독성 향상기술 개발 | 정부 | 355   | 355   | 352   | 263   | 263   | 1,588 |
|                                                | 민간 | 167   | 167   | 166   | 124   | 124   | 748   |
| 1-4. GIS 기반의 종합 도로안전<br>평가기술개발                 | 정부 | 241   | 377   | 264   | 250   | 250   | 1,382 |
|                                                | 민간 | 114   | 178   | 124   | 117   | 117   | 650   |
| 총 계                                            |    | 1,588 | 1,788 | 1,607 | 1,541 | 1,465 | 7,989 |

### 6-2. 예산항목별 소요예산

[표 1-18] 핵심과제 1: 예산항목별 소요예산

| 예산<br>항목    | 세부항목    | 예산항목  |       |       |       |       |       | 비율(%) |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             |         | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 소계    |       |
| 인<br>건<br>비 | 책임연구원   | 184   | 184   | 152   | 152   | 152   | 824   | 10    |
|             | 연구원     | 583   | 583   | 292   | 292   | 386   | 2,136 | 25    |
|             | 연구보조원   | 195   | 195   | 195   | 195   | 216   | 996   | 12    |
|             | 보조원     | 73    | 73    | 29    | 29    | 73    | 277   | 3     |
|             | 소계      | 1,035 | 1,035 | 668   | 668   | 827   | 4,233 | 50    |
| 직<br>접<br>비 | 연구장비재료비 | 86    | 144   | 665   | 494   | 230   | 1,619 | 19    |
|             | 연구활동비   | 114   | 114   | 114   | 114   | 114   | 570   | 7     |
|             | 연구수당    | 151   | 151   | 151   | 151   | 151   | 755   | 9     |
|             | 소계      | 351   | 409   | 930   | 759   | 495   | 2,944 | 35    |
| 간접비         |         | 202   | 344   | 112   | 114   | 143   | 915   | 15    |
| 합계          |         | 1,588 | 1,788 | 1,607 | 1,541 | 1,465 | 7,989 | 100   |

## 7. 위험요인 및 해결방안

### ■ '도로안전 현안대응 혁신기반 솔루션' 연구 개발 시 위험요소 조기식별 및 발생 시 신속 대응 필요

- 연구개발 시 위험 영향력 최소화를 위해 위험관리 기법 이용 및 연구개발 수행 전체 단계 위험관리 활동 수행 필요
  - 연구개발 종합성 및 평가지표 설정을 통한 지속적인 모니터링, 세부기술별 구체적인 대응전략 수립 필요
  - 위험발생 가능성과 발생위험의 영향력 분석을 통한 대응 우선순위 선정 필요
  - 연구개발 전체 단계에 걸친 위험식별 및 식별된 위험 추적관리 필요
  - 정기적 데이터 취합, 분석 후 설정된 공정 목표 달성 필요
  - 발생 가능 위험요인 사전 정의 및 분석, 위험요인 유형별 대응방안 사전 계획, 위험요인 가능성 및 영향도 최소화 전략 방안 수립 필요

## 8. 기대 및 파급효과

### 8-1. 과학기술적 측면

#### ■ 본 연구를 통한 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 도로 기술 개발

- 이종 교통사고 관련 데이터의 수집, 통합, 그리고 가공은 인공지능 알고리즘의 학습데이터로 활용 가능
- 미래 교통안전 모델 개발 및 고도화를 통해서 교통사고를 사전에 예방할 수 있는 핵심 인공지능 기술 확보 가능
- 스마트시티 및 스마트교통 내 미래 교통안전 핵심 기술 적용이 가능하여 미래교통 및 도시시스템 개발에 지지대 역할 수행 가능

### 8-2. 사회경제적 측면

#### ■ 미래 도로안전 기술 고도화를 통한 교통사고 수 및 사망자 수 감소 등을 통한 사회경제적 효과 기대

- 한국판 뉴딜정책의 일환으로 사회안전망 강화 및 안전한 교통환경 조성에 기여
- 교통안전 증진을 위한 도로 핵심기술 개발을 통해 사고를 감소시키고 이로 인해 발생하는 사회적 비용을 감소시키는데 기여
- 이동수단으로써 교통서비스를 이용하는 이용자 및 운수업에 종사하는 운전자, 그리고 어린이/노약자 등의 교통약자 전반을 아우르는 사회적 안전망 확보 가능

## 9. RFP

### ■ [핵심과제 1] 도로이용자의 안전성 향상을 위한 교통사고 예방 기술개발

- [세부기술 1-1] 보행자/운전자 인적속성 기반의 교통안전 지원기술 개발

[표 I-19] 세부기술 1-1 RFP

| 과제명              | 보행자/운전자 인적속성 기반의 교통안전 지원기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 보행로 경사불편도 및 평탄성 측정장치 개발</li> <li>· 교통약자 및 관광약자를 위한 보행로 서비스수준 개발</li> <li>· 보행로 경사불편도 및 평탄성 서비스수준 표출장치(스마트폰 App) 개발</li> <li>· 교통사고 고위험군 분류 알고리즘 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 | <div> <div>□ 연구개발의 필요성</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 70세 이상 인구는 2005년 268만 5천명에서 2016년 기준 403만5천명으로 50.3% 증가</li> <li>· 2017년 12월 기준 개인용 자동차보험의 사고통계를 분석한 결과 70세 이상의 사고 건수가 2006년 7천건에서 2016년 2만9천건으로 4배 이상 증가 (출처 : 보험개발원)</li> <li>· 도로교통공단에 따르면 만65세 이상 고령운전자의 교통사고로 인한 사망자 수는 2011년 605명에서 2015년 815명으로 34.7% 증가하였으나 같은 기간 비고령운전자로 인한 사망자 수가 4,594명에서 3,802명으로 오히려 17.2% 감소</li> <li>· 또한 최근 스쿨존에서의 운전자 처벌 강화(민식이법)와 같이 교통약자를 보호하기 위한 사회적 여론 형성과 정책의 변화가 진행되고 있음               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하지만 정책과 법 강화를 통한 대안은 사회적 반발이 생길 수 있으며, 징벌적 처벌이라는 부작용이 존재</li> </ul> </li> <li>· 따라서 교통약자라 할 수 있는 고령자, 어린이, 장애인 등에 대한 교통안전 지원 기술의 개발 및 적용이 필요하다고 할 수 있음</li> <li>· 교통약자는 일반인에 비해 보도 이용률이 높지만, 보행환경 적합도가 높지 않아 국가적인 개선이 필요함(국토교통부/한국교통안전공단, 2019)</li> <li>· 지역 내 이동 교통수단 조사에서 일반인에 비해 교통약자의 도보(보도) 이용률이 약 2배 가까이 높아 교통약자를 위한 보행환경 개선이 시급함 (국토교통부/한국교통안전공단, 2019)</li> <li>· '17년에 조사한'이동편의시설의 기준 적합률'중에서 보행환경에 대한 적합도는 64.2%로 조사됨(국토교통부/한국교통안전공단, 2019)</li> </ul> </div> <div> <div>□ 기술동향</div> <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 교통안전 기술개발의 경우 기존에 사전적 예방(운전행태 개선) 보다 사후적 개선(법규위반 단속, 사고원인분석, 사고다발지점 개선 등)에 제도적 노력이 집중되어 교통사고 발생률 및 치사율 감소 효과에 한계 존재하였음</li> <li>· 이에 최근들어 개별 운전자 행태 및 차량 빅데이터의 공유 및 이용에 관한 기술적,</li> </ul> </div> |

제도적 분위기가 형성되어 인적숙성 기반의 교통안전 지원기술 개발에 대한 요구가 증대되고 있음

- 한국교통안전공단의 교통안전정보 관리 시스템은 교통안전법령에 의거 구축/운영되는 시스템으로, 교통시설, 교통수단 및 제반정보와 교통사고 관련 자료를 유지관리하고 있음
- 하지만 교통안전정보관리 시스템의 경우 운수회사 및 지자체별 교통안전정보 제공에 초점을 맞추고 있음
- 도로교통공단의 교통사고 분석시스템은 전국에서 발생하는 대부분의 사고를 다루고 있으며, 데이터를 개방하여 이용자가 직접 사고 데이터에 접근할 수 있는 장점을 가지고 있음
  - 하지만 국내 보행자/운전자 인적숙성 기반의 교통안전 지원기술 개발에 대한 연구는 미흡한 실정

#### 〈국외 기술동향〉

- 최근 국외 연구의 트렌드는 전통적인 화귀모형 기반의 사고 위험도 예측이 아닌, 딥러닝/기계학습 기반의 사고 위험도 예측이 주를 이루고 있음
- 이들 모델이 가지는 강점은 기상상황/돌발 이벤트 등 단기간에 걸쳐 지속적으로 변하는 변수들을 모델의 인풋 변수로 활용할 수 있다는 강점이 있음
- 국외 연구트렌드에 맞게 국내에서도 딥러닝/기계학습 기반의 교통사고 고위험군 분류 및 사고 위험도 예측 모델에 대한 연구개발이 필수적으로 요구됨

### 3. 연구내용

- 교통약자를 고려한 보행로 서비스 평가 및 개선 기술
  - 교통약자들은 일반인에 비해 도로의 이용비율이 높으며, 따라서 교통약자를 위한 보행로의 상태를 평가하고 개선할 수 있는 기술이 핵심적임
  - 보행 환경 중에서도, 경사에 따라 교통약자 및 관광약자가 느끼는 불편함인 ‘경사 불편도’ 개념을 제시하여 국가 기준을 확립할 수 있으므로 지원이 필요함
  - 본 연구에서는 경사에 따라 교통약자가 느낄 수 있는 불편도인 ‘경사불편도’라는 개념을 도입하여 국가적 기준으로 발전시킬 예정임
  - 나아가 교통약자 및 관광약자를 위한 보행로 서비스수준 도입을 할 예정이며, 이는 보행로를 설치하는 지자체로 연계되어 사용할 수 있음
  - 보행로의 평탄성을 전신진동을 통하여 평가하는 것은 세계적으로 사용되는 방법임으로 우리나라의 도입이 필요함
  - 일본에서는 2000년 고령자, 신체장애자등의 공공교통기관 이동의 원활화의 촉진에 관한 법률에서 안전성과 편리성의 검토가 의무화됨 (2005년 평탄성 평가 위원회를 설립하여 운영 중)
- 빅데이터 기반의 이용자 맞춤형(교통약자) 교통사고 위험 예측
  - 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고 고위험군 분류 체계 개발(고위험군 유/무에 관한 이진 분류 체계, 예측 정확도 70% 이상)
  - 개별 운전자 및 차량에 관한 기관별 빅데이터 공유 또는 취득  
(예시) 경찰청-무인영상단속 기록, 도로교통공단-운전면허 적성검사, 한국교통안전공단-자동차안전점검, 건강보험심사평가원-보건의료빅데이터, 기상청-날씨정보 등
  - 최종적으로 교통사고 고위험군 분류예측 시스템을 개발하고자 함
  - 운전자/차량/도로 요인 등을 입력변수로 활용하여 머신러닝 및 인공지능 모형을 개발하여 학습 하고자 함

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. 연구 추진방법     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| □ 추진전략         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>· 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>· 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>· 세부기술 연차별 성과목표 및 성과 수준 등을 명확하게 제시</li> <li>· 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립</li> <li>· 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립</li> <li>· 세부기술별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발</li> <li>· 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진</li> <li>· 달성 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 필요</li> <li>· 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리</li> </ul> |
| □ 추진체계         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 연구책임자는 유기적인 연구계획 수립 필요</li> <li>· 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함</li> <li>· 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요</li> <li>· 교통안전/교통류이론/도시/빅데이터 등의 관련 전문가 연계를 통한 협동연구 필요</li> <li>· 연구성과 검증을 위한 지속적인 전문가 자문 및 평가 추진</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5. 최종 성과물      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 이용자 맞춤형 교통사고 위험 예측 알고리즘</li> <li>· 보행로 경사불편도 및 평탄성 서비스수준 표출장치 시제품</li> <li>· 교통약자 및 관광약자를 위한 보행로 서비스수준</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6. 활용방안 및 기대효과 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| □ 활용방안         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고령자, 어린이, 장애인, 임산부 등 교통약자 맞춤형 교통안전 지원 기술 개발 및 활용</li> <li>· 보행자의 인적/행동적 특성기반의 충돌위험 예측 기술 개발 및 활용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| □ 기대효과         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 도로 기술 개발</li> <li>· 한국판 뉴딜정책의 일환으로 사회안전망 강화 및 안전한 교통환경 조성에 기여</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7. 연구기간 및 소요예산 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 총 연구개발기간 : 2022. 04 ~ 2027. 03 (5년)</li> <li>· 총 정부출연금 : 1,232백만원 이내 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도 정부출연금 : 239백만원 이내</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8. 기타          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조) - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
  - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
- ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음)
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부기술간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
  - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
  - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진 시 역할(자료기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구 개발계획서의 수정보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

● [세부기술 1-2] 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발

[표 1-20] 세부기술 1-2 RFP

| 과제명              | 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 운행기록 센서 기반의 이상운전행동 감지 알고리즘 개발</li> <li>· 다변량 데이터 분석 및 이상운전행동 감지 인공지능 모델 설계</li> <li>· 영상 기반의 이상운전행동 감지 알고리즘 개발</li> <li>· 운전자 개개인의 이상행동 정도와 사고사이의 상관성 검증</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| □ 연구개발의 필요성      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 교통안전 모델은 모두 사고 기반의 안전 대책이 주를 이루고 있음</li> <li>· 최근 교통안전의 패러다임은 사고 기반의 사후 안전대책에서 사고를 미리 예방하는 사전적 대책으로 전환되고 있는 추세에 있음</li> <li>· 따라서, 사고 발생 전 사전적으로 대처 가능한 교통안전 기술 개발을 위해서는 운전자의 주행기록에 대한 데이터의 수집과 이에 대한 분석이 체계적으로 이루어져야 가능함</li> <li>· 최근 자율주행 기술의 발달과 자동차 센서의 발달을 주행 중 차량 내의 다양한 데이터에 대한 수집을 가능하게 해주었으며, 따라서 이러한 주행 데이터 기반의 위험을 감지할 수 있는 기술이 요구됨</li> <li>· 이러한 맥락에서 최근 활발하게 연구되고 있는 기술로는 이상점 탐지(Anomaly Detection)이 있음</li> <li>· 이는 영상/센서의 시계열 자료 분석을 통해, 일반적인 Norm에 비해 편차가 매우 큰 지점을 찾아내는 알고리즘임</li> <li>· 최근 일반 운전자의 이상운전 행동 감지 뿐 아니라, 자율주행차의 이상행동 패턴을 감지하기 위해서도 해당 기술들이 활발하게 활용되고 있으며 향후 자율주행차 상용화와 안전성 보장을 위한 핵심 기술로 쓰일 전망이다</li> <li>· 교통 운영부문에서의 빅데이터 및 인공지능 기술 활용의 최대 장점은 예측적 분석임</li> <li>· 사전 대응적(proactive) 교통운영 및 정보제공을 위해서는 교통망의 소통상황을 실시간 모니터링하고 예측하는 능력이 필수적임</li> <li>· 보행자 교통사고의 발생여부를 신속하게 파악하여 후속응급조치를 위한 골든타임 확보</li> <li>· 전통적으로 사용되던 HSM(Highway Safety Manual)의 사고 모델은 사고기반의 사후적 대응이라는 명확한 한계가 존재함</li> <li>· 이러한 한계를 뛰어넘고자, 사고 외의 운전자 블랙박스 영상자료, 교차로 영상자료, 운행기록 자료 등 다양한 경로를 통해 수집되는 데이터를 가공하고 이를 안전 개선에 활용할 필요성이 있음</li> <li>· 특히, 영상을 기반으로 하여 사고가 거의 발생할뻔한 Near-Miss 상황을 검지하거나, 실제 사고가 발생하였을 때 실시간으로 이를 검지할 수 있는 기술과 데이터 확보가 매우 중요한 부분임</li> <li>· 보행자, 차량, 자전거, 오토바이 등 다양한 주체들간의 위험한 상황을 검지하는 기술이 요구됨</li> </ul> |
| □ 기술동향           | 〈국내 기술동향〉                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

- 한국교통안전공단 사업용차량 운행기록 데이터 개방 시스템은 사업용 차량에 의무적으로 부착된 운행기록장(Digital Tachograph; DTG)로부터 수집중인 운행기록 데이터의 개방 서비스를 제공하기 위한 시스템임
- 운행기록 데이터는 초단위의 사업용 차량의 속도, 가속도, 방위각, GPS 위치정보, RPM 등 다양한 정보를 얻을 수 있음
- 교통안전 연구의 트렌드가 사고중심에서 운전행동 중심으로 변화하고 있다는 점에서 해당 데이터는 미래의 교통안전 연구를 위해 핵심적인 가치를 가지고 있으며, 따라서 본 사업과의 연관성도 매우 크다고 판단됨
- 사업용 차량의 운행기록 데이터 뿐 아니라, 교통안전공단에서 자체적으로 마련한 기준에 따라 사업용 차량의 위험운전행동 데이터도 개방 대상에 포함되어 있음
- 위험운전행동 데이터는 운전자의 운전습관, 안전운전 불이행, 돌발상황 등 여러 요인에 의해 발생하는 위험을 분류하여 제공하는 데이터이며, 1초단위의 행동 데이터 혹은 경로단위의 위험운전 행동 통계데이터를 제공하고 있음
- 주행기록 데이터의 특성상 데이터의 규모가 매우 방대하기 때문에 오픈API를 통한 완전한 공개를 이루어지지 않고 있으며, 교통행정기관, 공단 및 운송사업자의 교통안전관리 업무에 한정하여 자료를 신청 후 제공 받는 식으로 운영되고 있음
- 하지만 국내 연구기관들에서 다변량 및 자율주행차량 센서데이터에 기반한 운전자의 행동특성 평가 및 사고위험 정보 서비스 연구개발은 현재 미흡한 실정임

#### 〈국외 기술동향〉

- GeorgiaTech 연구진에서 개발한 Live Traffic Accident model의 경우 기계학습을 통해 실시간으로 위험도 표출이 가능하도록 모델링을 수행함
- 해당 모델은 사고의 핫스팟에 대한 점표출뿐 아니라, 주행경로에 따른 위험도를 매핑(mapping)할 수 있는 기능을 탑재하고 있음
- 이는 향후 교통안전 모델이 나아가야 할 방향으로 핫스팟 기반의 점단위 표출이 아닌 경로 단위로 위험도가 표출되어, 네비게이션 서비스와 같이 경로 단위로 서비스 될 수 있는 곳에 활용될 수 있음

### 3. 연구내용

- 운행기록 센서 기반의 이상운전행동 감지
  - 운행 중 수집되는 다양한 데이터(위치, 속도, 가속도, 브레이크 세기, 조향각 등)를 수집하고 이 데이터를 기반으로 운전자의 이상행동을 탐지하는 알고리즘을 개발
  - Anomaly Detection에 주로 쓰이는 Auto-Encoder 기법이나, 다른 인공지능 기반의 비지도학습을 활용하여 이상행동을 학습하는 알고리즘 개발
  - 기존에 개발되어 있는 11대 위험운전행동과 같은 전통적인 알고리즘과의 비교분석을 통한 알고리즘의 검증 수행
- 영상 기반의 이상운전행동 감지
  - 센서기반의 이상행동 감지와 별도로 블랙박스 자료와 같은 영상 기반으로 이상운전을 감지할 수 있는 기술을 개발
  - 시계열적인 영상정보를 활용하기 때문에 이 부분에서 주로 활용되는 R-CNN, faster R-CNN과 같은 방법론을 활용하여 객체를 인식한 후, 인식된 객체와 주행 차량의 관계를 기반으로 이상행동을 탐지
  - 최종적으로 센서기반의 이상운전행동, 영상기반의 이상운전행동을 비교/분석 하고 통합할 수 있는 방법 제시
- Near-Miss 사고 데이터 수집 및 분석 툴 개발

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Near-Miss 사고 데이터 수집 및 분석 툴 개발에서는 블랙박스 영상, 실주행 실험, 시뮬레이터 등 다양한 방법론을 사용하여 실제 Near-Miss 상황의 데이터 수집이 이루어져야 함</li> <li>- 수집된 데이터를 기반으로 Rule-based 혹은 A.I. 기반의 위험상황 감지 알고리즘의 개발 수행</li> <li>- Near-Miss 상황이 빈번히 발생하는 지역이나, Near-Miss 상황에서의 운전자의 운행 패턴에 대한 정밀한 분석을 수행하고자 함</li> <li>• 실제 발생 사고와의 상관성 검증을 통한 알고리즘 검증</li> <li>- 위와 같은 알고리즘은 주로 비지도학습(Unsupervised Learning)으로 이루어지기 때문에 모델의 결과에 대한 검증이 어렵다는 태생적인 한계가 존재함</li> <li>- 이러한 문제를 해결하고 개발된 모델을 검증하기 위해 실제 사고와의 상관분석을 수행</li> <li>- 위험하게 행동하는 운전자가 실제로 사고를 많이 발생시켰는지, 위험행동이 많이 발생하는 지역에서 실제 교통사고가 많이 발생하였는지를 검증</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |
| <b>4. 연구 추진방법</b>                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>추진전략</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>• 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>• 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>• 세부기술 연차별 성과목표 및 성과 수준 등을 명확하게 제시</li> <li>• 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립</li> <li>• 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립</li> <li>• 세부기술별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발</li> <li>• 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진</li> <li>• 달성 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 필요</li> <li>• 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리</li> </ul> |
| <input type="checkbox"/> <b>추진체계</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 연구책임자는 유기적인 연구계획 수립 필요</li> <li>• 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함</li> <li>• 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요</li> <li>• 교통안전/교통류이론/도시/빅데이터 등의 관련 전문가 연계를 통한 협동연구 필요</li> <li>• 연구성과 검증을 위한 지속적인 전문가 자문 및 평가 추진</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>5. 최종 성과물</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고 고위험군 분류 체계 알고리즘</li> <li>• 영상 기반의 이상운전행동 감지 알고리즘</li> <li>• 위험행동발생 지역과 사고발생 지역간의 공간적 상관성 검증 기술</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| · 영상 기반의 Near-Miss 상황 검지 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>6. 활용방안 및 기대효과</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         |
| <input type="checkbox"/> 활용방안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 운전자의 행동특성 평가 기반의 사고위험 정보 서비스 개발 및 활용</li> <li>· 개별 운전자 및 차량 빅데이터에 기반한 교통사고 고위험군 분류 체계 기술 개발 및 활용</li> <li>· 이종 교통사고데이터의 수집/통합/가공을 통해서 인공지능 학습데이터로 활용</li> </ul>                |
| <input type="checkbox"/> 기대효과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 도로 기술 개발</li> <li>· 한국판 뉴딜정책의 일환으로 사회안전망 강화 및 안전한 교통환경 조성에 기여</li> <li>· 자율주행 차량 센서데이터 등을 활용한 사고위험 안전기술 개발을 통해서 자율주행 시대 교통안전 연구 방향성 제시</li> </ul> |
| <b>7. 연구기간 및 소요예산</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 총 연구개발기간 : 2022. 04 ~ 2027. 03 (5년)</li> <li>· 총 정부출연금 : 1,232백만원 이내</li> <li>- 1차년도 정부출연금 : 245백만원 이내</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>8. 기타</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 과제와 보안등급은 “일반/보안 과제”임</li> <li>· 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>· 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함</li> <li>- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음)</li> </ul> </li> <li>· 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시</li> <li>· 연구개발계획서에 세부기술간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시</li> </ul> </li> <li>※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시</li> </ul> </li> <li>· 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함</li> </ul> </li> <li>※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의</li> <li>· 근거자료로 활용</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                         |

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진 시 역할(자료기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구 개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

● [세부기술 1-3] 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성·판독성 향상기술 개발

[표 1-21] 세부기술 1-3 RFP

| 과제명              | 이용자 중심의 도로표지 성능평가 및 도로 시인성·판독성 향상기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발</li> <li>• 자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발</li> <li>• 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW 개발</li> <li>• 시인성 수준 검증을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발 및 평가</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| □ 연구개발의 필요성      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로표지의 시인성 및 판독성의 중요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로교통사고로 인한 사회적 비용은 23.7조원으로 연간 GDP의 1.45%에 해당되는 규모이며, 특히 야간 교통사고 사망률은 주간 대비 약 2배로 8.7조원의 사회적 비용이 발생</li> <li>- 특히, 악천후 시 일반사고에 비해 사망률이 두 배 이상 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 2012년 서울시를 기준으로 야간 우천시 교통사고는 3천여 건으로 평소보다 40% 증가</li> <li>- 7대 특·광역시 교통사고발생 건수에 비해 도로 조명설치가 부족한 지방지역에서 사망자수가 2.8배 이상 발생함</li> </ul> </li> <li>• 야간의 시인성과 운전자의 인지관계간의 상관성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Shinar, Rockwell 및 Malecki (1980)는 곡선의 속도에 대한 바깥차선의 시인성 개선 효과를 연구함</li> <li>- 연구 결과 바깥차선의 시인성 여부와 차량의 속도간의 상관성이 높다는 것을 검증</li> <li>- 이는 바깥차선의 야간시인성을 증가시키는 것은 곡선부에서 신뢰도를 증가시킨다고 할 수 있으며 따라서 이용자 중심의 도로/교통표지 시인성 향상이 교통 안전 증진에 큰 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사함</li> </ul> </li> <li>• 외부자극 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로교통 기술분야에서 기후환경에 대한 자극에 응답하여 도로정보를 빛 또는 색 변화로 실시간 시각화하여 주행안전성을 개선할 수 있는 첨단기술 수요 증가</li> <li>- 실시간 주행환경 시각화를 통한 사고위험 방지 및 야간이나 취약구간에서 도로 이</li> </ul> </li> </ul> |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <p>용자의 시선유도를 통해 보다 편안하고 안전한 주행여건을 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술 필요 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행기술의 안전성을 확보하기 위해서는 차선의 시인성능을 최소기준 이상으로 상시 유지할 필요가 있음</li> <li>- 이는 해당 기술이 운전자의 시인성 증대 뿐 아니라 향후 적용될 자율주행 자동차의 안전성을 위해서도 매우 중요한 기술이라는 것을 시사함</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>□ 기술동향</p>  | <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국가교통안전기본계획에서 교통안전 취약부문에 대한 안전관리 강화를 주요 정책 방향으로 하여 국내 교통안전 수준을 '26년 교통안전 선진국 진입을 위해 위험 도로 및 위험구간 맞춤형 시설 개선, 첨단기술 활용한 안전운전 유도, 고령 운전자 증가에 따른 안전정책 등을 위해 스마트 도로 인프라 구축을 본격화 하고 있음</li> <li>· 최근 교통·환경·안전 이슈를 포함한 '4차 산업혁명 대응계획'을 발표하여 지능형 교통체계 기반 스마트 도로 구축, 지능형 도로 표시판 도입으로 교통사고율 5% 감소, 자율차 집중 육성 등과 관련하여 도로 시설물 안전관리 강화 및 교통사고 예방을 위한 상당한 노력을 기울이고 있는 실정임</li> <li>· 교통사고 사회적 비용 연간 26조 5,725억원 (국가 예산의 9.7%) 로 연간 지속적으로 증가하고 있음&gt;(*물적·인적피해 사고비용은 증가 모두 증가추세)</li> <li>· 4차 산업혁명의 핵심기술로 교통안전분야에서 도로 기후환경에 자극을 받아 빛 방출, 색상이나 투명도 변화 등의 특성을 가지는 외부자극 감응 재료를 활용하여 도로정보 시각화 기술에 적용하는 사례가 증가함에 따라 새로운 응용에 대한 기술개발이 확대되는 추세</li> </ul> <p>〈국외 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미국 연방교통부 스마트 교통체계를 포함하는 도로교통 인프라 지원을 지원하고 있으며, 스마트 교통 체계 개선을 위해 'Smart city challenge'를 개최하여 교통수단, 온실가스, 스마트 가로등과 같은 교통시설, 자동화 셔틀 등 주요 문제점을 연구하여 위한 다양한 정책을 수립함</li> <li>· EU의 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 '30년까지 안전한 도로교통을 위한 기술개발 로드맵을 제시함</li> <li>· EU PROS 보고서에서는 교통안전이슈를 도출하여 도로상태 분석 및 경고하여 운전자의 운전주행을 유도하는 기술 개발을 위해 차선, 표지판 등의 도로시설물에 대해 도로환경을 바탕으로 새로운 개념의 디자인 도입을 요구하고 있음</li> </ul> |
| <p>3. 연구내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 및 교통표지 시인성 향상을 위한 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부자극 감응 자체 발광형 노면표시 재료 개발</li> <li>- 광자극 감응 재료를 활용한 자체 발광형 노면표시 제품 기술 개발</li> <li>- 자체 발광형 노면표시의 운전자 인지성능 향상 기술 개발</li> <li>- 자체 발광형 노면표시의 주행안전성 실증 테스트 기술 개발</li> </ul> </li> <li>· 도로 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW Program 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시인성 수준(Visibility Level) 정량화 방법론 개발</li> <li>- 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW Program 개발</li> <li>- 시인성 수준 검증 방법론 개발</li> </ul> </li> <li>· 시인성 취약구간을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시인성 증진을 위한 도로안전시설물 설치사례 검토</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시인성 취약구간 분석 및 개선방안 도출</li> <li>- 시인성을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발 및 평가</li> <li>• 도로안전 시설물 평가/관리를 위한 기술 개발</li> <li>- 다양한 도로 및 교통안전 시설물 평가 방법론 및 설치 기준 연구</li> <li>- 교통 안전 시설물의 안전성 향상 효과 평가 기술 개발</li> <li>- 데이터 기반의 교통안전시설물 관리 방안 개발</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>4. 연구 추진방법</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> 추진전략                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>• 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>• 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>• 세부기술 연차별 성과목표 및 성과 수준 등을 명확하게 제시</li> <li>• 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립</li> <li>• 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립</li> <li>• 세부기술별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신 기술 개발</li> <li>• 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진</li> <li>• 달성 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 필요</li> <li>• 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리</li> </ul> |
| <input type="checkbox"/> 추진체계                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 연구책임자는 유기적인 연구계획 수립 필요</li> <li>• 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함</li> <li>• 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요</li> <li>• 교통안전/교통류이론/도시/빅데이터 등의 관련 전문가 연계를 통한 협동연구 필요</li> <li>• 연구성과 검증을 위한 지속적인 전문가 자문 및 평가 추진</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>5. 최종 성과물</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국, 유럽 등 해외 선진국 수준의 야간 시인성 평가 매뉴얼 개발</li> <li>• 야간 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW Program 개발</li> <li>• 시인성 취약구간을 위한 도로안전시설물 조합제품 개발</li> <li>• 도로안전 시설물 평가관리 시스템 개발</li> </ul>                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>6. 활용방안 및 기대효과</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> 활용방안                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 외부자금 감응 요소기술의 새로운 패러다임 도출 및 주행환경 시뮬레이션을 통한 안전한 도로환경 조성에 기여</li> <li>• 미래형 교통기술 구현을 위한 자율주행 연계 차로 기술에 활용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <input type="checkbox"/> 기대효과                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 도로 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 한국판 뉴딜정책의 일환으로 사회안전망 강화 및 안전한 교통환경 조성에 기여</li> <li>· 도로 시인성 수준(Visibility Level)의 평가 SW 원천기술 확보</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 7. 연구기간 및 소요예산                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 총 연구개발기간 : 2022. 04 ~ 2027. 03 (5년)</li> <li>· 총 정부출연금 : 1,588백만원 이내</li> <li>- 1차년도 정부출연금 : 355백만원 이내</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8. 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임</li> <li>· 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>· 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※www.kaia.re.kr 열린정보, http://mdgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함</li> <li>- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함</li> </ul> </li> <li>※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음)</li> <li>· 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시</li> <li>· 연구개발계획서에 세부기술간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시</li> </ul> </li> <li>※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시</li> </ul> </li> <li>· 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함</li> </ul> </li> <li>※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 근거자료로 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>· 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진 시 역할(자료기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함</li> <li>· 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음</li> <li>- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구 개발계획서의 수정보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음</li> </ul> </li> </ul> |  |

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

● [세부기술 1-4] GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술개발

[표 1-22] 세부기술 1-4 RFP

| 과제명              | GIS 기반의 종합 도로안전 평가기술개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사고유형도로등급(고속도로, 국도, 시군도)·토지이용형태별(상업지, 주거지, 학교 등) 도로안전성 평가기술 개발</li> <li>· 간선도로/지방도로/도시부도로를 포함하는 모든 도로의 안전성 평가 방법론 개발</li> <li>· 인구/토지이용 특성 및 도로기하자료(교통주제도, 수치지도) 등 다양한 GIS 데이터를 통합한 도로안전 평가 모델 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 | <div> <div>□ 연구개발의 필요성</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국정과제인 ‘교통안전 선진화’ 및 ‘교통사고 사상자 줄이기 종합대책’에 따른 지속적인 정책 추진결과, 도로의 안전성은 지속적으로 향상</li> <li>· 교통사고는 주로 도시부에서 발생하나, 교통사고 취약구간 분석방법은 연속형 도로(지방부 간선도로, 고속도로 등)에만 적용 가능하여 효과적인 사고개선에 어려움</li> <li>· 고속국도 및 일반국도(지방부)는 안전도 평가를 통한 개선사업으로 사망사고가 감소 추세이나, 도시부 도로의 경우 평가방법 부재로 증가추세를 보임</li> <li>· 사망사고 추세(’11~’15) : (전체) -3.0%, (고속국도) -3.9%, (일반국도) -9.7%, (시군도) 1.7%</li> <li>· 고속도로 교통안전편람(한국도로공사, 2014)은 고속도로만 적용 가능하며, 도로안전성 분석기법 개발 연구(국토교통부, 2013) 및 도로위험도평가기법 개발 연구(국토교통부, 2014~2017)는 지방부의 일반국도만 적용 가능</li> <li>· 따라서, 도시부 도로에 적용 가능하며 도로의 연속성 및 주변의 공간적 특성을 고려할 수 있는 GIS 기반의 교통사고 취약구간 분석방법 개발 필요</li> <li>· 국민이 체감할 수 있는 도로안전정책 지원을 위해서는 도시부 도로의 안전성평가를 위한 가이드라인 및 도로 위험요소의 개선 필요</li> <li>· 교통사고는 주로 도시부에서 발생하나, 국내·외 교통사고 취약구간 선정방법은 지방부 간선도로 또는 고속도로 등 연속형 도로에만 적용 가능</li> <li>· 도시부에서는 활용할 수 없어 시군도·지방도에서의 사고 개선에 어려움</li> <li>· 개별 교통시설 위주의 교통안전 개선으로 풍선효과(교통사고가 전이되는 문제) 발생 등 교통사고 감소에 효율적이지 못함</li> <li>· 따라서, 도시부 도로에 적용 가능하며, 도로의 연속성 및 주변 공간적 특성을 고려할 수 있는 GIS기반의 도로안전 평가기법 개발 필요</li> </ul> </div> <div> <div>□ 기술동향</div> <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고속도로 교통안전편람(한국도로공사, ’14)은 고속도로만 적용 가능, 도로안전성 분석기법(국토교통부, ’13) 및 도로위험도평가기법(국토교통부, ’14~’17)은 지방부의 일반국도만 적용 가능</li> </ul> </div> |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 또한 동일한 구간 또는 교차로에서 발생하는 교통사고 건수를 바탕으로 교통사고 취약지점을 선정함으로써, 도로의 연속성을 반영하는데 한계 존재</li> <li>· 개별 교통시설 위주의 교통안전 개선으로 풍선효과(교통사고가 전이되는 문제) 발생 등 교통사고 감소에 효율적이지 못함</li> <li>· 따라서, 도시부 도로에 적용 가능하며, 국내 도로의 연속성 및 주변 공간적 특성을 고려할 수 있는 GIS기반의 도로안전 평가기법 개발 필요</li> </ul> <p>〈국외 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미국의 Sliding Moving Window, Peak Searching, Continuous Risk Profile 등의 경우에도 연속류인 간선도로 적용을 위해 개발되어 교차점이 많은 도시부 네트워크는 적용할 수 없는 한계 존재</li> <li>· 일본에서 공간분석 기법으로 개발된 NKDE(Network Kernel Density Estimation)는 도시부 교통사고 위험지역 분석에 응용가능하나, 국내 도시부 적용을 위해서는 도로등급간의 차이 반영을 위한 연구 수행 필요</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>3. 연구내용</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사고유형도로등급(고속도로, 국도, 시군도) 토지이용형태별(상업지, 주거지, 학교 등) 도로안전성 평가기술개발</li> <li>· 간선도로/지방도로 뿐 아니라 도시부도로를 포함하는 모든 도로의 안전성 평가 기술 개발</li> <li>· 인구/토지이용 특성 및 도로기하자료(교통주제도, 수치지도) 등 다양한 GIS 데이터를 통합한 도로안전 평가 모델 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>4. 연구 추진방법</b> | <div data-bbox="188 1182 335 1218">□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>· 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>· 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>· 세부기술 연차별 성과목표 및 성과 수준 등을 명확하게 제시</li> <li>· 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립</li> <li>· 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립</li> <li>· 세부기술별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발</li> <li>· 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보 추진</li> <li>· 달성 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 필요</li> <li>· 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리</li> </ul> <div data-bbox="188 1818 335 1854">□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 연구책임자는 유기적인 연구계획 수립 필요</li> <li>· 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함</li> <li>· 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 이 필요<br>• 교통안전/교통류이론/도시/빅데이터 등의 관련 전문가 연계를 통한 협동연구 필요<br>• 연구성과 검증을 위한 지속적인 전문가 자문 및 평가 추진                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                    |
| 5. 최종 성과물                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |
| • 다양한 공간정보 통합을 통한 도시부도로의 안전도 평가기법 개발<br>• 사고위험지역의 지점/경로/구역(점/선/면) 단위의 표출 방법론 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    |
| 6. 활용방안 및 기대효과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                    |
| □ 활용방안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | • 다양한 공간정보 융합을 통한 도시부도로의 안전도 평가기법 개발 및 활용<br>• 다양한 공간적 범위의 사고위험지역 표출 방법론 개발 및 활용                                                   |
| □ 기대효과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | • 교통사고 예방 및 도로안전 기술 고도화를 위한 핵심 도로 기술 개발<br>• 한국판 뉴딜정책의 일환으로 사회안전망 강화 및 안전한 교통환경 조성에 기여<br>• 다양한 공간정보 융합을 통한 도시부도로 안전도 평가기법 원천기술 확보 |
| 7. 연구기간 및 소요예산                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                    |
| • 총 연구개발기간 : 2022. 04 ~ 2027. 03 (5년)<br>• 총 정부출연금 : 1,382백만원 이내<br>- 1차년도 정부출연금 : 114백만원 이내                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                    |
| 8. 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                    |
| • 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임<br>• 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함<br>• 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조)<br>- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함<br>- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함<br>※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음)<br>• 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시<br>• 연구개발계획서에 세부기술간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시<br>- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시<br>※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성<br>- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시<br>• 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 |                                                                                                                                    |

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의

- 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진 시 역할(자료기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구 개발계획서의 수정보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

## II. 도로 수재해 예측-저감-대응

### 1. 연구배경 및 필요성

#### 1-1. 연구배경 및 필요성

##### ■ 수재해 빈도 및 규모 증가

- 국제기후변화 관련기구가 제시한 연구에 따르면 우리나라는 2100년까지 매년 평균강수량이 1.79mm 씩 증가하여 90년 동안 약 160mm이상이 증가할 것으로 분석되고, 사회구조가 복잡해지고 기술이 고도로 발달하면서 재난은 연쇄성이 있어 복합재난의 발생 가능성이 높아지고 있는 것으로 보고되고 있음 (재난 안전 2013, 제15권 1호)
- 현재 급격한 기후변화로 인해 1997년부터 2018년까지 행정안전부 (2018년도) 자료에 의하면 피해액은 23조 5천억, 인명피해는 1,411명으로 보고되고 있으며, 이 중 산지재해(산사태 및 토석류 등)로 인한 피해는 1조 6천 7백억(e-나라지표)으로 보고되고 있음
- 2020년 기준으로 우리나라의 총 R&D 예산은 24.1조원으로 예전에 비하여 증가하고 있지만, 재난 안전관련 R&D는 1.31조원(국회예산정책처 2020년도 예산안 총괄분석II, 2019)으로 이를 통해 재난대응 분야에 급경사지 등 재해위험지구의 위험징후를 조기에 발견할 수 있도록 하는 데 주안점을 두고, 이를 위해 2022년까지 전국 510곳에 사물인터넷 기반 조기경보시스템을 설치할 방침임 (정보통신신문(<http://www.koit.co.kr>))
- 하지만, 이는 기후변화로 인한 국지성 호우 및 태풍에 의한 산사태/토석류의 발생에 대한 실질적인 예측을 통한 사전 안전확보를 위한 기술이기 보다는 모니터링에 초점이 맞추어져 있어, 재해가 발생하는 시점에 있어 대피 등을 위한 골든타임을 확보가 미흡할 수 있는 단점이 존재. 중장기적으로 이에 대한 기술 개발을 통해 사전에 산사태/토석류 등이 발생할 수 있는 정보를 예측할 수 있는 시스템이 필요하며, 특히 도로주변에서 발생할 수 있는 토사재해에 대한 사전 대응기술이 필요함

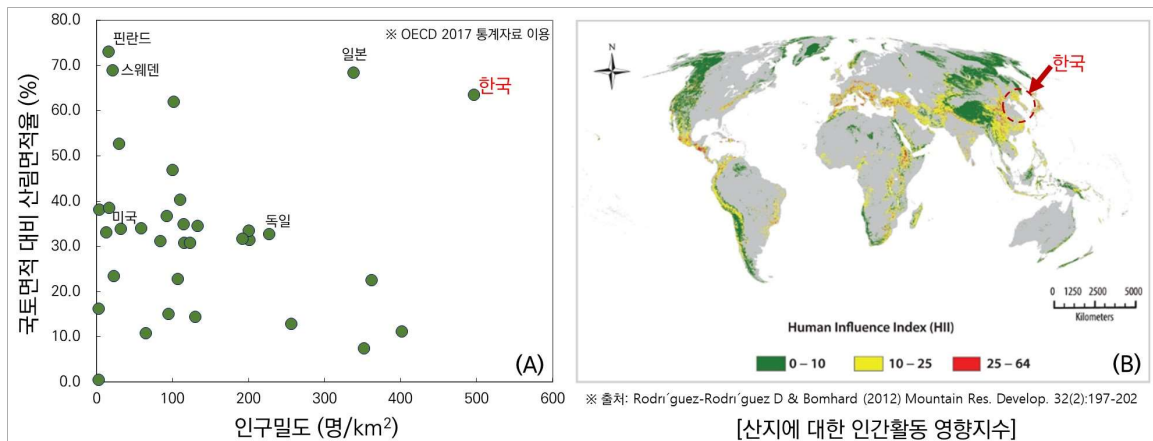
- 우리나라는 집중호우, 태풍 등 기상이변의 발생횟수와 규모가 증가함에 따라 낙석, 산사태 및 토석류 등과 같은 급경사지의 붕괴로 인하여 많은 인명 및 재산 피해가 동반되고 매년 재발 빈도도 증가하고 있어 도시계획적 해결방안과 실효성 있는 방재대책에 대한 요구가 증가하고 있음
- 도로 주변 산지비탈면의 안정성 평가 없이 무분별한 개발허가로 피해를 가중시키는 사례가 많으므로 「국토계획법」, 「산림보호법」, 「급경사지 재해예방에 관한 법률」, 「자연재해대책법」, 「건축법」 등의 지침 및 규정에 따라 산림 인접부 개발에 따른 영향 및 관련 재해의 위험도에 대한 정밀한 평가가 필요하지만, 관리주체의 성격 때문에 이에 대한 주체별 대응 방안이 필요
- 우리나라의 경우 몬순기후대의 영향으로 인한 태풍피해로 2002년도 태풍 루사로 인한 피해 복구비는 9.05조원, 2003년도 태풍 매미로 인해 6.74조원으로 보고되고 있으며, 2006년도에는 집중호우로 인해 3조 6천5백억의 복구비를 보이는 것으로 나타나고 있으며, 더욱이 2011년도에는 서울 우면산 도심지 한가운데서 산사태의 전이로 인한 토석류의 발생으로 인해 다수의 인명피해가 발생
- 또한, 2020년 전국적으로 기록한 장마와 태풍으로 인해 산사태로 인한 피해액(산림청 기준)은 약 1천억으로 보고되고 있으며, 이런 기후변화로 인해 전국토의 65%이상이 산지로 이루어진 우리나라의 산사태 및 토석류와 같은 자연재해에 의한 피해는 더 늘어날 것으로 전망하고 있음
- 산지와 도심지가 만나는 지역까지 도시가 확산되고, 이는 주변에 인간 활동의 편의성을 위해 도로 등 SOC 시설이 계획되며, 우리나라와 같이 산지가 발달된 지역은 대부분의 계곡부가 노출된 상황으로 소규모 계곡에서 발생하는 산사태, 토석류, 비탈면 붕괴 등은 인명 및 재산 피해의 가능성을 내포
- 토사재해 예방을 위한 도시계획은 토사재해의 위험등급이나 도시규모와 유형, 토지이용 특성, 도시 유형 등 도시 여건에 따라 종합적 측면에서 대응방안을 수립이 필요하다고 전언하고 있으며, 더욱이 국토연구원 자료(2016, 국토정책)에 의하면 토사재해 대책이 도시계획 측면에서 효율성을 발휘하기 위해서는 토사재해 위험등급 구분과 토지이용규제 및 방재시설, 설계적 수단을 연계하는 것이 중요하며 도심지 토사재해 중점관리대상지역을 점차 확대하고 중앙정부 차원의 지속적인 지원과 관리가 필요하다고 보도하고 있음



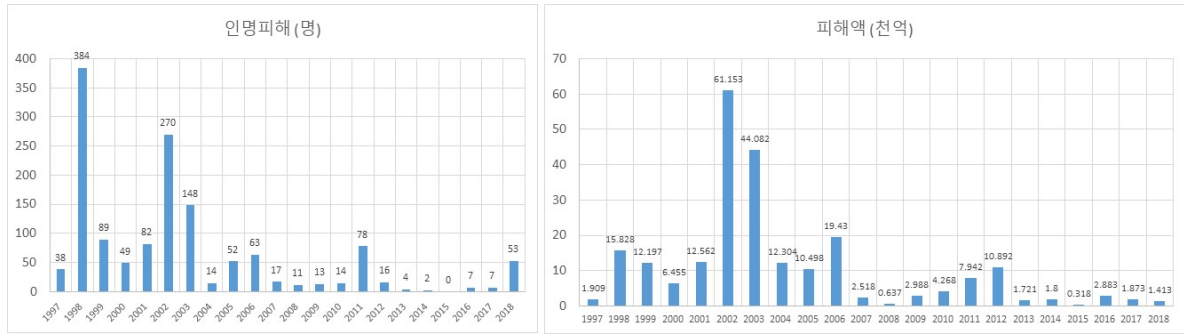
[그림 II-1] 우면산 산사태 (연합뉴스, 2011.07.27.), 광화문 광장 침수 (2018.08.28)

## ■ 산사태 및 토석류에 의한 도로 및 장대터널 주변 토사재해의 증가

- 우리나라는 국토면적 대비 산림면적율이 63.4%로 국토의 가용면적이 작고, 인구밀도가 높기 때문에 산지의 타용도 전용에 대한 수요가 매우 크며, 이로 인해 「산림의 보전」적 입장과 「산지의 이용」적 입장 사이의 갈등이 발생, 심화되고 있음
- 특히 OECD 국가의 산림면적율과 인구밀도를 비교하면(하단 그림) 우리나라는 세계적으로 산림 면적대비 인구밀도가 모두 매우 높고, 이러한 여건으로 인해 산지에 대한 인간활동(개발)의 영향지수도 높음
- 최근 기후변화에 따른 태풍 및 국지성 집중호우의 빈발로 인해 도로 인근 산림지역에서 발생하는 산사태 및 토석류로 인해 도로 통행차단, 인명피해, 가옥과 도로 및 시설물 유실 등 많은 피해를 유발하여 사회, 경제적으로 심각한 손실을 초래

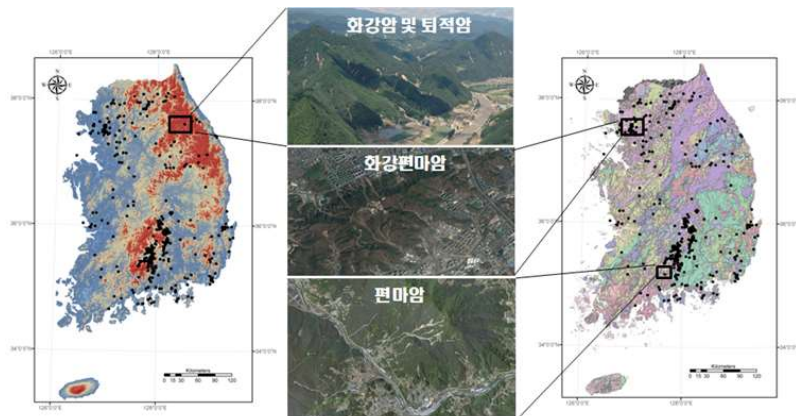


[그림 II-2] OECD국가의 산림면적율과 인구밀도 비교(A) 및 산지에 대한 인간활동 영향지수(B)



[그림 II-3] 국내 1997년부터 2018년까지의 재해에 따른 인명피해 및 피해액

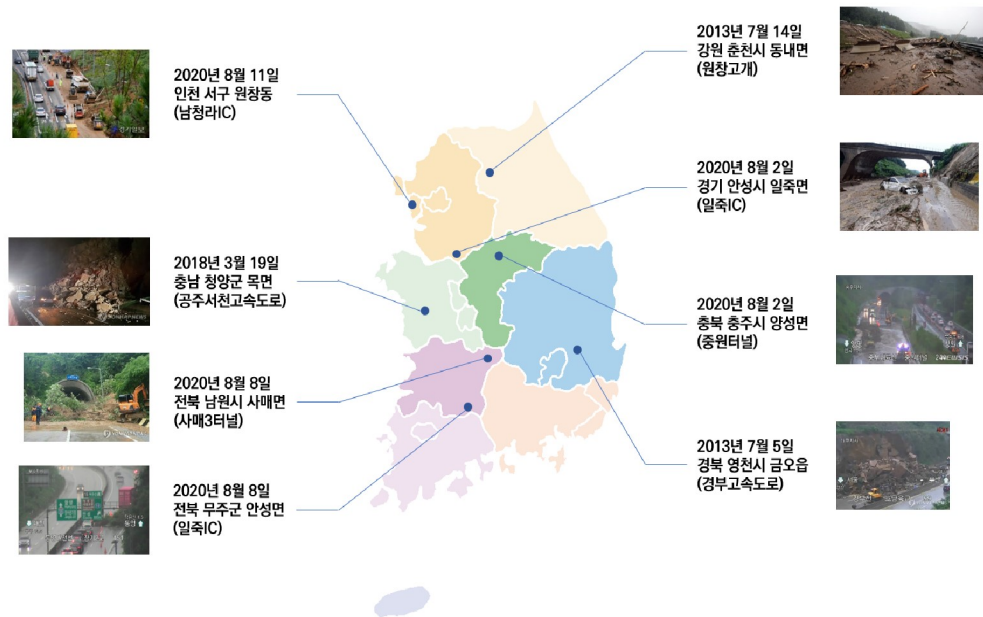
- 우리나라는 전국토의 64%를 산림이 차지하고 있어 도로 개설시 산림이 다수 편입되고, 도로변 산림의 인공절개사면 및 계곡부가 늘어남에 따라 집중호우 시 산사태 및 토석류에 의한 피해 발생 예측과 대비가 더욱 중요해지고 있는 실정임
- 우리나라는 다양한 지질조건으로 인해 그 피해가 발생하고 있지만, 이런 지질학적인 조건에 의한 영향에 의한 산사태와의 상관관계에 대한 연구가 미흡하며, 최근에 들어 지질학조건에 의한 지표하 수문현상의 변화에 따른 조건을 반영한 연구가 진행 중임



[그림 II-4] 우리나라의 다양한 지질조건에 따른 산사태/토석류 피해의 예

- 특히, 지질조건에 의해 토양심도의 분포가 상대적으로 틀려지며, 우리나라 산사태는 일반적으로 토양층과 기반암면에서 발생하는 표층붕괴로 보고되고 있으며, 이와 더불어 암반이 노출되어 있는 부분은 지하수의 급격한 상승으로 인해 산사태가 발생하는 심층붕괴형태임
- 하지만, 위에서 설명한 것처럼 지하수와 붕괴된 물질이 섞여 만들어진 토석류에 의해 심각한 피해를 받는 것으로 보고되고 있음

## 고속도로변 산사태에 따른 주요 피해 사례



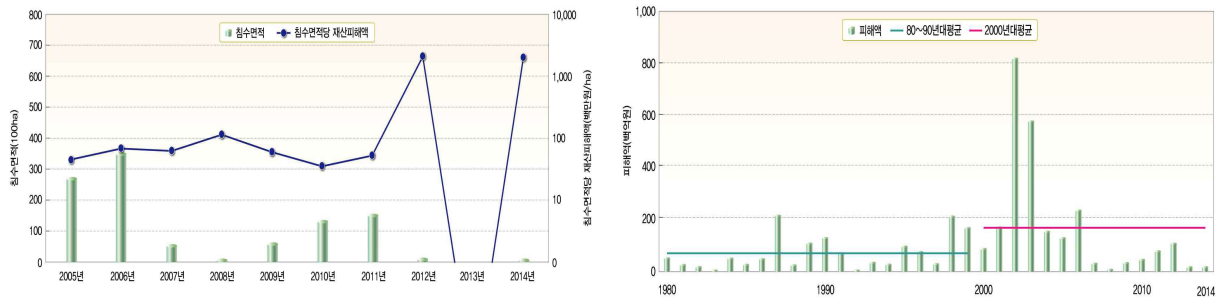
[그림 II-5] 국내 최근 도로변 및 장대터널 주변 산사태/토석류 피해의 예

- 도로 재난재해는 점차 복잡해지며 대형화될 전망으로 이에 따른 재난유형, 발생지역 및 도로 인프라의 특성별에 따른 위험 및 영향 예측도 향상을 통해 이를 기반으로 피해저감-대응-복구-유지관리 기술개발 필요

### ■ 집중호우 증가에 따른 침수 빈도 및 규모 증가

- (전지구) 지난 25년간(1985~2010) 총 3,713회, 연평균 66백만명이 홍수피해를 겪었으며, 2000년대 이후 기후변화의 영향으로 홍수피해의 규모와 피해는 국가의 기반을 위협할 정도로 극심
- (태국) 2011년 11월 몬순 및 태풍의 영향으로 차오프라강이 범람하여 국토의 약 70%가 침수되어 약 400명이 사망하고 11만명이 피난하는 피해가 발생하였음
- (필리핀) 2013년 11월 슈퍼태풍 ‘하이옌’이 타플로반 일대에 상륙하여 6,200여명이 사망하고 2,000여명이 실종되는 피해가 발생하였음
- (유럽) 2014년 5월 발칸반도 보스니아와 세르비아 등에 120년 만의 폭우가 내려 30여명이 사망하고 100만명의 이재민이 발생하였음
- (중국) 2016년 6월 중국 남부지역에 집중호우가 발생하여 25명이 사망하고 3만2천 여명의 이재민이 발생하였음

- 최근 10년간 우리나라 연평균 자연재해 피해는 사망·실종 16명/년, 피해액 6,308억원/년 발생, 태풍·호우 등 홍수로 인한 재해는 전체 자연재해 피해액의 89% 차지하고 있음
- 정부의 지속적인 투자로 양적인 피해규모(침수면적)와 인명피해는 줄고 있으나, 질적인 피해규모(재산피해)는 급증하는 추세임



[그림 11-6] 침수면적당 재산피해 규모와 국내 연도별 홍수피해 추이

- 특히, 2020년 여름은 집중호우로 인해 동남아시아 국가들을 비롯한 중국과 일본 그리고 우리나라에 대규모 홍수피해가 발생한 바 있음
- (중국) 중국남부에서 시작된 폭우가 중부지역과 북부지역까지 확장되어 장시성, 안후이성, 구이저우성, 후베이성 등 중국 중남부 일대에 막대한 홍수피해가 발생하여 5,500만 명의 이재민이 발생하였고 24조 6,700억 원 이상의 피해가 발생하였음에 이르는 것으로 파악 되었음<sup>1)</sup>
- (일본) 레이와(令和) 2년 7월 호우로 명명된 집중호우로 인해 큐슈지역에서 1,000mm, 킨키지방에도 900mm 이상 기록되었으며 하천범람, 산사태, 침수 등의 피해가 발생하여 73명(사망 54명, 행방불명 19명)의 인명피해가 발생하였음
- (국내 부산) 국내의 경우 부산지역은 7월 23~24일간 시간당 최대 87mm의 강수량을 기록했으며, 농경지 침수 외에, 남구, 동구, 부산진구, 동래구, 북구, 연제구, 해운대구 등에서 지하차도, 주차장, 도로 등이 침수되고, 초량 제1지하차도에서 급격히 유입된 빗물로 인해 3명의 인명피해 발생하였음<sup>2)</sup>
- (국내 서울) 8월 1일에는 상습 침수구역인 서울 강남역 인근 하수도가 역류하여 강남역 일대가 침수되고 관악구 도림천이 범람해 1명의 인명피해가 발생하였음<sup>3)</sup>
- (국내 천안) 8월 3일에는 KTX 천안아산역 인근 지하차도 침수, 아산시 온양여고 인근과 신정호 주변 염치읍내 등 아산 시내 모든 지하차도가 침수되었으며, 탕정면에서는 집중 호우 중 맨홀에서 작업중이던 작업자 1명이 숨지고, 송악면 유곡리 인근 하천에서는 급류에 휩쓸려 2명의 인명피해가 발생하였음<sup>4)</sup>

1) 한겨레 인터넷 신문([http://www.hani.co.kr/arti/international/international\\_general/955655.html](http://www.hani.co.kr/arti/international/international_general/955655.html)), 검색일 2020. 8. 8

2) 국민일보 인터넷 기사([http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0014835983&code=611212\\_11&sid1=al](http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0014835983&code=611212_11&sid1=al)), 검색일 2020. 8. 19

3) 경향신문 인터넷 기사([http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=20200802132\\_7001&code=940100](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=20200802132_7001&code=940100)), 검색일 2020. 8. 19

- (국내 전남) 8월 8일에는 전남 광주 북구와 광산구 일대 도시지역과 전남 담양군과 화순군 일대의 농경지 침수피해가 발생하였으며, 지하공간이 침수되고, 급류와 산사태로 인해 12명의 인명피해가 발생하였음<sup>5)</sup>



[그림 II-7] 중국 장시성 홍수발생 모습과 일본 홍수피해 모습

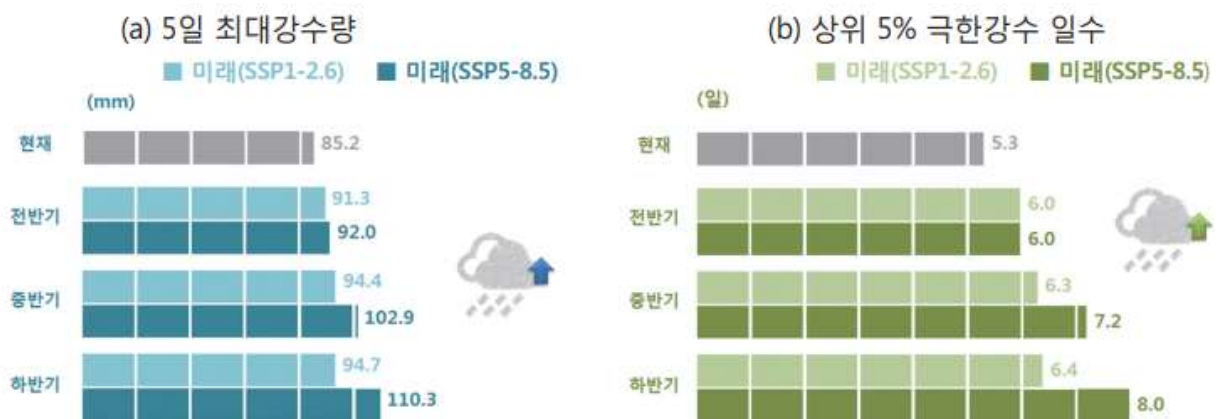


[그림 II-8] 2020년 여름 장마 기간 주요 홍수피해 현황

4) 중앙일보 인터넷 기사(<https://news.joins.com/article/23839805>), 검색일 2020. 8. 19

5) 연합뉴스 인터넷 기사(<https://www.yna.co.kr/view/AKR20200808038151054?input=1195m>), 검색일 2020. 8. 19

- 기후변화에 의해 지금까지 경험해보지 못한 장마기간의 변동, 극한 호우사상, 강수일수 등의 이상 기상현상이 더욱 빈번히, 강하게 발생될 것으로 전망되고 있음
  - 국립기상과학원에서 발표한 바에 의하면 IPCC의 신규 온실가스 변화 경로(Shared Socioeconomic Pathway, SSP)에 따라 산출한 새로운 기후변화 시나리오 결과에 의하면, 미래에는 현재보다 강하고 많은 비가 내릴 것으로 전망하였음
  - 5일 최대 강수량과 상위 5% 극한 강수일수는 21세기 말을 기준으로 SSP5-8.5 시나리오<sup>6)</sup>에서 현재 85.2mm에서 110.3mm로, 85.2mm에서 8.0일로 증가하는 것으로 전망됨



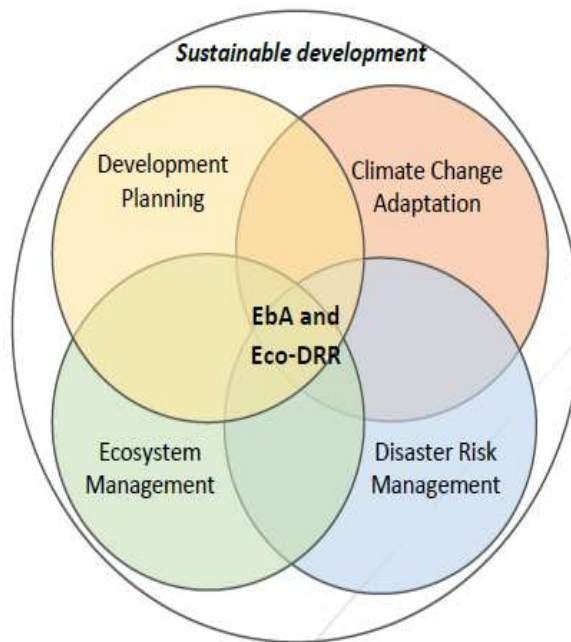
[그림 11-9] 현재 및 미래 각 기간별 5일 최대강수량(mm)과 상위 5% 극한강수 일수(일)의 변화

- 국내의 홍수관리는 하천과 내수침수로 구분되어 다양한 법률과 법정계획에 의해 관리되고 있으나 실제 도시지역에 침수 피해가 발생할 경우 가장 먼저 그리고 직접적으로 피해를 받는 도로와 지하차도는 효과적인 관리체계와 대응 운영시스템이 없는 것으로 파악됨
- 따라서 사전에 도로와 지하차도에 침수상황을 모니터링하고 침수예측정보에 기반한 선제적 대응을 위한 도로·지하차도 통합관리시스템 구축을 위한 연구가 시급함
- 홍수피해 저감을 위한 생태적 자연재해 저감방안 기술 도입 필요
  - 홍수 재해 저감을 위하여 저영향개발기법(LID: Low Impact Development) 기법 적용 기술이 증가하고 있음. 저영향개발기법은 자연의 물순환에 미치는 영향을 최소화 하여 개발하는 것을 의미
  - 2018년 물환경보전법 개정에 따라 기존 신규도로에서 공용중인 도로까지 비점오염저감시설의 설치가 의무화되었음. 물순환 및 비점저감을 위한 시장수요를 분석하여 도로 LID 체계를 구축하는 연구 추진하고 있음(KICT, 2018)
  - 도로 LID란 나무여과상자, 빗물정원, 식물재배화분, 식쟁체류지, 침투도랑, 식생수로,

6) 기후정책 부재, 화석연료 기반 성장과 높은 인적 투자로 기후변화 적응능력은 좋지만 완화능력이 낮은 사회경제 구조의 고탄소 시나리오

투수성 포장 등 도로 및 도로부속시설에 적용되어 도로의 불투수층으로 인하여 발생하는 악영향을 최소화하는 기술임

- 하지만 LID 기술은 비점오염원과 초기 우수를 저감하여 수생태계 영향을 최소화 하는 것을 목표로 하고 있기 때문에 집중호우 시 홍수 재해 저감 역할은 크지 않음
- 최근 생태적 접근(EbA: Ecosystem-based approaches)와 생태적 재해 저감(Eco-DRR: Ecosystem-based disaster risk reduction)개념을 사용하기 시작
- 생태적 재해 저감은 생태계를 지속가능하게 관리, 보전, 복원하여 위해성(disaster risk)을 완화하고 생계 회복력(livelihood)을 높여 재난 (hazards) 위험을 감소시키는 서비스를 제공하는 것<sup>7)</sup>
- LID 기술에 한단계 더 나아가 재해 저감을 위한 생태적인 도로 설계 기법 제안 가능



[그림 II-10] EbA(Ecosystem-based approaches) 와 Eco-DRR의 개념 (2018)

- 도로건설 시에 환경친화적인 LID기법과 생태적 재해 저감 개념을 도입하여 홍수 피해 저감 시도 필요

7)

<https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/environment-and-disasters/about-ecosystem-based-disaster-risk-reduction-eco-drr>

## 2. 국내외 현황조사

### 2-1. 국내외 정책동향

#### 2-1-1. 산사태 및 토석류 재해 대응

- [국내] 현재 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체계 구축과 통합적재난관리체계구축 등 국민안전과 생명에 대한 안신사회 구축이 국정전략으로 보고되고 있으며, 국가재난관리에 대한 역량을 강화하여 국민 불안감해소 및 사회적 논란을 최소화하기 위한 정책 추진 중
- 토사재해와 관련된 국내 법령을 보면 산지 및 사면관리, 안전관리 및 풍수해, 방재시설, 공공 시설, 도시계획·개발·건축 등 다양한 내용에 걸쳐 구성되어 있으며, 담당부서 또한 재해 담당 부서인 행정안전부 외에도 국토교통부, 해양수산부, 산림청, 환경부 등 다양한 부서를 포함하고 있음
  - (국토교통부) 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제37조에 근거하여 방재지구를 지정함으로써 산사태로 인해 건축 및 인명피해가 우려되는 건축물을 불허하는 등의 행위제한을 하고 있으며, 「도시개발법」 제10조에서 계획수립 시 기초조사 내용에 산사태 및 지반붕괴 이력의 조사를 명시하고 있으며, 도로법 제8조에 의한 고속도로, 일반도로 경계구역 내 예방사업을 통해 도로 경계구역 내의 절토사면 및 토석류 위험구간에 대한 예방 및 복구시설 시공하도록 명시하고 있음
  - (행정안전부) 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제13조 및 「자연재해대책법」 제12조에 고시한 ‘풍수해저감종합계획’ 세부 수립기준을 근거로 사면재해위험지구를 선정하여 관리하고 있으며, 도로법상 국도 및 시특별시 대상 도로를 제외한 지방도, 군도, 농어촌도로 등의 급경사지 관리를 시행 중임
  - (산림청) 「산림보호법」, 「사방사업법」 등 법·제도적 장치를 마련하였으며 특히, 2011년 서울시 우면산 산사태를 계기로 2012년 「산림보호법」 제45조의8을 개정해 이어 2013년부터 ‘산사태 취약지역’을 지정하여 산림에 대한 유역단위 산사태 예방 대응 및 복구체계 구축하고 있으며, 우리나라의 토사재해에 대한 법령을 내리고 있음
  - 이를 위해 산사태취약지역(산림청), 급경사지 붕괴 위험지역(행정안전부) 등에서 고시를 통해 다양한 형태의 강우에 의한 재해를 저감하기 위해 정비사업 등을 실시하여 이에 대한 대응을 하고 있음
    - 예를 들어, 우리나라의 지형특성상 도로와 철도 등 사회기반시설 건설 시 다수의 비탈면이 생성되므로 국토교통부는 전문기관(한국건설기술연구원, 한국시설안전공단)에 위탁하여 도로비탈면 관리시스템을 운영 중<sup>8)</sup>

8) 이종건, 강창규, 류호상, ‘일반국도 비탈면 현황도 관리시스템 구축방안’, 2017 대한토목학회 정기학술대회. 2017.; 국토교통부 보도자료, 국토부, 지방도에도 도로비탈면관리시스템 도입한다, 2019.1.30.

- 비탈면은 붕괴 시 국민에게 직접적인 피해를 끼칠 수 있는 도로시설물 중 하나이며, 기타 시설물과 달리 자연적 재료로 이루어져, 상대적으로 체계적 관리가 어려움
- 이에 국토교통부는 「도로절토사면유지관리지침(2013)」, 「도로비탈면 유지관리실무매뉴얼(2011, 2018 개정)」을 발행하여 도로비탈면의 체계적인 유지관리를 지원하고 도로비탈면 유지관리시스템(CSMS)을 위탁운영

\* 도로비탈면유지관리시스템은 선진국형 비탈면 유지관리 기법을 개발, 적용하여 위험비탈면에 대한 효율적인 대책방안을 강구, 비탈면 붕괴를 사전에 차단하여 도로이용자들에게 피해가 발생하지 않도록 하기 위함

[표 II-1] 위탁기관별 국토관리사무소(지방자치단체) 관리현황

| 구분   | 한국건설기술연구원      |                               | 한국시설안전공단           |        |
|------|----------------|-------------------------------|--------------------|--------|
|      | 국토교통부          | 지방자치단체                        | 국토교통부              | 지방자치단체 |
| 경기지역 | 수원, 의정부        | 경기도                           | -                  | -      |
| 강원지역 | 홍천, 정선, 강릉     | 강원 본소, 강원 북부지소, 강원 태백지소, 강릉지소 | -                  | -      |
| 충청지역 | 논산, 충주, 보은, 예산 | 충북, 충남                        | -                  | -      |
| 전라지역 | -              | -                             | 광주, 전주, 남원, 순천     | 전북, 전남 |
| 경상지역 | -              | -                             | 대구, 포항, 진주, 영주, 진영 | 경북, 경남 |

[자료] 국토교통부, 도로비탈면 유지관리 실무매뉴얼, 2018.12.

- 일반국도 사면은 5개 등급으로 분류하여 관리되며, 암절리, 풍화도, 지하수 등 붕괴요인이 없는 I, II등급은 60%, 붕괴요인에 대한 장기계획이 필요한 III등급 이하는 40%

## ■ [미국] 재해관련법령은 5개 법률이 기본법적 성격을 가지고 재난 및 안전관리에 적용

- 재난 및 안전관리에 대해 Robert T. Stafford 재난구호 및 긴급상황 지원법, 재난피해저감법('00), 국토안보법('02), 애국법, 카트리나 이후 긴급상황 관리개선법('06) 개정
  - 재난관리 관련법령은 Stafford 법령(The Robert T. Stafford Disaster Assistance and Emergency Relief Act)에 근거하여 입법/시행되고 있으며, Stafford 법령은 재난 관련 용어의 정의로부터 중앙 및 지방정부의 재난준비 지원, 주요 재난의 지원 및 관리, 재난 지원 프로그램 등, 중앙정부 및 지방 정부 활동의 기본방향과 절차를 규정하고 있음
- 재난과 관련된 정책의 경우 재난관리 전담기관인 연방재난관리청(FEMA)이 운영되고 있으며, 피해경감(Mitigation), 대비(Preparedness), 대응(Response) 및 복구(Recovery)영역에서 그 권한을 행사하고 핵심적인 역할을 수행함
- 연방재난관리청(FEMA)은 자연재난 및 인위적 재난을 포함한 비상사태시 인명과 재산피해를 최소화하기 위하여 1979년에 설립된 대통령 직속의 재해 및 재난관리 전담기관으로 주요업무는 재해 및 재난 및 비상사태와 관련되는 제반 기획, 대비훈련, 피해경감, 대응 및 복구지원 등과 같은 업무를 관장하고, 지방정부와 긴밀한 협조아래 재해 및 재난발생 시 기술적 지원과 교육,

FRP(연방긴급대응계획)를 통한 연방정부차원의 지원 조정 등을 수행하며, 위험 기반(Risk-Based) 재난 관리 프로그램을 통해 국가와 국민을 이끌고 지원함으로써 생명과 재산의 손실을 줄이고 주요 기간시설을 보호함

- 대규모 재난(자연재해 또는 인재 등) 발생 시 주정부 EOC(Emergency Operation Center)가 연방정부 및 지방정부와의 협력체계 아래 전사적 대응시스템(National Incident Management System 2008)을 운영하며, 재난대비체계에 테러 등 국가안보개념을 포함하여 운용하고 있으며 지진, 허리케인, 홍수 등 자연재해를 대상으로 재난관리용 통신시스템(AMSC SkyCell 시스템, 이동위성 통신 시스템) 및 GIS 기반 재난관리시스템(Hazus-MH) 등을 기술대안으로 활용
- 여기서, 중요한 점은 각 주에는 비상사태운영센터를 설치, 연방·주정부 재해대책 담당자와 커뮤니케이션 가능하며, 정보공유는 FEMA ‘커뮤니케이션 허브’ 형태로 추진되고, 각 센터는 재해대책포털(Disasterhelp.gov, FEMA 운영)을 통해 주정부·지자체 등과 정보를 전달, 공유하며 이를 토대로 대응체계를 정비함
- 현재 재해대책에서 IT는 사전에 확립된 체계에 따라 기관 간 협력·커뮤니케이션, 그리고 재해 복구 지원을 순조롭게 처리하기 위한 툴로 활용되고 있으며, 정보기술혁신재단(ITIF, Information Technology and Innovation Foundation), 지능형교통 시스템 투자 확장 제안하였으며, 향후 IT 활용도를 한층 더 높여 위기관리 의사결정이나 계획을 입안 할 수 있는 ‘워크플로우 인텔리전스 시스템’을 구축할 계획
- 재난 역량 강화를 위한 과학기술혁신 정책 강화로 미국경쟁력 강화법(‘07.8)과 오바마 정부의 포괄적 과학기술혁신정책인 ‘국가혁신전략’(09.9)에 기초하여 과학기술정책을 전개함하고, 미국경쟁력강화법(America COMPETES Act)은 신흥국의 급속한 발전과 세계적인 경쟁 격화로 민관이 경쟁력강화 필요성을 인식한 가운데 산업계와 학계가 지속적으로 경쟁력 강화를 제안. 이를 계기로 '06년 부시대통령이 ‘미국경쟁력구상’을 발표했고, 이를 바탕으로 제정
  - (미국경쟁력강화법 주요 내용) ① 기초연구 중점기관인 국립과학재단(NSF), 국립과학기술 표준원(NIST) 산하 연구소, 에너지부 과학국(DOE OS)의 예산증액, ② 과학 기술 공학 수학(STEM) 교육 강화, ③ 에너지부 산하 에너지 고등연구계획국 (ARPA-E)신설, ④ 미래과학기술 인력 육성을 위한 대학교육 연구 지원 강화, ⑤ 대통령 직속의 혁신경쟁력자문회의 신설
- 재난에 대비하여 “재난 및 안전관리기술개발 종합계획(2007)”을 수립하였고, 미래재해위험 감소를 위한 6대 정책 방향에 대한 국가과학기술위원회 (NSTC) 산하재해저감위원회(SDR, Subcommittee on Disaster Reduction)의 제안 계획하였으며, 6대 정책방향으로 1)자연 및 인적재난 기술의 테러예방 활용, 2)재해정보 수립과 예측역량강화, 3)위험평가모델개발 및

의사결정 지원시스템 연계, 4)Hazard 연구의 신속한 현업화, 5)저감기술활동 및 인센티브 증대, 6)위험의사소통 역량, 공공경보시스템 기법 강화

■ [일본] 재해대책기본법을 재해대책 관련 최상위법으로 1961년에 제정하여, 국가·지방공공단체 및 공공기관의 방재역할을 명시하여 방재 관련 책임소재를 명확히 하고 방재계획의 작성, 재해예방, 재해응급대책, 재해복구·방재관련 금융조치 등 재해대책의 핵심사항을 규정

- 재해 및 재난관리 관련법 : 지진, 화재, 인위적 사고 등에 대비한 재해대책기본법, 무력 공격이나 대규모 테러 등의 무력공격사태대처법, 재난발생 시 국가 및 지방자치단체 통합대응을 규정한 국민보호법(2004) 등 운영
- 토사재해경계구역 등에 있어서의 토사재해방지대책의 추진에 관한 법률」(‘00.5)이 제정되어 일본의 사면재해 관련 법률은 사방법, 지활지 등 방지법, 급경사지 붕괴에 의한 재해방지법, 토사재해방지법 등이 존재하며 구체적인 수행계획을 수립함
- 풍수해대책으로 2001년 “토사재해 방지대책 추진에 관한 법률” 제정 시행됨과 동시에 하천홍수에보시스템 확충을 위한 수방법(2001) 개정 시행하였고, “지리공간정보활용 추진 기본법(2007년 8월)” 제정을 통한 GIS사업의 체계적 추진

■ [홍콩] 정부산하 지반부(GEO) 부서에서 홍콩 전역의 사면을 정보화하여 관리하고 있으며, 토석류 위험 재해 지도의 작성을 시행함

■ [유럽] (EU) 혁신 전략인 ‘유럽 2020’을 중심으로 ‘혁신공동체(Innovation Union)’ 등을 중점적으로 추진

- ‘유럽 2020’은 향후 10년간 EU가 실천해야 하는 스마트하고, 지속가능하며, 포괄적인 경제 성장을 위한 전략으로 7대 중점 추진책(Flagship Initiatives)을 중심으로 추진
- EU 가맹국간 인프라 구축 및 공간·지리데이터 공유를 위한 “INSPIRE”(INfrastructure for SPatial InfoRmation) 추진함으로써 정보사회프로젝트 INSPIRE(INfrastructure for SPatial InfoRmation), EU 가맹국간 공간·지리데이터 공유, 상호 운용성 확보를 위한 인프라 구축과 사회기반 시설물의 헬스모니터링 및 관련 분야 투자 계획인 EU 7th Framework Program (2007-2013)을 추진
- 신 리스본 전략(Renewed Lisbon Strategy) 수립과 “SafeLand” 프로젝트 : 유럽 전역의 산사태 저감 R&D 연구 공동 수행

■ [영국] 주요 재해관련법으로 비상대비 시민보호법 1·2부(비상대비법, Civil Contingencies Act 2004)이 제정되었으며, 관련기관의 특성에 따라 일반비상계획(Generic plans)과 특별비상계획 (Specific plans)을 마련

- (일반비상계획) 위기재난 발생에 대하여 재난관리 책임기관으로 하여금 대응하고 복구 대응 및 비상대비와 관련하여 지방 차원에서의 시민보호와 관련된 법조항을 포함할 수 있도록 만드는 핵심계획으로 재난대응구조인력의 안전과 비상사태에 대한 충분한 자원 및 수단의 지원을 확보하도록 하는 내용
- (특별계획) 특정한 비상사태 또는 특정지역에서 발생한 비상사태에 대비하는 계획으로 일반 비상계획 보다는 상세한 대응처리와 복구 규정을 포함

■ [프랑스] 시민안전 현대화에 관한 법률(Modernization of civil security act)을 제정하기 위해 국가재난위기관리에 관한 기본법 및 관련제도를 구축하기 위하여 가장먼저 과거법령을 새롭게 정비하여 2004년 8월 13일 제정·공포

- 프랑스는 시민방어안전총국의 위기관리부국을 설립하여 재난을 관리하며, 준비단계, 대응단계, 경험재활용단계의 위기 대응 3단계 대처방식으로 국가위기관리를 실시하고, 자연재해 대응과 홍수위험, 기상이변, 산림화재, 화학유해물질에 의한 재앙, 기반시설의 안전관리 등의 분야에서 자연재해와 산업재해 분야에 대한 위기분석 및 위기관리 임무를 수행하고, 재해대비 기획과는 시민안전 대응계획을 수립하여 기초단위 수준에서의 인명구조 계획과 풍토병 전염 방지계획 등을 수행하며, 주민 안전을 위한 경보 발령과 관련 교육 및 홍보를 담당

■ [독일] 국민보호법(연방법), 연방 시민보호 및 재해지원법, 재난보호법 제정

- 국민보호법(연방법)의 구체적 업무는 자체보호, 국민에 대한 경고, 보호공간의 설치, 방위사태 시 특별한 위험이나 피해에 대한 재난보호, 보건 및 문화재의 보호에 관한 조치 등을 포함하며, 연방 시민보호 및 재해지원법은 독일의 재해대응체계는 전체적으로 주정부가 자연재해, 산업재해, 전염병, 국제적인 테러 위협과 같은 위기관리를 일상적으로 책임지나 대규모 또는 국가적으로 중요한 영향을 미치는 재해의 경우에는 연방정부가 조연 및 정부와 자원 제공 등 다양한 방식으로 지원하여 협력하는 구조임
- 재난보호법에서 주는 자체적으로 재난보호법을 제정할 수 있으며, 그 목표는 주의 영역에서 올바른 행정행위 수준을 확정하는 것으로 재난보호기관은 재난에 대처하는 것을 준비하고, 재난에 맞서 싸우며, 그리고 재난으로 인한 피해를 일시적 제거하는 것이 목적임

- 주법에서 허용되는 조치는 재난보호법의 일반구조에 상응하여 재난예방을 준비하는 조치와 재난방지에 대한 조치로 구분되며, 재난보호법에 의한 재난·안전관리계획과 재난보호계획(HBKG 제26조 1항의 4, 제 31조) 그리고, 특별한 위험대상에 관한 특별보호계획(HBKG 제31조 3문), (원자력발전소)고장규정의 의미에서 특정한 운영영역을 위한 외부 비상계획(HBKG 제48조 제1항)- 병원의 재난보호계획(HBKG 제36조 제3항) 등이 있음
- 또한 “독일 시민 보호를 위한 새로운 전략(Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland)”을 채택 국가적 사건, 특히 주 경계를 넘어선 위기상황에 대해 연방정부와 주정부가 공동으로 책임을 지는 것을 목표로 하며, 주정부는 연방정부의 국가적 위기상황 대비 시스템의 정립을 환영하면서 연방정부가 국방 차원의 시민보호 권한뿐 아니라 여러 주에 걸친 지역에 위험을 초래하는 자연재해, 인적재해, 테러의 공격의 경우 주정부가 시민을 보호할 수 있도록 지원할 수 있는 법적 권한을 지녀야 한다고 요구. 이에 ‘연방 시민보호 및 재해지원법’이 2009년에 입법됨

## 2-1-2. 침수대응

### ■ [국내] 도시침수 저감을 위해 「자연재해대책법」, 「하수도법」, 「수자원법」에 근거한 대응 대책이 수립·시행되고 있음

- 「자연재해대책법」은 내수침수를 자연재해 측면에서 바라보고 재해발생 위험지구에 대한 개선책을 마련하거나 도시지역 개발에 따른 내수침수 유발 원인을 최소화하려는 반면, 「하수도법」은 집중호우 발생 시 하수관로의 빗물배제 능력 향상에 초점을 두고 있으며, 「수자원법」에서는 도시하천 유역에서 발생하는 도시침수를 방지하기 위한 대책에 중점을 두고 있음

[표 11-2] 도시침수 피해 저감을 위한 법령 및 대책

| 법령(소관부처)           | 대책(수립 주기)           | 목적(근거)                                                               |
|--------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 자연재해대책법<br>(행정안전부) | 자연재해위험개선지구 지정       | 재해 위험 정비 계획 수립 근거 제시(제12조)                                           |
|                    | 자연재해위험개선지구 정비계획(5년) | 자연재해위험개선지구에 대하여 정비 방향의 지침 제시(제13조)                                   |
|                    | 방재성능목표 설정·운용        | 홍수, 호우 등으로 인한 재해를 예방하기 위한 방재정책에 적용(제16조의4)                           |
|                    | 수방기준 제정             | 시설물의 수해 내구성을 강화(제17조)                                                |
|                    | 우수유출저감대책(5년)        | 우수의 침투 또는 저류를 통한 재해의 예방(제19조)                                        |
| 하수도법<br>(환경부)      | 재해지도 제작·활용          | 신속한 주민 대피 및 예방·대비·대응·복구 등 전분야 대책에 기초로 활용(제21조)                       |
|                    | 하수도정비중점관리지역 지정      | 침수피해 발생 우려지역의 하수도정비대책 수립 근거(제4조의3)                                   |
| 수자원법<br>(환경부)      | 하수도정비기본계획(20년)      | 침수예방을 위한 종합계획 및 유역별 하수도 정비 계획 수립(제5조)                                |
|                    | 특정하천유역치수계획          | 둘 이상의 시·군·자치구를 관통하여 흐르거나 인접하여 흐르는 하천유역에 대한 침수피해 예방 및 침수피해 최소화 (제20조) |

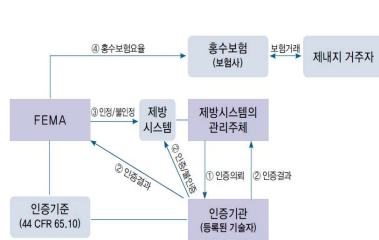
- 도시침수 관리는 하수도 및 저류시설은 환경부, 소하천, 우수저류조 및 펌프장은 행정안전부(지자체)에서 구분하여 관리하고 있으며, 국가 지방하천은 환경부(수량)와 국토교통부\*(시설)에서 관리중
- 환경부는 침수피해 우려지역의 하수도 및 저류시설 정비 등 “도시침수 대응”사업 추진 중임(14년~, 연간 예산 1,900억 규모)
- 부처간 개별법에 의한 소관시설별 개별대책 시행으로 예산중복 및 사업시행 지연 등에 따른 상습침수와 임시복구가 반복되므로 특정하천유역치수계획 수립을 통한 종합적·효율적 대책마련 추진 중

[표 II-3] 부처간 개별법에 의한 소관시설별 개별대책 시행

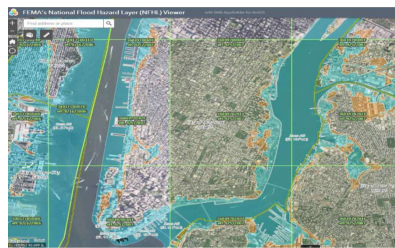
| 환 경 부                                                                                                     | 국토교통부                                                                                                    | 행정안전부                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 하수도정비기본계획</li> <li>· 하수도정비 중점관리구역</li> <li>· 하수관거정비사업</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 하천기본계획</li> <li>· 수계치수, 하천정비사업</li> <li>· 수해상습지 개선사업</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 자연재해저감 종합계획</li> <li>· 자연재해위험개선지구</li> <li>· 저류지, 펌프장 등 재해예방사업</li> </ul> |
| <p style="text-align: center;">특정하천 유역치수계획 (환경부 주관, 국토부·행안부 협업)</p>                                       |                                                                                                          |                                                                                                                    |

■ [미국] 재난안전관리 체계 통합, 국가 홍수 보험프로그램 시행 등 국가적으로 침수피해에 대한 대응체계를 구축하고 있으며, 침수피해를 사전에 대비할 수 있도록 다양한 시스템 운영 중

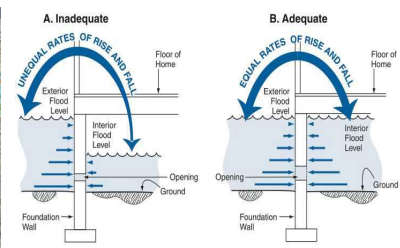
- (재난안전관리 체계통합) ‘연방재난법령’을 제정하여 피해경감(Mitigation), 대비(Preparedness), 대응(Response) 및 복구(Recovery) 등 재난에 관련된 각종 책임과 임무를 ‘연방재난관리청’에서 종합적인 재난관리 수행
- (통합적 재난안전관리 체계구축) 국가비상관리시스템(National Emergency Management Information System, NEMIS), 지리정보시스템, 통신 시스템 등 의사결정 지원과 함께 재난 관리기관 임무조정에 필요한 시스템으로 통합구성
- (국가 홍수 보험프로그램 시행) 법률에 따라 홍수위험지역을 결정하고 홍수보험지도(Flood Insurance Rate Map)를 작성하며, 그 지역에 대해 홍수위험지대를 분석하고 국가 홍수보험을 통한 피해의 사전·사후 관리 구체화
- (도시침수관리 기술 지원) 구조적 접근 방법과 비구조적 접근방법이 통합 된 수자원 관리 접근법(Integrated Water Resources Management: IWRM)으로 홍수재난관리



〈FEMA의 NFIP 운영체계〉



〈홍수위험지도 서비스 화면(FEMA)〉



〈도시침수관리 기술 지원〉

[그림 II-11] 도시침수관리 기술 지원

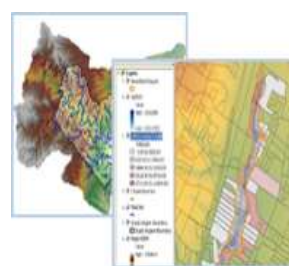
- (수문상황 예측 서비스 시스템(AHPS)) 미국 해양대기관리처(NOAA) 산하 미국 기상청 (National Weather Service)에서 개발한 수문상황 예측 및 서비스 제공 시스템
  - 홍수 또는 가뭄발생의 양과 불확실도를 시간, 일, 월 단위로 예측하여 시각적으로 정보 Service 제공
- (돌발홍수 예경보 시스템(Flash Flood Guidance)) 전 세계 기상 및 수문 예보관들을 활용하여 미국 HRC(수문연구센터)에서 설계하고 개발한 돌발홍수 예경보 시스템을 구축하여 국지성 돌발홍수에 대해 대응기관의 신속한 대응이 가능토록 돌발홍수의 발생확률과 조기 경보를 제공
- (홍수손실 평가분석 시스템(HAZUS-MH Flood Model)) 홍수로 인한 잠재적 손실과 건물, 인프라 시설 등의 피해를 산정하여 제공하는 시스템 운영중
- (실시간 홍수유출량 웹기반 경보 시스템(Flood Alert System, FAS)) 실시간으로 홍수량을 해석하여 선행시간을 확보함으로써 도시 홍수경보 제공 시스템 운영



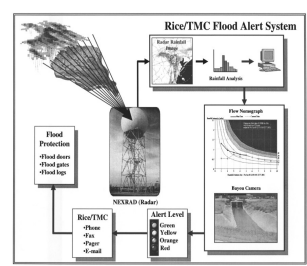
〈 AHPS 〉



〈 FFG 〉



〈 HAZUS-MH 〉



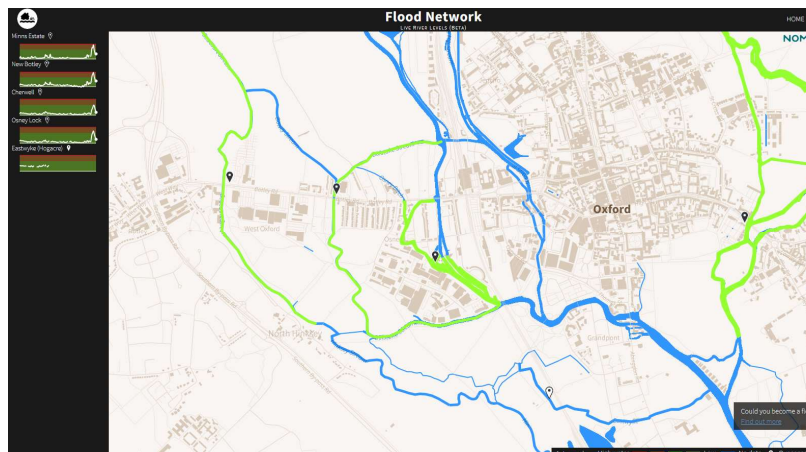
〈 FAS 〉

[그림 II-12] 홍수관련 시스템

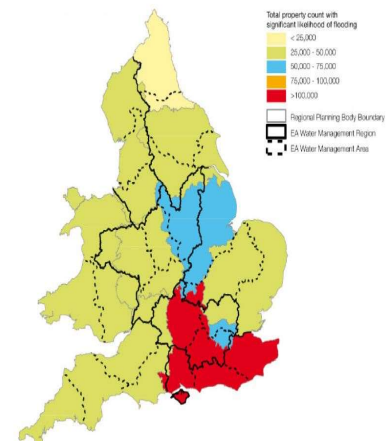
## ■ [영국]

- (Thames Estuary 2100 (TE 2100 project) 프로젝트(2012년)) 기후변화 단계별 템즈강 유역 및 런던 세부 지역별 홍수 관리계획 수립 및 상황별 행동강령 준비하고, 기상관측소, 기상위성 등과 연계한 36시간 홍수위험 예측 및 정보제공

- (환경청 홍수정보알림 서비스) 홍수 사전대비를 위한 구글공공정보(Google Public Alerts) 기반 홍수발생 정보 알림서비스 제공
- (홍수 조절용 장벽 구축(Thames Barrier)) 템즈강에 위치한 홍수 조절용 장벽(이동식 범람 방지장치)으로 예측정보와 연계한 수위 조절을 통해 런던의 홍수피해 방지
- (홍수위험지도) 홍수 관련 데이터 수집을 통한 지역 홍수위험 평가 실시 및 홍수위험지도 제공



〈런던지역 홍수정보알림 서비스〉



〈런던 홍수위험지도〉

[그림 II-13] 런던 홍수정보 알림 서비스 및 홍수위험지도

- [일본] X-밴드 이중편파레이더망과 다양한 기상관측망을 접목하여 기존의 현업용 대형레이더망의 한계를 극복하고 대도시 지역에서 고분해능의 수문 기상정보에 대한 요구를 충족시키고 있음
- 일본 방재과학기술연구소(NIED, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)에서는 X-밴드 이중편파 레이더 관측망 자료를 이용하여 고분해능의 수문정보를 산출하고 이를 활용하여 실태예보, 기상수치모델링, 홍수모델링, 산사태 예측, 풍해 예측 등의 자연재해 저감기술에 접목하여 운영 중임
- [EU] 프랑스를 주축으로 지중해 및 산악 지형의 홍수·산사태·산불 등의 예·경보기술 개발과 수방재를 위해 2008년부터 RHYTMME(the Risques HYdrométéorologiques en Territoires de Montagnes et MEditerranéens) 프로젝트를 지속적으로 실시 중
- 다양한 레이더(S-, C-, K-, X-밴드)를 활용하여 1-2 시간의 정량적 강수량 예측 뿐만 아니라 바람장과 반사도장 등을 자료동화하여 6시간 이상의 예보 정확도 향상에 기여(Westrelin et al. 2012)

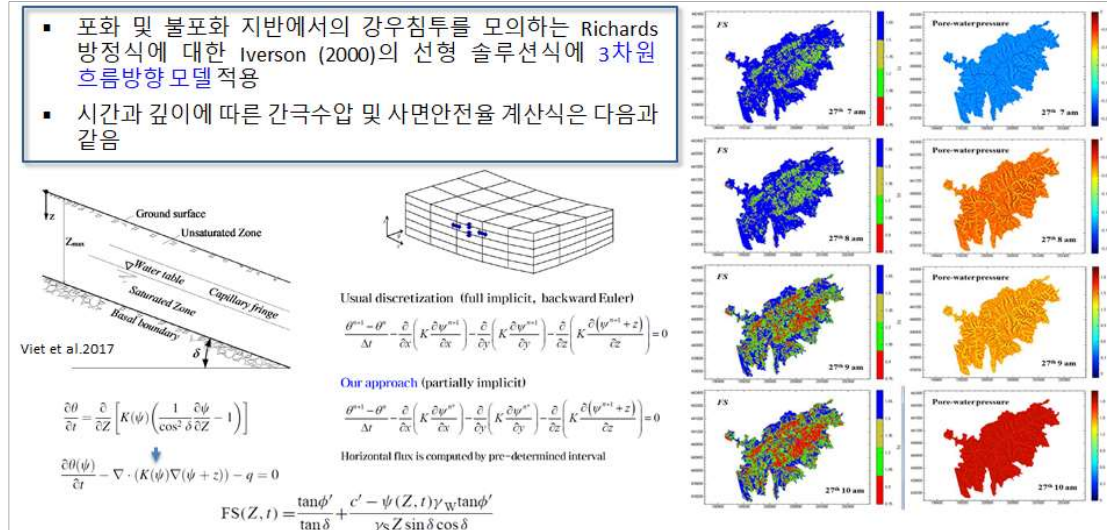
## 2-2. 국내외 기술/시장 동향

### 2-2-1. 산사태 및 토석류

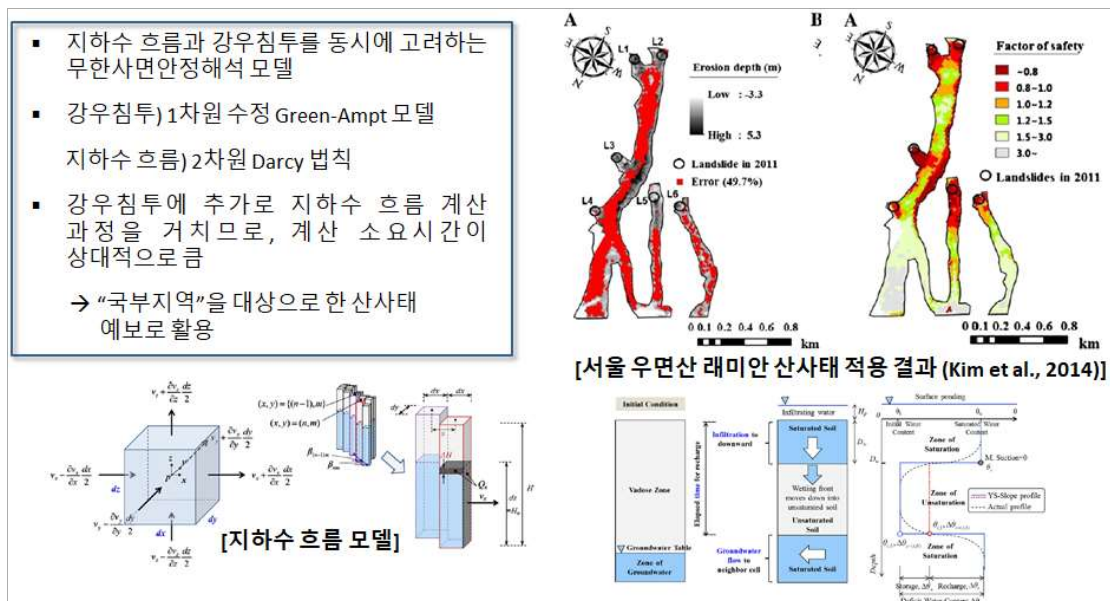
■ [국내] 도로 인접구간의 산사태 및 토석류의 위험성에 대한 연구는 도로와 연접한 비탈면 붕괴방지와 피복 관련 연구는 진행하고 있으나, 도로구역 밖에 위치한 산지와 계곡에서 발생하는 재해의 예방 연구는 미흡한 실정임

- 도로 관리청에서는 산사태 및 토석류 재해위험성은 인식하고 있으나, 대부분 도로구역내의 인공 절개지를 중심으로 구조물을 설치하고 있어, 도로구역 밖에 있는 산지의 재해는 아직까지 경시되고 있음
- 한국도로공사에서 관할하는 고속도로부지에는 인공사면(급경사지)에 대한 관리 및 지침이 체계적으로 구축되어 있으나 계류부에서 발생할 수 있는 산사태(토석류)에 대하여 배수로 설치, 소규모 스크린, 가드레일 등 최소한의 재해방지시설로 설치되어 있어 상대적으로 취약한 것으로 나타남
- 이는 고속도로변 접도구역 외에서의 사업을 시행할 수 없는 법적인계성으로 토지 소유 및 관할 구역 등 법적인 한계가 있기 때문에 해당 부서에서 별도의 관리대책 방안 마련을 위한 제도적인 해결과 토석류가 발생할 수 있는 계곡부에 대한 체계적인 조사방법 개발 및 정기점검을 시행하여 위험요인을 사전에 파악하고 이에 대한 적절한 대책 강구가 필요함
- 국내에서는 자연사면을 대상으로 한 산사태 예측과 위험사면 평가에 관한 연구는 수행되었지만, 산지의 개발에 따른 산지재해 위험도를 객관적으로 평가하기 위한 연구는 수행된 적이 없으며, 주로 피해 사례 분석을 통하여 위험도를 언급하고 있음
- 국내에서는 산사태 예측과 관련하여 다양한 결정론적 또는 확률론적 접근법들을 통하여 적용성 평가가 수행 중에 있지만, 아직까지 산사태의 예측·경보 발령과 관련해서는 강우량과 토양함수 지수를 설정하여 활용하고 있음
  - 국내에서는 산사태 발생 관련 시·공간적인 정보의 DB구축이 미비하여 산사태유발강우의 강도-지속시간에 대한 관계가 아직 명확히 규명되고 있지 못했기 때문임
- 또한, 가시적으로는 소규모 스케일의 산사태 발생에 대한 물리적 해석을 위한 수치모델링을 이용한 연구가 수행되고 있지만, 대부분의 연구는 무한사면 안정공식과 정상상태 지하수면을 가정한 분석(e.g. Park et al., 2013)이 활용되고 있음
  - 시간에 따른 산사태 예측을 위해 정상상태 개념보다는 비정상상태에 대한 개념이 요구됨

- 국내에서 개발되어 사용되는 산사태 예측모형은 안현욱 등(2016)과 정상섭 등(2014)이 토양의 불포화 특성을 고려하여 개발한 모델과 한국지질자원연구원에서 개발한 물리기반 모델이 있지만, 대부분 미국의 USGS에 개발한 TRIGRS 모델을 이용하고 있는 실정임



[그림 II-14] 안현욱 등(2016)에 의해 개발된 산사태 예측 모델과 해석



[그림 II-15] 정상섭 등(2014)에 의해 개발된 산사태 예측 모델과 해석

## ■ [국내] 산사태 감지 시스템 기술 동향

- 수자원공사에서는 1996년 보령댐 여수로 좌안절개면 공사도중 대규모 균열이 발생하자 안정한 시공관리와 사공후의 유지관리를 위하여 97년에 사면 계측시스템(자동지중경사계, 신축계)을 설치하여 현재까지 가동 중. 또한 1999년 부산 도심지에서 발생하여 막대한 피해를 일으켰던 황령산 붕괴 현장에는 사면 재붕괴로 인한 피해를 방지하기 위하여 실시간 자동계측시스템이 설치되어 운용 중

- 지상의 산사태 모니터링에 대해 전통적인 측지기술에서 고성능 레이저나 전파탐지기 등을 통해 다양한 분야의 전문기술이 적용 중. 전통적인 지반공학적 적용사례들에 의한 신축계, 경사계, 하중계, 지하수위계 및 광섬유 센서를 통한 지반계측센서의 활용성이 있으며, 표적의 현재위치를 정밀히 관측할 수 있는 GPS와 토털스테이션을 통한 모니터링 기술이 발전했으며, 최근에는 지상 라이다를 이용하거나 휴대용 디지털카메라를 통한 이미지 분석기술 등이 사용되고 있음

## ■ [국내] 산사태 영향 평가 시스템 기술 동향

- (산림청) 치산녹화사업을 단계별로 시행하여 사방댐과 계류보전 시설 등의 지속적인 사방사업을 통해 재해 대응을 위한 안전망 구축, 산림보호법 개정을 통한 산사태 예방 및 대응체계 구축, 산사태정보시스템 운영을 통한 대국민 산사태 정보 제공하고 있음
- (행정안전부) 급경사지 재해예방에 관한 법률에 근거한 급경사지 붕괴 위험지역 등의 지정, 고시 관리가 가능토록 제도적 틀을 마련하였으며, 각종 설계, 시공 및 붕괴위험 예측 등에 활용할 수 있는 전국단위의 지반재해위험지도를 제작 보급 중임
- (국토교통부) 전국단위의 국도면 비탈면 관리와 관련한 도로 비탈면 유지관리시스템 운영업무(CSMS)를 시행 중에 있으며, 기초조사(전수조사)와 정밀조사(기본설계) 등으로 구분하여 사면보강 및 설계기술 정립에 기여하고 있음
- (서울연구원) 서울에 위치한 산지사면을 대상으로 사면전수조사를 통해 산사태 및 토석류 취약지역을 선정하여 등급화함으로써 우선순위에 따른 예방사방사업 실시 중임
- (한국지질자원연구원) 산사태 및 토석류 발생의 주요인자를 지질학적 특징에 초점을 두어 로지스틱회귀분석 기반의 산사태위험지 예측연구 수행 및 토석류 사태물질 확산범위 특성 등의 연구 수행 중임
- (수충부 및 토석류 방재기술연구단) 강원지역을 중심으로 산사태 및 토석류 재해관련 연구를 수행. 특히, 강원지역 산지도로의 방재설계기술 개발을 통한 지침화를 목적으로 도로배수설계기술의 선진화 연구 및 토석류 제어설계기술 연구 등을 수행 중임
- (낙석 및 산사태 방재연구단) 웹기반의 낙석 및 산사태 통합 관리시스템 개발, 낙석 방지시설 성능평가 방안 수립, 침단 사면 조사장비 개발, 광대역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 등의 연구 수행 중임

## ■ [국내] 한국도로공사는 차세대 고속도로 관리 정보체계 ‘하이맨(Hi-MAN, 2008)’을 구축하여 활용하고 있으나, 고속도로에 국한되어 그 적용범위가 제약됨

■ **국외의 경우, 1990년대 이후 다양한 실험과 모니터링을 기반으로 하는 산사태 모형이 개발되어 있으며, 여러 기법이 사면안정성 공식과 결합되어 산사태의 발생 메커니즘을 규명하기 위한 도구로 이용되고 있음**

- 특히 강우에 의한 토양내 침출수 흐름 (Seepage flow)은 토양의 전단력을 감소시키는 공극수압의 증가를 발생시켜 토양을 구성하고 있는 입자의 액상화에 의한 두부침식(Headcuts erosion)의 발달과 이동에 영향을 미치며, 붕괴를 발생시키는 요소로서 작용될 수 있다고 보고되고 있음 (Kochel et al., 1985; Iverson and Major, 1986; Howard and McLane, 1988; Dunne, 1990; Jones, 1997). 더욱이, 최근의 연구(Reid et al., 1992; Iverson et al., 2000; Fox et al., 2007; Baum et al., 2010)는 지표하 흐름의 방향과 힘에 대한 연구가 수행 중에 있으며, 다양한 방법을 통해 산사태 모형의 정확성을 향상시키기기 위한 연구에 집중되어 있음

[표 II-4] 대표적으로 이용되고 있는 외국의 산사태 예측 및 평가 모형의 종류

| 모형              | 특징                                                                                                | 개발자                     | 연도   |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|
| CHASM           | Combined Hydrology And Stability Model                                                            | Anderson and Lloyd      | 1991 |
| LISA            | Level I Stability Analysis                                                                        | Hammond et al.          | 1992 |
| SHALSTAB        | Shallow Landsliding Stability Model                                                               | Montgomery and Dietrich | 1994 |
| SMORPH          | Slope Morphology                                                                                  | Shaw and Johnson        | 1995 |
| dSLAM/IDSS<br>M | Distributed Shallow Landslide Model / Integrated Dynamic Slope Stability, Shallow Landslide Model | Wu and Sidle            | 1997 |
| SINMAP          | Stability Index Mapping                                                                           | Pack et al.             | 1998 |
| SHETRAN         | System Hydrology European TRANsport                                                               | Ewen et al.             | 2000 |
| TRIGRS          | The Transient Rainfall Infiltration and Grid based Regional Slope-stability                       | Baum et al.             | 2010 |
| PROBSTAB        | PROBability of STABILITY PCRaster GIS package                                                     | Van Beek                | 2002 |
| PISA            | Probabilistic infinite slope analysis.                                                            | Haneberg                | 2004 |
| GEOtop-FS       | Combines the hydrological distributed model GEOtop and an infinite slope geotechnical model       | Simoni et al.           | 2008 |

■ **[국외] 산사태 영향 평가 시스템 기술 동향**

- (미국) 지질조사소(USGS) 주관의 지질재해평가(Geological Hazard Assessment) 프로그램 운영을 통한 산지재해 실시간 감시시스템 구축 운영하고 있다. 지질재해 평가(Geologic Hazard Assessment) 프로그램 중 산사태 재해 과제를 지속적으로 수행하며 이 연구를 통해 미국 전역 대상으로 한 광역적인 산사태 취약성 평가 및 산사태 발생 가능지역 지도를 작성하고 있음
- (홍콩) 토목공정서 토력공정처(CEDD) 주관 하에 산사태 방지대책(Landslip Preventive Measures) 프로그램을 통해 도심지 내 사면을 대상으로 사면통합관리 시스템 구축 운영, 이 프로그램은 사면 붕괴에 의한 인명과 재산 손실 저감, 한정된 영역에서의 도시개발 극대화를 위한 지반안정성 확보, 사면 안정성 평가 및 보강을 위한 방법 표준화에 중점

- (대만) 국가 재해저감 과학기술센터(NCDR)를 중심으로 재해저감 국가과학기술 프로그램(NAPHM)을 실시하여 전국단위의 산사태 및 지진 등의 재해저감 관련 연구개발 수행 중. 위험성 평가를 위해 전국을 대상으로 산사태 DB구축과 산사태 발생 가능성 평가시스템을 완성하여, 고위험 산사태 지역중 13개소를 대상으로 토석류 산사태 모니터링을 하면서 실시간으로 산사태 발생을 관찰하고 있음
- (일본) 국토교통성 주관의 급경사지 붕괴대책 수립을 통해 국가 차원에서 산지재해 대응기준 마련 및 교토대학 방재연구소(DPRI), 지질조사종합센터(GSJ), 방재과학기술연구소(NIED)를 중심으로 산사태 및 토석류 취약성 연구 수행 중임
- (캐나다) 지질조사소(GSC) 주관의 국가지질재해 프로그램을 수행 중이며, 지질 재해저감을 위한 기술기준 설정 및 위험관리 방안, 위험도 및 예측도 작성, 산사태 위험성 평가 체계를 구축 운영
- (스위스) Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL) 주관의 사전 재해저감의 목적에 따라 재해 모니터링 기술 및 재해 발생 후의 재해저감 기술 연구 수행 중
- (오스트리아) Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW) 주관의 산사태 저감시설 설치기준 및 모니터링 시스템의 정립 및 연구 수행 중이다. 증거가중치(WofE: Weights-of-Evidence)라 불리는 통계/확률적 방법은 정량적인 산사태의 공간 분포를 확인하는데 유용한 방법으로, WofE방법으로 산사태 취약성 지도를 작성하여 이용하고 있음
- (뉴질랜드) GIS를 기반으로 토석류 산사태를 유발하는 집수지역 식별 방법을 개발, Arc View를 이용하여 집수지역을 확인하고 지형 기복을 계산하였다. 수치 고도모델로부터 연구지역을 세분하여 수계망을 추출하고, 이를 바탕으로 분수계(watershed)를 설정하였고 이들과 연관된 지형 특징을 확인하였음

## ■ [국외] 산사태/토석류 예측 기술 동향

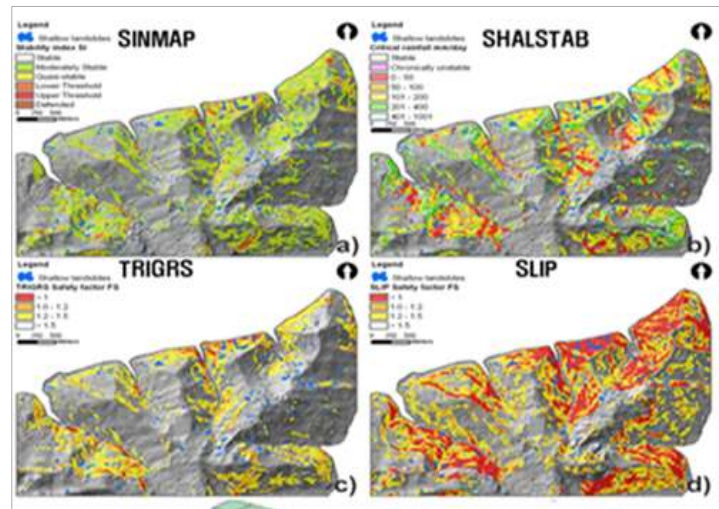
- (University of California, Berkeley) Dietrich W.E. 와 Montgomery D.R.이 steady 상태의 사면 안정도를 평가하는 SHALSTAB모형을 개발한 이래 지속적인 모형의 적용 및 연구가 이루어지고 있음
- (Utah State University) David Tarboton 교수 등을 중심으로 steady 상태의 사면안정도를 평가하는 ArcGIS 상에서 구동하는 SINMAP 모형을 개발하였으며 관련연구를 수행하고 있음
- (USGS) Baum R.L., Savage W.Z. 등을 중심으로 강우에 의해 유발되는 산사태 발생을 예측하는 TRIGRS모형을 개발하였으며 현재 산사태 발생 예측 분야의 기술을 선도하고 있음

- (University of Trento) Simoni 교수를 중심으로 3차원 토양수분을 해석할 수 있는 수문모형인 GEOtop을 발전시켜 강우에 의해 유발되는 산사태 발생 예측 모형인 GEOtop-FS를 개발하였으며, 그 외에도 산사태 발생 예측 모델링 분야를 꾸준히 연구하고 있음
- (Università degli Studi di Perugia) Massimiliano Alvioli 박사를 중심으로 산사태 발생 예측 모델링에 관한 다양한 연구들이 수행되고 있음
- (Kyoto University) 산사태 토석류의 유하를 물리적으로 해석하는 Kanako2D를 개발하여 프로그램을 공개하고 있으며, 일본 내 다수의 산사태 토석류에 대하여 모형을 적용하는 연구를 수행하고 있음
- (Spanish National Research Council) Santiago Beguería 박사를 중심으로 토석류 유하를 GIS 소프트웨어 상에서 해석하는 소프트웨어인 MassMov2D를 개발하였으며 현재까지 활발히 토석류 피해영향 예측 연구활동을 수행하고 있음
- (RAMMS, FLO2D software) 산사태 토석류 유하 모형을 개발하여 상용으로 판매하고 있으며 모형의 적용 및 개선이 지속적으로 이루어지고 있음

■ **국외의 인공강우를 이용한 산사태 모의시험기법은 활동면의 형상, 사면내부의 응력상태, 지반의 상대밀도에 따른 변화 및 산사태 예측기법의 확립 등 목적에 따라 매우 다양하게 수행되어져 왔음**

- 강우에 의한 토양 내 침출수 흐름은 토양 전단력을 감소시키는 공극수압을 증가시켜 토립자의 액상화에 의한 headcut erosion의 발달과 이동에 영향을 미치며, 붕괴를 발생시키는 요소로서 작용될 수 있다고 보고됨(Kochel et al., 1985; Iverson and Major, 1986; Howard and McLane, 1988; Dunne, 1990; Jones, 1997)
- Freer et al.(2002)는 실제 자연사면에서 모니터링을 통해 물의 흐름을 해석하는데 기본이 되는 지표에서의 습윤지수 TWI (Topographic Wetness Index)에 대한 적용성을 논의하였으며, 그 결과로 TWI 지수가 실제 모니터링 결과와 많은 차이를 보인다는 결론을 도출함
  - 이는 산사태 해석 시 지표하 흐름을 해석할 때 주되게 이용되고 있는 TWI(Topographic Wetness Index)개념 보다 지형 조건에 의해 지표하 흐름을 반영할 수 있는 이의 해결을 위해 집수면적 개념(Contributing area) 더불어 산림 수문자료(i.e. 강우량, pore water pressure, soil moisture 등)의 활용이 필요함
- Zizioli et al. (2013)에서는 다양한 지표하 수문식을 가정하고 있는 대표적인 4개의 산사태 모형(Shalstab, Sinmap, TRIGRS, SLIP 모형)을 적용시킨 연구에서 정상상태를 가정한 모형들과 비정상상태를 가정한 모형들 모두 비슷한 결과를 얻은 것으로 보고됨

- 이들의 연구에서 중점적으로 판단하여야 할 부분은 토양의 매개변수 산정의 어려움과 이에 따른 수문학적인 반응이라 논함



[그림 11-16] 서로 다른 4개의 산사태 모형을 이용한 산지재해 발생 모의

- Milledge et al. (2014) 역시 자신들이 개발한 3차원 모형을 이용하여 지표하 흐름을 반영한 결과, 기존의 결과에 비해 더 나은 산사태 예측력을 갖는 것으로 보고하고 있으며, Iverson et al. (2015)은 액상화를 고려한 결과와 그렇지 않은 결과에서 산사태의 발생과 발생된 퇴적물이 이동되는 양상을 실제 모니터링 결과와 모델링 결과를 비교하여 설명하였는데, 이런 결과들을 종합해 보면 지표하 흐름 관련 메커니즘이 산사태의 발생과 많은 관련이 있는 것으로 유추할 수 있음



[그림 11-17] 다양한 메커니즘 반영 산사태 모형 개발 흐름

- 이렇듯, 최근에는 지표하 흐름의 방향과 힘에 대한 연구(Fox et al., 2007; Baum et al., 2010)를 바탕으로 산사태 모형에 반영시켜 산사태 예측의 정확성을 향상시키기기 위한 연구가 활발히 진행되며, 특히, 산사태/토석류 메커니즘 해석을 위한 물리학기반의 수학적 모형은 뉴턴에 의해 제안된 질량보존의 법칙 등과 같은 원리를 이용하고 있어 산사태 모형에서는 이와 같은 식을

이용한 에너지 분산효과가 필요하며, 이의 시험을 통해 예측을 위한 모형에 이에 대한 부분을 고려할 필요가 있음. 이를 통해 위 그림과 같은 자료를 이용해 다양한 메커니즘을 반영하고 예측 정확성을 높이기 위한 인자별 값을 취득할 수 있는 방법을 개선할 필요가 있음

## 2-2-2. 침수예측시스템

### ■ [국내] 침수예측 관련 연구동향

- 조완희 등(2011)은 홍수와 흐름에 큰 영향을 미치는 도시지역 건물과 도로의 영향을 지적하고 GIS tool을 이용하여 도시지역의 도로와 건물을 고려한 지형자료를 구축하여 2차원 침수해석을 실시하였으며 도로와 건물을 고려한 경우 (83.24%)가 그렇지 않은 경우 (63.99%)보다 정확도가 높음을 밝힌바 있음
- 신동수 등(2012)은 도시지역 지하공간의 침수피해 가능성이 높아짐을 강조하고 EPA SWMM 모형을 이용하여 유출해석을 수행하고 그 결과를 복합지하공간에 대한 침수유량으로 적용하여 모의를 수행하였음
  - 지하저류시설, 모래주머니, 차수벽 등의 침수방지대책을 고려한 시나리오를 구축하여 수리모형실험을 통해 지하 공간의 침수위험도를 분석하였음
- 김재희 등(2012)은 침수위험도가 높은 지역을 사전에 예측하고 침수저감 사업을 통한 침수발생 가능성 최소화의 중요성을 언급하고 도시 유역 내 소유역별 침수저감사업 우선순위 결정을 위한 소유역별 상대적 침수 위험도를 산정하는 방안을 자료포락분석 모형의 교차 효율 값을 활용하여 제시하였음
- 주진걸 등(2013)은 평균고도, 평균경사, 불투수면적, 우수관거시스템 지수 등을 이용하여 도시지역에서의 내수배제 불량으로 인한 침수위험도를 평가하기 위한 회귀식을 산정하여 과거 침수 이력과 비교하는 연구를 수행하였음
- 윤성심 등(2014)은 예측 강우정보를 활용한 사전 홍수 및 침수 발생 가능성 예측의 중요성을 지적하고 레이더 예측 강우를 이용하여 2010년 9월 21일 발생한 삼성배수분구의 침수현황 모의를 수행하였음
- 유도근 등(2015)은 2011년 7월 경기도에서 발생한 침수피해 원인을 명확히 규명하고자 해당 지역의 관측강우를 이용하여 수리·수문학적 분석을 통해 침수지역 주변의 우수배제 계획과 노면배수 계획의 적절성을 분석하였음
- 수리·수문학적 분석을 위해 EPA-SWMM을 이용하였으며 도로 배수량 및 우수받이의 차집효율을 분석하기 위해서는 FHWA Hydraulic Toolbox 모형을 이용
- 손아롱 등(2015)은 도시지역의 침수해석 시간 단축을 위하여 도로 네트워크를 활용한 2차원

침수해석의 효용성에 관한 연구를 수행하기 위해 침수 발생 조건을 도로만 침수되는 경우, 도로와 건물이 모두 침수되는 경우로 구분하여 모의 시간을 비교하였음

- 송양호 등(2016)은 도시지역 하수관거 설계를 위한 지상부 유역 설계에 있어서 자연적, 구조적, 행정적 구분으로 인해 발생하는 설계자 임의의 판단에 의한 유역경계 설정의 문제점을 지적하고, 지구단위 내 배수시설 기준의 배수구역 경계 재설정을 통해 효과적이고 정량적인 내수침수에 대한 피해를 줄이면서 관망의 구성에 따른 배수구역 결정에 있어서의 설계기법을 제안하였음

[표 II-5] 한국수자원학회 도시침수 관련 논문 분석 결과

| 연도   | 키워드                | 연구주제                                                                                                                                   |
|------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2003 | SWMM               | SWMM도시유역 유출 해석, SWMM 매개변수 추정, 홍수조절용 펌프 및 유수지 규모 결정                                                                                     |
| 2004 | SWMM연계             | SWAT-SWMM 결합 모형 개발, GIS-유출해석 모델 연계 적용                                                                                                  |
| 2005 | ILLUDAS            | 도시화가 강수변화에 미치는 영향, 도시유역 CN산정, SWMM 매개변수 민감도 분석, ILLUDAS, SWMM간 유출 해석 결과 비교, MIKE SWMM 모형 도시유출 분석                                       |
| 2006 | 2차원 침수 해석 연계       | 제방붕괴에 의한 도시홍수지도 작성, SWMM 연계 2차원 침수해석 모형 개발, ILLUDA-2차원 침수 해석모델 개발, SWAT 이용한 도시 수문 특성 분석, XP-SWMM 이용한 도시하천 홍수소통 능력 평가                   |
| 2007 | 지하공간 연계 GIS 연계 해석  | 배수펌프장 운영기법 개발, 지하공간 연계한 도시침수 해석 모델 개발, 건물영향 고려한 GIS기반 도시침수해석 모형(SWMM), 도시유역 강우분포 모형 개발(SWMM)                                           |
| 2008 | 홍수예경보 침수위험평가       | SWMM, HEC_RAS 이용한 연계 모의를 통한 홍수예보, 침수위험 평가기법 개발, 도시 소유역 유출 해석, 미계측 도시유역 홍수예경보 시스템구축                                                     |
| 2009 | SWMM 모델            | SWMM 개선                                                                                                                                |
| 2010 | 레이더 강우예측           | 초단기 레이더 강우예측, 회귀기법을 이용한 도시홍수 예측 모델 개발, 1D하천, 2차원 표면류, 하수도 연계 모델 모의                                                                     |
| 2011 | In house 침수 해석 모형  | 우수관망 설계 모형 , 2차원 수치 모형 개발, 적응형 매수세분화외분할격자 기법홍수 실험 모의                                                                                   |
| 2012 | SWMM자동보정 도시홍수 예보기준 | 모형비교를 통한 자연유출량 산정 비교, SWMM 모형 자동보정, 해안도시지역 홍수범람 모의, 빗물저류조의 위치에 따른 침투 유출 저감효과(xp-swmm), 도시홍수 예보 기준, xp-swmm(유역차수계획규모 설정),               |
| 2013 | 기후변화               | 기후변화고려한 확률강우량 전망, 강우생성 모형 및 홍수 적용                                                                                                      |
| 2014 | (기후변화) 확률강우량       | 침수 위험도 평가, 침수피해 추정함수 개발, 저류지 설계 SWMM 자동 보정 모듈 개발, 배수시스템 설계용량 검토, 기후변화 반영 확률강우량 전망                                                      |
| 2015 | 기후시나리오             | 강우생성 모형, xp-swmm 맨홀 손실계수 고려 도시침수 해석, 기후시나리오 영향 분석, 침수위험도, 레이더 강우예측 영향, SWMM 매개변수 정량화                                                   |
| 2016 | XP-SWMM            | XP-SWMM 격자 해상도에 따른 관거 월류 모의, XP-SWMM과GIS데이터 베이스 구축, by-pass 우수관거, 목표강우량 설정,                                                            |
| 2017 | 신월빗물저류조 실험 홍수방어 대안 | 레이더 강우예측, 피해산정방법, 신월빗물저류조 수직구 설계 실험, 홍수방어 대안우선순위 결정, 도시침수 해석 모형 개발, 격자기반 침수 모델 개발, SWMM 매개변수 산정                                        |
| 2018 | LID                | 홍수방어 대안 제시, LID 시설 설계 및 계획 매개변수 선정, 하수관망 간소화의 영향, 관망설계구조, 예경보를 위한 강우-유출모형 개발, 도시침수 위험기준 설정, 적응형 수치모형 개발                                |
| 2019 | 기계학습(SVM)          | 하수관거 설계방법 적정성 평가, LID 적정성 평가, 수치해석 모델 개발, SVM을 이용한 취수량 예측, SWMM 모델을 이용한 침수분석, 도시침수 모델간(COBRA, XP-SWMM, UFAM) 적용성 비교, 신월 수리실험침수방어 대안 제시 |
| 2020 | 딥러닝(LSTM)          | 신월 빗물배수저류조 실험, 설계강우 적정성 평가, 돌발홍수예측시스템 개발 및 정확도 평가, 딥러닝 LSTM, 확률적 홍수위험 평가                                                               |

## ■ [국내] 예측시스템 현황

- (국립재난안전연구원) 도시침수 경보기준 개발 지역을 확대하고 기준검증을 통한 개선, 도시 침수 관리 기술을 시범적용하여 개선사항을 도출하고 지자체 및 유관기관을 지원, 부처별 예·경보 시스템의 특성을 조사하고 문제점 및 개선사항을 도출하여 유역단위 예·경보체계 확립을 위해 도시침수 경보기준 고도화 기술을 개발하고 도시침수 관리 플랫폼을 개발하였음
  - 과거 피해이력에 기반하여 한계강우량을 산정하고 강우관측소에 관측된 강우량이 한계 강우량을 초과하게 되면 위험경보를 발령하는 형태로 시스템을 구성하였음
  - 한계강우량을 기준으로 주의(60%), 경계(70%), 위험(80%) 단계로 구분하여 총 378개 읍면동에 대한 기준을 제시하고 2017년에 시범운영을 시행하여 6개 행정동에서 총 10회의 위험단계경보가 발령되었으나 실제 침수피해 발생 신고는 없었음
- (부산광역시) Smart Big Board(SBB) 시스템을 활용하여 재난관련 정보를 통합적으로 모니터링 할 수 있는 재난상황실을 운영하고 있으며 2014년 마산, 창원, 부산 지역에 큰 침수 피해를 일으킨 집중호우를 계기로 사전에 집중호우 발생 유무와 강수량을 추정할 수 있는 집중호우 예측시스템을 개발(2017년)하여 침수로 인한 피해를 예방하기 위해 활용하고 있음
  - 2018년에는 추가적으로 도시유역에서 발생하는 침수피해의 시공간적 예측을 위해 집중호우 예측시스템에서 추정된 강수량자료를 입력자료로 하여 도시유역의 침수피해를 예측하기 위한 온천천유역 도시침수 예측 시스템을 개발 운영중에 있음
  - 온천천유역 도시침수 예측시스템 개발이후 실제 운영 실적에 대한 자료가 공개되지 않아 활용성 평가는 불가능한 상태임
- (행정안전부) 1998년~2010년까지 ‘산지돌발홍수 예측시스템’을 개발하고 운영하였음
  - 예·경보 시범유역에 대해 1시간 AWS 강우자료, 홍수 예측시스템 개요, 돌발홍수 알람 메신저, 경보현황(3시간 내 위험지역, 실시간 경보조회, 3단계 경보) 등을 제공
  - 다른 시스템과 별도로 전문가용이 있으며 관측 및 예측장에 대한 분석결과 등이 확인 가능함
- (홍수통제소) 한강·낙동강·금강·영산강 수계별 홍수통제소는 홍수예보 종합상황시스템과 홍수 예보 담당자만 이용 가능한 홍수예보시스템을 운영하고 있음
  - 홍수예보시스템은 일반인은 접근이 불가하여 홍수통제소와 홍수예보 종합상황시스템을 검토한 결과, 홍수통제소에서는 실시간 우량/수위/댐/보, 주요 지점 수위동영상, 수계별 관할 구역, 전국수문현황 정보 등을 제공하고 홍수예보 발령사항, 예보연보/교실, 하천 정보와 업무체계, 대응요령, 기관의 공지사항, 소식 등 확인 가능함

- 홍수예보 종합상황시스템은 각 수계에서 관리하는 하천과 댐, 보에 대한 수위 및 수문 현황에 대해 확인하는 상황판임
- 홍수예보시스템은 전국 12대 수계 대상을 구축하여 예보의 효율성·일관성·편리성을 향상시키기 위한 시스템으로 실시간 자료로 홍수예측·판단하여 제공함



[그림 II-18] 국내 홍수·침수 예측시스템 구축 사례

- [국내] 국토연구원은 태풍 및 집중호우 시 재난 대응 의사결정지원시스템인 도로재난관리시스템(RoadEMS, 2005)개발하고 재난 대응 단계별 전략을 제시함
- [국외] 도시유역의 침수피해를 예방하기 위하여 그동안 다양한 연구자들에 의해 침수피해 저감을 위한 많은 연구가 수행됨
  - 본 보고서에 연구개발 목표로 삼은 수치모의에 기반한 침수 원인 분석과 고정확도의 도시침수 해석 모델 개발을 위한 선행연구는 다음과 같음
  - Zhang et al.(2013)은 복잡한 지형에서의 침수해석의 효율을 증가시키기 위해 flood-connected domain calculation (FCDC) method 방법을 제안하였음
    - FCDC 방법은 DEM source와 지형적 관계를 정의하기 위해 삼각격자를 이용하며 침수와 연결된 지역을 찾기 위해 구성되었음
  - Yu and Coulthand (2014)는 FloodMap-HydroInundation2D 모형을 이용하여 도시 침수 해석에 있어서 유역 수문학적 매개변수들의 역할을 조사하는 연구를 통해 표면 조도계수 등과 같은 내부 매개변수뿐만 아니라 연구 대상 유역의 외부에서 유입되어 입력자료로 쓰이는 외부 매개변수들도 침수 해석에 막대한 영향을 미치는 점을 밝혔음

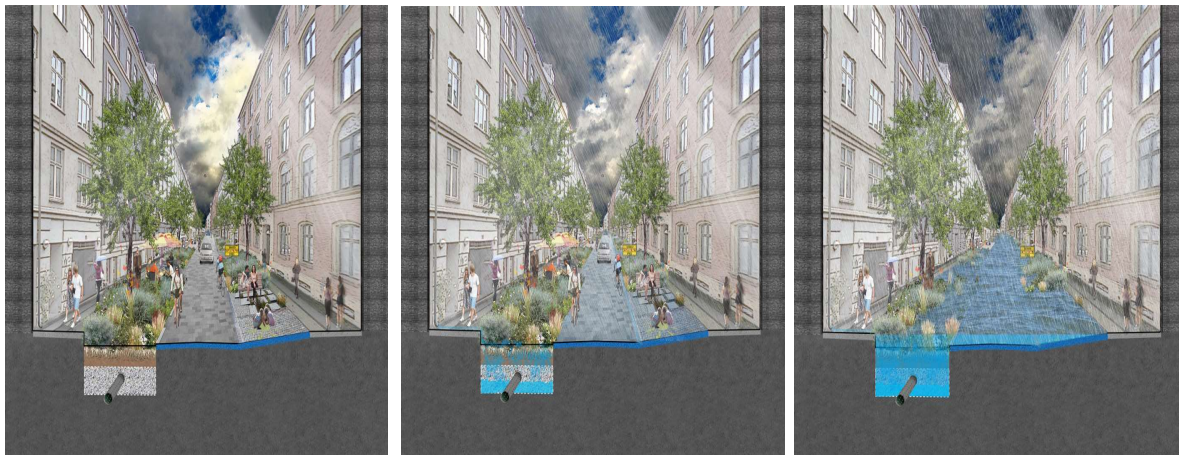
- Zhang and Pan (2016)은 수리·수문학에 바탕을 둔 침수 모형의 해석에 있어서 입력자료의 방대함과 모형구축의 복잡성에 대한 어려움에 대해 문제를 지적하고 단순하게 사용 가능한 몇 가지의 입력자료를 이용하여 빠르게 침수 조건을 결정할 수 있는 GIS기반 urban storm-inundation simulation method (USISM)을 제안하였음
- Change et al. (2015)는 도시침수에서 나타나는 독특한 현상인 지상부 흐름(2D)과 하수관거 흐름(1D) 사이의 상호작용을 지표면 상태(투수층, 불투수층)에 따라서 각기 다른 방식을 적용하여 모델링 하는 기법을 제안하였음
  - 제안된 방식으로 수행된 연구 결과를 기존의 연구 기법과 비교하여 새롭게 제안된 방식이 도시유역의 환경을 더욱 잘 반영함을 나타내었음
- Saksena and Merwade(2015)는 DEM 자료의 정확도가 침수 해석 결과에 중요한 영향을 미치나 고해상도 자료를 얻을 수 없는 지역이 다수 존재함을 언급한 후 DEM 자료의 수평 수직 해상도가 침수 모형의 결과와 맵핑에 미칠 수 있는 영향을 지적하고 저해상도 DEM 자료 이용 시 그 정확도를 향상 시킬 수 있는 관계식을 제안하였음
- Lee et al. (2016)은 도시유역의 특성인 도로와 건물등과 같은 인공구조물이 도시침수에 미치는
- 영향을 분석하기 위하여 토지이용도로에 따라 건물과 도로를 구분 한 후 지표면과 하수관망 사이의 유량교환 지점으로 맨홀과 집수구로 산정한 경우를 비교하여 도시침수 모의시에는 지표면의 건물과 도로에 대한 고려와 함께 집수구를 유량교환 지점으로 산정하여야 보다 실제와 유사한 침수 해석이 가능함을 보였음
- Leandro et al.(2016)은 도시화된 지역의 강우유출 해석의 가장 어려운 점을 지상부와 하수관 사이의 복잡한 상호작용과 도시의 주요 특징의 공간적 이질성으로 특징하고 지표면의 공간적 이질성과 건물 형태의 다양성을 고려할 수 있는 방법론에 대한 연구를 수행한 후 다음과 같은 결과를 도출한바 있음
  - 도시의 공간적 이질성은 평가된 지표면 침수심의 높은 영향에 대해 중간 정도를 가짐
  - 복합적으로 도시의 특성을 더하는 것은 모델에 의해 모의된 동역학적 영향으로 인해 더욱 축적된 영향을 가짐
  - 건물로부터 하수관거로 우수흐름을 연결하는 것은 지표면 침수심에 비선형적 영향을 미침
  - Open Street Maps 자료는 자연적 투수층의 흐름 방향과 물이 고이는 지역을 정의하는데 효과적임
- Noh et al. (2018)은 도시침수 해석에 고해상도 지표면 자료가 필요함을 언급한 후 고해상도 LiDAR 자료를 이용하는 경우 계산 용량 증가로 인한 모의시간 저감을 위해

MessagePassing Interface(MPI)와 OpenMP 병렬 해석 기법을 혼합한 Hybrid Prallelization 기법을 개발하여 적용한 결과 단일 코어 기반 계산 대비 80배 이상 계산 시간을 저감할 수 있음을 보인다 있음

- Copenhagen에서는 조경 분야에서 도로에서의 LID기법 적용은 물론, 도로의 침수능력을 증대시키는 대안 제시<sup>9)</sup>
  - 아이디어적인 대안제시일 뿐 실제 활용과 기술 적용은 미진하지만, 국내 기술로의 적용 가능성 큼



[그림 II-19] 산책로 강우강도별 침수허용 제시안

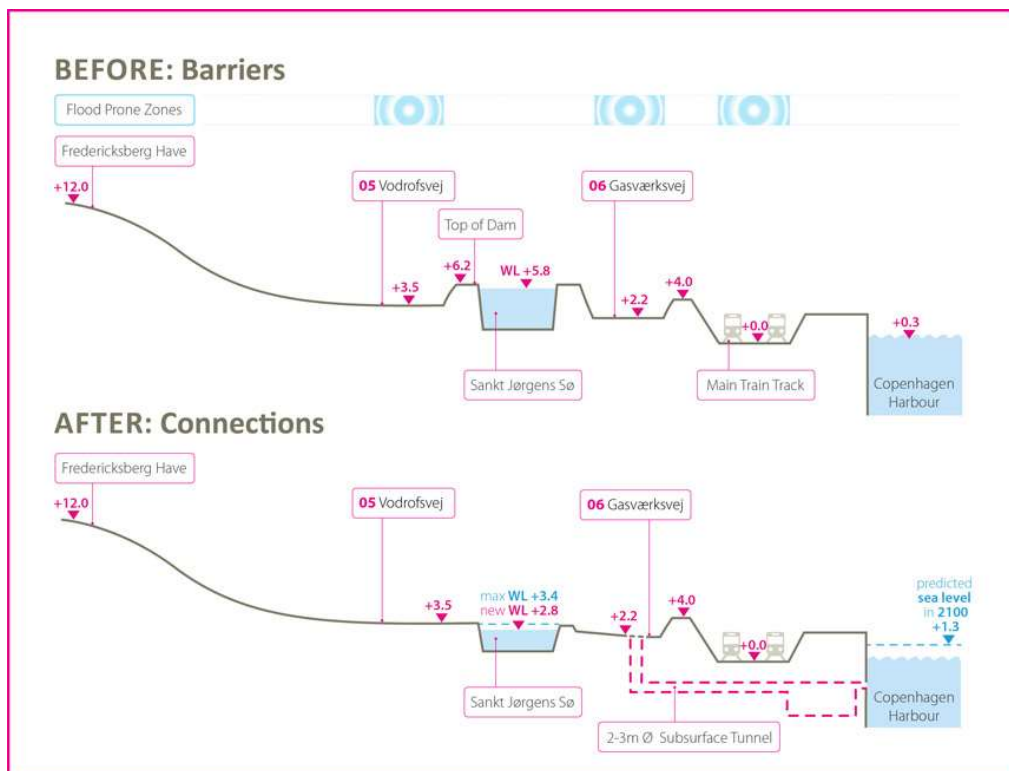


[그림 II-20] 도로 강우강도별 침수허용 제시안

9) <http://landezine.com/index.php/2015/05/copenhagen-strategic-flood-masterplan-by-atelier-dreiseitl/>



[그림 II-21] 침수 발생 시 침수량 산정 예시 사례



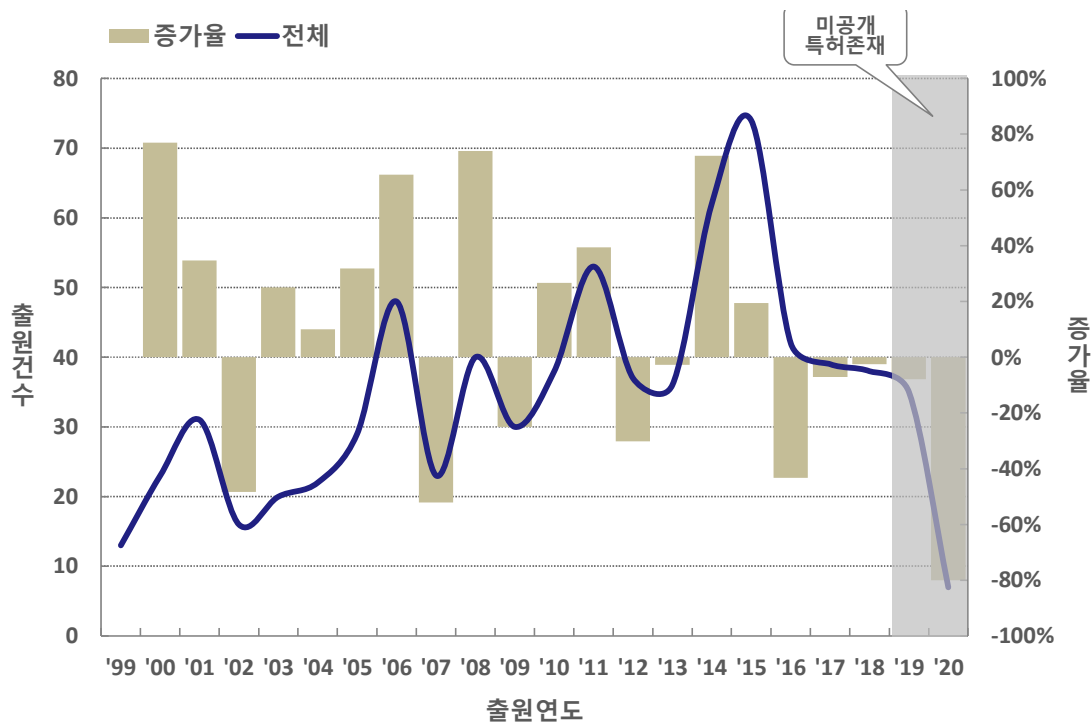
[그림 II-22] 계획전후 횡단면 비교

## 2-3. 특허분석

### 2-3-1. 국가별 특허분석

#### ■ 전체 특허동향

- (전체 연도별 특허동향) 출원연도를 기준으로 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)에 대한 출원건수 현황과 출원 증가율을 통해 출원 증감 추이를 살펴봄



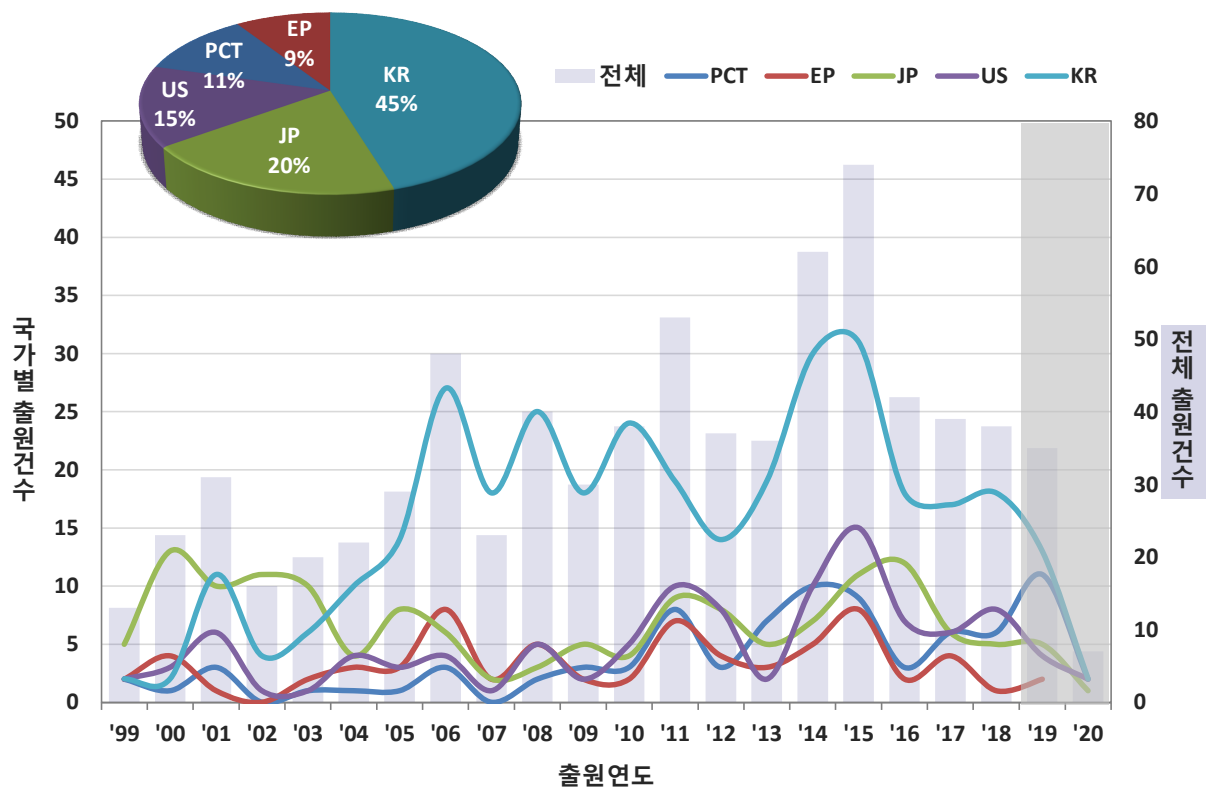
[그림 II-23] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 연도별 특허동향

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야 특허 756건에 대한 출원연도별 특허동향\*을 살펴보면, 1999년 급증 이후, 증가, 감소를 반복하고 있으나, 전반적으로 증가추이를 나타내고 있으나, 2016년부터 2018년까지는 감소하는 것으로 나타남

\* 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있어, 2019~2020년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로, 2018년까지의 유효데이터를 기준으로 의미를 파악함

#### ■ 출원국 특허동향

- (출원국 연도별 특허동향 및 국가별 점유율) 출원연도를 기준으로 각국에서의 특허 출원건수 현황을 통해 출원 증감 추이와 국가별 점유율을 파악하고자 함

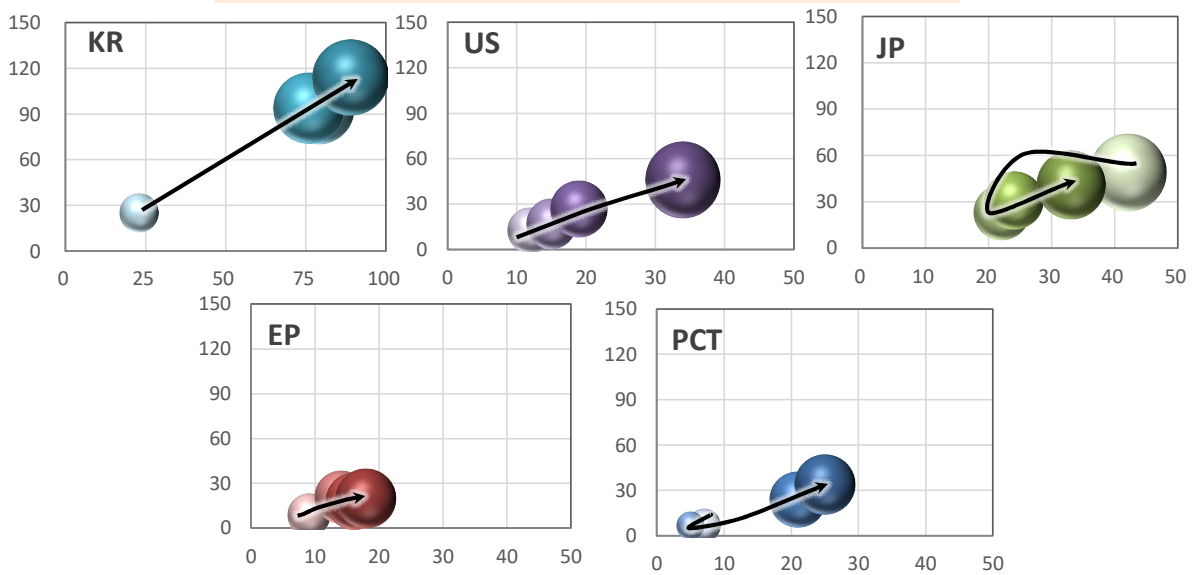
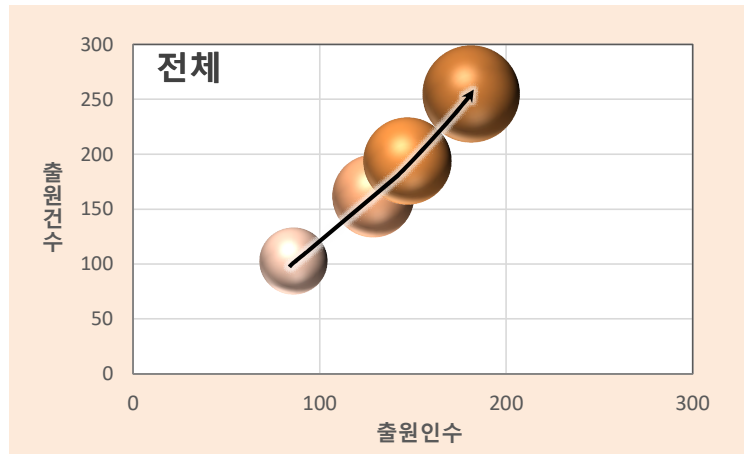


[그림 II-24] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 국가별 출원 동향 및 점유율

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)의 국가별 점유율에 있어서는, 한국이 45%로 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로 일본이 20%, 미국이 15%, PCT 11%, EP가 9%의 순으로 점유율을 기록하고 있음
- 출원연도별 특허동향에서는 가장 많은 출원을 나타낸 한국의 경우, 2006년까지 증가 이후 증가 감소를 반복하다 2015년 가장 많은 특허 출원을 보인 후, 최근까지 다소 감소하는 추이를 나타냄
  - 나머지 4개국은 연간 15건 내외의 출원을 나타내며, 증가 감소를 반복하고 있으며, 일본은 2000년대 초반과 2010년대 중후반에 특허 출원이 집중되어 있으며, 미국, EP, PCT는 전반적으로는 증가하고 있는 것으로 분석됨

## ■ 국가별 기술성장 단계

- (기술 성장단계) 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 분야 전체 및 각 국가별 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원 건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함



| 구간   | 1구간       | 2구간       | 3구간       | 4구간       |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 출원연도 | 1999~2003 | 2004~2008 | 2009~2013 | 2014~2018 |

\* 출원인수 규모의 차이로, 한국과 나머지 4개국에 대해 스케일을 다르게 적용하였으므로, 해석시 유의

[그림 II-25] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 국가별\* 기술 성장 단계

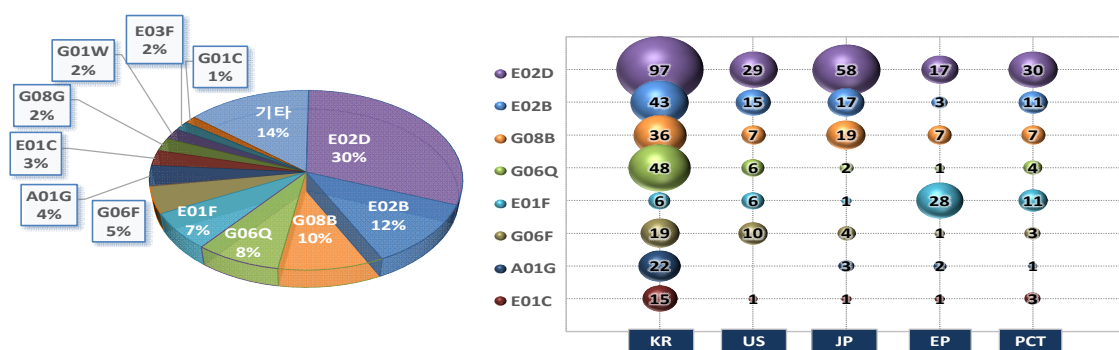
- (전체) 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야 전체 포트폴리오로 분석한 기술성장 단계는 1구간에서 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, 연구개발 및 시장에서의 경쟁자 진입이 활발하게 진행되는 “성장” 단계인 것으로 분석됨
- (한국) 한국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
  - 구간별로 살펴보면, 1구간에서 2구간사이에 출원 건수와 출원인 수가 큰폭으로 증가하고 있는 것으로 나타나며, 2구간에서 4구간 사이는 증가폭이 크지 않은 것으로 나타나, 시장이 안정화 되어 가고 있는 것을 알 수 있음

- (미국) 미국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
  - 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 상대적으로 많이 증가한 것으로, 시장의 신규 진입자들에 의해 시장 경쟁이 본격화 되고 있는 것으로 파악됨
- (일본) 일본특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 3구간까지 출원 건수와 출원인 수가 감소 한 후, 4구간까지는 정체인 것으로 나타나지만, 스케일을 확대 적용한 점을 감안하면, 전반적으로 정체되는 시기로 판단되므로, “성숙” 단계로 분석됨
- (EP, PCT) EP특허와 PCT특허의 포트폴리오 통해 분석한 결과, 1구간부터 4단계까지 규모는 작으나, 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

## 2-3-2. 세부기술 특허분석

### ■ 세부기술 특허현황

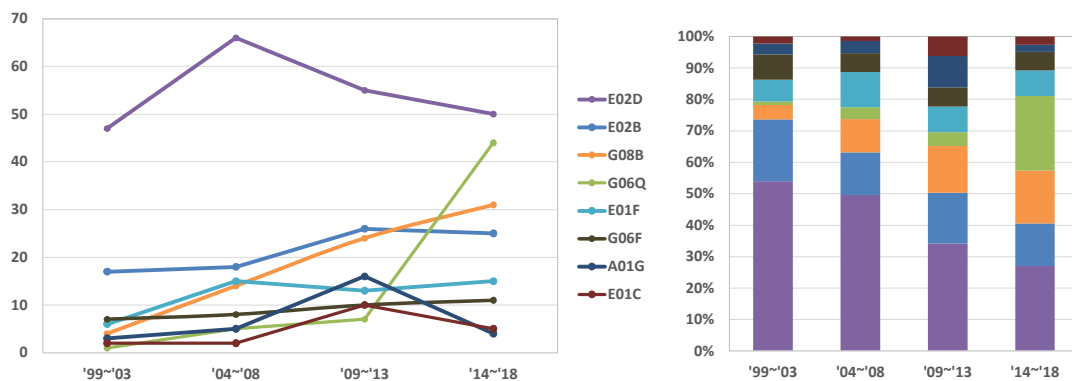
- (세부기술 특허현황) 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 세부분류는 도로안전을 위한 수재해 예측-저감-대응 기술(ABA) 한가지 기술분야인 점을 감안하여, 메인 IPC(국제특허분류 코드) 분석을 통해, 세부 기술의 현황 및 국가별, 구간별 세부기술 분포를 파악함



| IPC 코드 | 코드설명                                                                                                                     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E02D   | 기초; 굴착, 축재; 지하 또는 수중 구조물                                                                                                 |
| E02B   | 수공(水工)                                                                                                                   |
| G08B   | 신호 또는 호출시스템; 지령발신장치; 경보 시스템                                                                                              |
| G06Q   | 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법 |
| E01F   | 도로의 부대설비 설치 또는 플랫폼, 헬리콥터의 착륙대, 표시, 방설책 또는 이와 유사한 것의 건설과 같은 부대작업                                                          |
| G06F   | 전기에 의한 디지털 데이터처리                                                                                                         |
| A01G   | 원예; 채소, 화훼, 버, 과수, 포도, 호프 또는 해초의 재배; 임업; 관수                                                                              |
| E01C   | 도로, 경기장 또는 그와 유사한 것의 건설 또는 그 표면의 시공; 건설 및 보수용 기계 또는 보조 공구                                                                |

[그림 11-26] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 기술별(IPC) 특허현황

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 세부분류는 도로안전을 위한 수재해 예측-저감-대응 기술(ABA)이며, 해당 분류의 IPC 분석을 실시한 결과, E02D 분야가 30%로 가장 주도적인 것으로 분석되었으며, 다음으로는 E02B 분야가 12%, G08B 10%, G06Q 8%, E01F 7%, G06F 5%의 순으로 나타나며, 나머지 분야는 5% 보다 낮게 나타남
- 가장 많은 점유율을 나타낸 IPC코드 E02D 와 다음 점유율을 나타낸 E02F는 각각 기초, 지하 또는 수중 구조물 그리고 수공예에 해당하는 것으로, 수재해 침수와 관련한 해안가 인접의 도로 구조물에 대한 기술들인 것으로 파악되며, G08B와 G06Q는 산사태 및 수재해 관련 정보 및 이에 대한 예측 관련 기술들인 것으로 분석됨
- E01F와 E01C는 도로의 부대시설 및 도로 관련 기술로, 수재해 관련 도로 인프라 관련 기술들로 파악되며, A01G는 원예 관련 IPC코드로 산사태 예방을 위한 식생 블록 등을 이용한 경사구조물에 관한 기술들로 파악됨
- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 국가별 IPC분포는 한국, 미국, 일본에서는 E02D분야에 집중 출원한 반면, EP에서는 E01F 분야에 집중되어 있으며, E01F분야에서는 EP가 가장 높은 출원을 보임
- 한국은 E02D 다음으로 G06Q, E02B, G08B의 순으로 출원이 이루어지고 있으며, 미국은 E02D 다음으로 E02B, G06F, G08B의 순으로 나타남
- 일본은 E02D 다음으로 G08G, E02B 순으로, PCT는 E02D, E02B와 E01F가 그 다음 순으로 나타남
- 유럽은 E01F 다음으로 E02D, G08B의 순으로 출원이 진행되는 것으로 분석됨



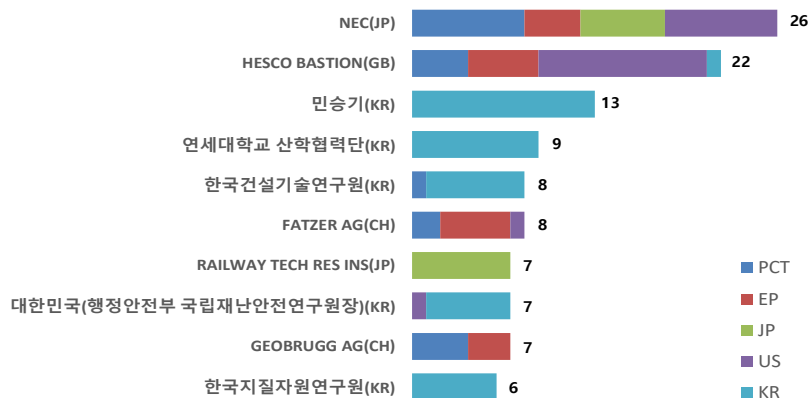
[그림 11-27] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 기술별(IPC) 구간별 특허동향

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 기술별(IPC) 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 가장 높은 점유율의 E02D 분야는 '04~'08 구간부터 점차 감소하고 있고, 점유율에 있어서도 비율이 점차 감소하는 것으로 분석되며, 최근 가장 눈에 띄게 급증한 분야로는 G06Q분야로 예측 및 관리를 위한 데이터 처리 시스템 등에 관한 기술과 G08B로 경보시스템 관련 기술로, 이러한 변화는 도로 수재해 관련 기술이 도로인프라에서 점차 예측, 관리, 대응을 위한 기술분야로 확대 되어 가는 것으로 파악됨

### 2-3-3. 주요 출원인 특허분석

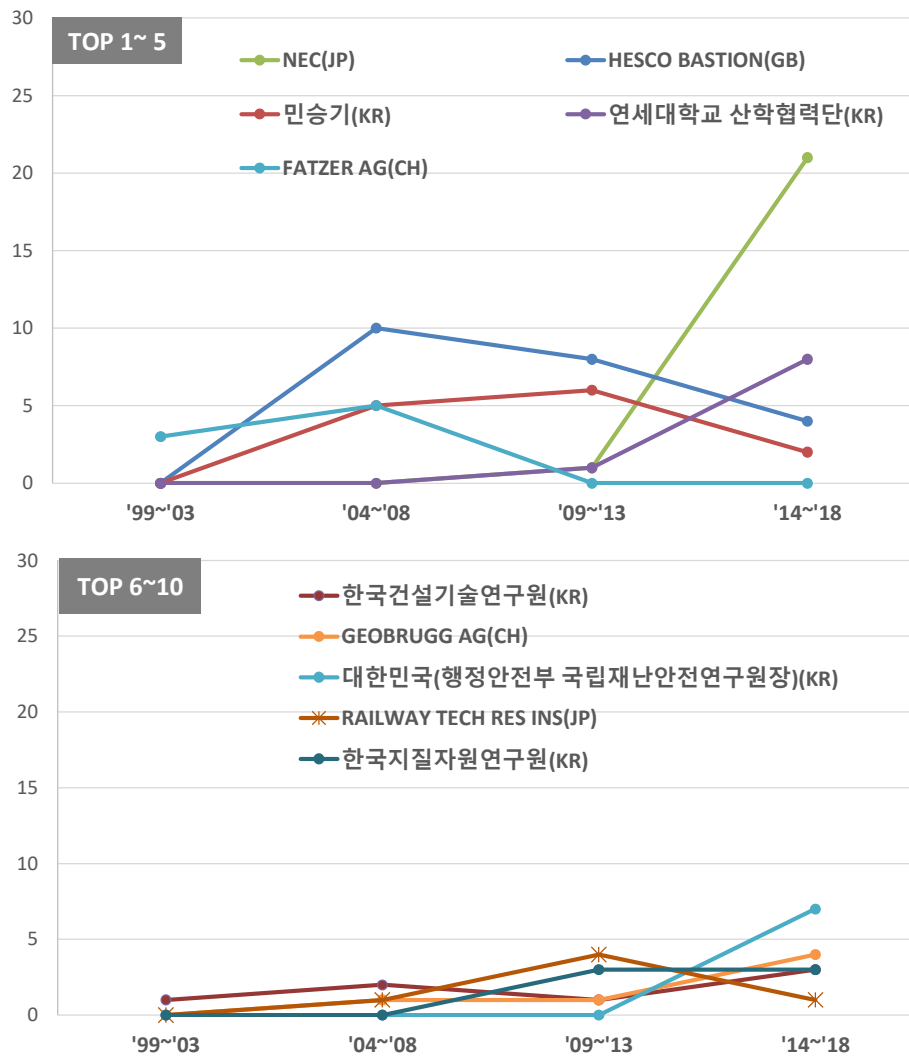
#### ■ 상위 출원인 TOP10 특허동향

- (상위 출원인 TOP 10) 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 상위 출원인 10위까지를 선정하여, 해당 출원인들의 국가별, 기술별 출원현황을 분석함



[그림 II-28] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)분야의 전체 특허에 대해 출원 건수를 기반으로 상위 출원인 10위까지를 선정한 결과, 한국 국적의 출원인이 강세를 나타내며, 다음으로 유럽 국적 출원인도 우위를 보이는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 TOP10의 현황을 살펴보면, NEC가 가장 많은 특허출원을 보유하고 있어 1위를 차지하고 있으며, 다음으로는 2위 HESCO BASTION, 3위 민승기, 4위 연세대학교 산학협력단, 공동 5위 한국건설기술연구원, FATZER AG, 공동 7위 RAILWAY TECH RES INS, 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장), GEOBRUGG AG, 10위는 한국 지질자원 연구원의 순으로 관련 기술 특허를 보유한 것으로 분석됨
  - 상위 10위 출원인들의 국가별 특허출원 건수를 살펴보면, 대부분 자국내 출원에 집중되어 있는 반면, 1위 NEC와 2위 HESCO BASTION는 자국 출원과 더불어 미국특허와 PCT특허 출원을 보유하고 있어, 미국시장 확보 노력을 보이는 것으로 분석됨
  - 상위 출원인에 강세를 보이는 한국은 주로 산학연 기관들의 출원에 의해 관련 기술 특허 확보가 이루어진 것으로 보아, 정부 주도의 연구개발이 활발한 분야로 파악됨



[그림 II-29] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향

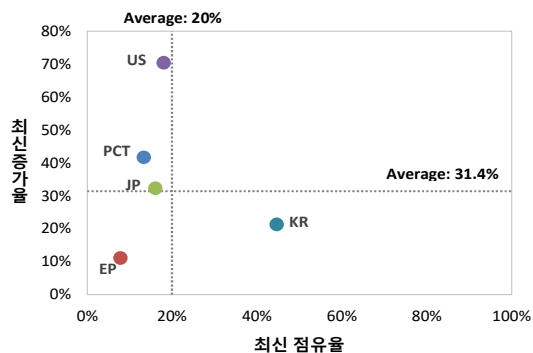
- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 분야 상위 출원인 TOP10의 출원구간별 특허동향을 분석한 결과, 최근 '14~'18 출원구간에 특허출원증가세가 가장 높은 출원인으로는 1위를 기록한 NEC와 4위연세대 산학협력단과 공동7위인 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장)으로 나타남

## 2-3-4. 최신 특허동향분석

### ■ 국가별 최신 특허동향

- (국가별 최신 특허동향) 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)의 국가별로 이전 구간('09~'13) 대비 최신 구간('14~'18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상국가와 최근 시장주도 국가를 상대적으로 비교 분석하여 최근 특허동향을 파악함

| 구분  | 특허건수 |                   |                   | 최신<br>증가율 | 최신<br>점유율 |
|-----|------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
|     | 전체   | 이전구간<br>(‘09~‘13) | 최신구간<br>(‘14~‘18) |           |           |
| KR  | 342  | 94                | 114               | 21.3%     | 44.7%     |
| US  | 109  | 27                | 46                | 70.4%     | 18.0%     |
| JP  | 150  | 31                | 41                | 32.3%     | 16.1%     |
| EP  | 70   | 18                | 20                | 11.1%     | 7.8%      |
| PCT | 85   | 24                | 34                | 41.7%     | 13.3%     |
| 전체  | 756  | 194               | 255               | 31.4%     | 100%      |



[그림 II-30] 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 최신 특허동향

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)에 있어 각 국가별로 알아본 최신 특허동향분석 결과, 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상인 국가는 없는 것으로 분석됨
  - IP부상도는 미국이 가장 높은 것으로 분석되며, 다음으로는 PCT와 일본순으로 나타나며, 이들은 최신 점유율에서는 평균보다 낮아 시장을 주도하고 있지는 않으나 최신 연구개발이 증가하고 있는 것으로 분석됨
  - 최신구간의 점유율에 있어서는 한국이 가장 높게 나타나는 반면, IP부상도에서는 낮은 값을 보이고 있으며, EP는 최신점유율과 증가율 모두 평균 이하로 분석

## 2-3-5. 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허분석 결론

- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허 756건에 대한 특허분석 결과, 2016년부터 2018년까지 다소 감소하고 있으나, 이외 출원연도에 따라 전반적으로 증가추이를 나타내고 있고, 기술성장 단계에서 “성장” 단계로 분석되어, 향후 꾸준한 출원 증기를 이어 갈 것으로 전망됨
- 국가별 분석 결과, 한국이 45%로 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로는 일본, 미국, PCT, EP 순으로 나타남
- 국가별 성장단계분석에서는 한국, 미국, EP, PCT는 “성장”단계, 일본은 정체 경향을 나타내며 ‘성숙’ 단계로 분석됨

- 기술별(IPC코드)분석결과, 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 특허는 과거 도로 수재해 관련 기술에서 도로인프라에서 점차 수재해 예측, 관리, 대응을 위한 데이터 처리 및 시스템 관련 기술분야로 확대 되어 가는 것으로 분석
  - IPC코드 분석 결과, 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련 특허의 IPC 점유율은 E02D 분야가 30%로 가장 높은 점유율로 분석되었으며, 다음으로는 E02B 분야가 12%, G08B 10%, G06Q 8%의 순으로 나타나며, E02D와 E02B는 기초, 지하 또는 수중 구조물 그리고 수공에 해당하는 것으로, 수재해 침수와 관련한 해안가 인접의 도로 구조물에 대한 기술들이므로 파악되며, G08B와 G06Q는 산사태 및 수재해 관련 정보 및 이에 대한 예측 관련 기술들이므로 분석됨
  - 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 가장 높은 점유율의 E02D 분야는 '04~'08 구간부터 점차 감소하고 있고, 점유율에 있어서도 비율이 점차 감소하는 것으로 분석되며, 최근 가장 눈에 띄게 급증한 분야로는 G06Q분야로 예측 및 관리를 위한 데이터 처리 시스템 등에 관한 기술과 G08B로 경보시스템 관련 기술인 것으로 파악됨
- 상위 출원인 10위까지의 분석결과, 한국 국적의 출원인이 강세를 나타내며, 다음으로 유럽 국적 출원인도 우위를 보이는 것으로 분석되며, 특히 한국 국적 출원인은 산학연 기관들로 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB) 관련하여 한국시장은 정부 주도의 연구 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨
  - 상위 출원인 TOP10 분석 결과, NEC가 가장 많은 특허출원을 보유하고 있어 1위를 차지하고 있으며, 다음으로는 2위 HESCO BASTION, 3위 민승기, 4위 연세대학교 산학협력단, 공동 5위 한국건설기술연구원, FATZER AG, 공동 7위 AILWAY TECH RES INS, 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장), GEOBRUGG AG, 10위는 한국 지질자원 연구원의 순으로 관련 기술 특허를 보유한 것으로 나타남
  - 최근 '14~'18 출원구간에 특허출원증가세가 가장 높은 출원인으로는 1위를 기록한 NEC와 4위연세대 산학협력단과 공동7위인 대한민국(행정안전부 국립재난안전연구원장)으로 나타남
- 도로 수재해 예측-저감-대응 기술(AB)에 있어 최신에 시장을 주도하면서 연구개발이 증가하는 국가는 없으나, 미국이 IP부상도가 가장 높은 것으로 분석되므로, 향후 미국 시장에 대한 IP 확보노력이 요구됨

### 3. 연구목표 및 범위

#### 3-1. 기본개념 및 범위

##### ■ 재난과 재해

- 현행 법 제도에서 재난 재해 및 안전과 관련된 법령은 소관 부처별, 사회 영역별, 안전관리 대상별로 흩어져 있어 혼용되고 있음
- 재난 및 안전관리 기본법<sup>10)</sup>에 따르면, 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것을 재난이라고 하며, 자연재난과 사회재난으로 분류함
  - (자연재난) 태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일(海溢), 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사(黃砂), 조류(藻類) 대발생, 조수(潮水), 화산활동, 소행성·유성체 등 자연 우주물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해
  - (사회재난) 화재·붕괴·폭발·교통사고(항공사고 및 해상사고를 포함한다)·화생방사고·환경오염사고 등으로 인하여 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해와 국가핵심기반의 마비, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른 감염병 또는 「가축전염병예방법」에 따른 가축전염병의 확산, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 따른 미세먼지 등으로 인한 피해
- 재난관리는 예방(특정관리 대상지역 지정, 재난방지시설 관리, 교육 등) - 대비(재난관리기준 제정 등) - 대응(재난사태 선포, 경보 발령, 대피 등) - 복구(특별재난지역 선포, 피해 신고, 손실 보상 등)로 구성되는 총체적인 개념을 의미함
- 대표적 재난 연구 기관인 UN 재난경감국제협력기구(UNISDR: UN International Strategy for Disaster Reduction)<sup>11)</sup>에서는 재난이란 공동체 또는 사회가 자신의 자원을 사용하여 대처할 수 있는 능력을 초과하는 광범위한 인적, 물적, 경제적 또는 환경적 손실 및 그 영향으로 사회 기능이 심각하게 붕괴되는 상태로 정의하고 있음(김금지, 2018)
- 또한 최근에는 재난 분류에 있어 자연재난과 사회재난으로 구분하는 이분법적인 시각에 대한
- 의문이 제기되고 있으며 단일 재난이 타 유형의 재난으로 확산되거나 두 개 이상의 재난이 복합적으로 발생하는 ‘복합재난’ 용어가 사용되기 시작 (김금지, 2018)

10) 재난 및 안전관리 기본법은 각종 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 국가와 지방자치단체의 재난 및 안전관리체계를 확립하고 재난의 예방·대비·대응·복구와 안전문화활동, 그 밖에 재난 및 안전관리에 필요한 사항을 규정하고 있음. 과거 개별법으로 흩어져 있던 재난 관련 제도를 통합하고 효율적인 재난관리를 위하여 기존의 재난관리법과 자연재해대책법의 일부 내용을 통합하여 재난 및 안전관리 기본법을 신규 제정.

11) UNISDR: UN International Strategy for Disaster Reduction)은 자연재해 저감을 위한 국제전략기구로 스위스 제네바에 본부를 두고 있으며, 우리나라를 포함한 9개 국가에서 운영 자금을 지원하고 있다.

- 자연재해대책법<sup>12)</sup>에 따르면, 재난으로 인하여 발생하는 피해를 재해라고 정의함. 특히 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설 등 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 풍수해라고 정의함

[표 II-6] 재난재해 관련 용어 (행정안전부(2018) 자료 인용 및 일부 수정)

| 용어       | 해설                                                                                                                      | 법령                 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 재난       | 국민의 생명 신체 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것                                                                                      | 재난 및 안전관리 기본법 제 3조 |
| 자연재난     | 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사, 조류 대발생, 조수, 화산활동, 소행성유성체 등 자연우주물체의 추락충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해 | 재난 및 안전관리 기본법 제 3조 |
| 재난관리     | 재난의 예방·대비·대응 및 복구를 위하여 하는 모든 활동                                                                                         | 재난 및 안전관리 기본법 제 3조 |
| 재해       | 재난 및 안전관리 기본법 제 3조 제1호에 따른 재난으로 인하여 발생하는 피해                                                                             | 자연재해대책법 제2조        |
| 자연재해     | 자연재난으로 인하여 발생하는 재해                                                                                                      | 자연재해대책법 제 2조       |
| 풍수해(風水害) | 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해                                                          | 자연재해대책법 제 2조       |
| 재해영향평가   | 자연재해에 영향을 미치는 개발사업으로 인한 재해 유발 요인을 조사·예측·평가하고 이에 대한 대책을 마련하는 것을 말함                                                       | 자연재해대책법 제 2조       |
| 재해복구     | 재난관리책임기관의 장은 소관 시설 또는 업무에 관계되는 자연재해가 발생하였을 때에는 이 법 또는 다른 법령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 즉시 자체복구계획을 수립·시행하여야 함                 | 자연재해대책법 제4장        |

- 재난과 재해의 구분을 명확하게 하는 아래 그림과 같이 재난주기에서 예방과 대응 단계 사이에 발생하는 것을 재해라고 정의할 수 있음



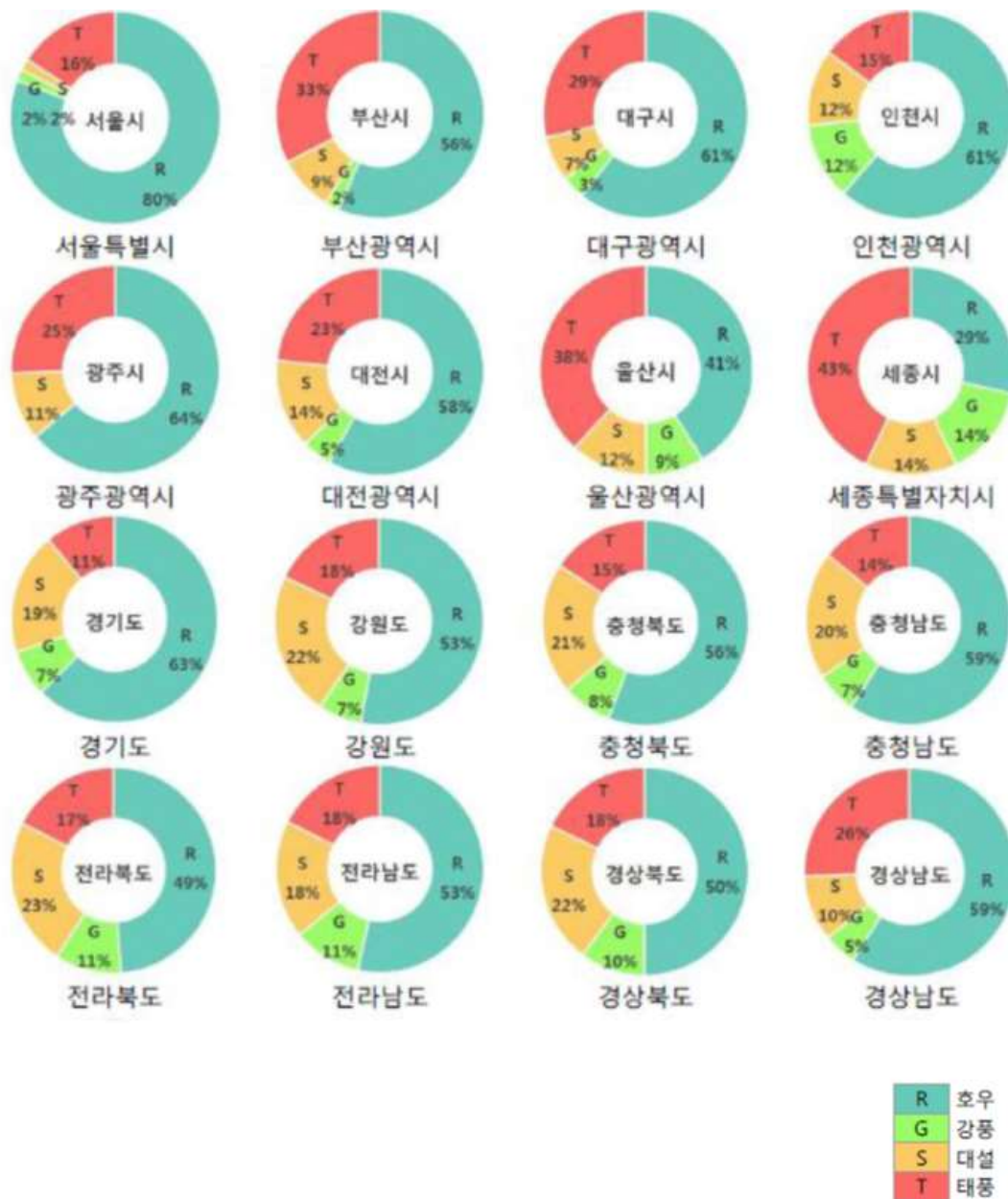
[그림 II-31] 재난주기와 재해 (김정화, 2019)

- 본 기획과제에서는 도로와 수자원 분야를 연계하여 도로 안전을 위하여 수자원 분야에서 할 수 있는 기술을 제안하기 위하여 자연재해의 예측, 예방, 대응을 위한 기술 개발에 초점을 맞추어 진행

12) 자연재해대책법은 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설(基幹施設)을 보호하기 위하여 자연재해의 예방·복구 및 그 밖의 대책에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함.

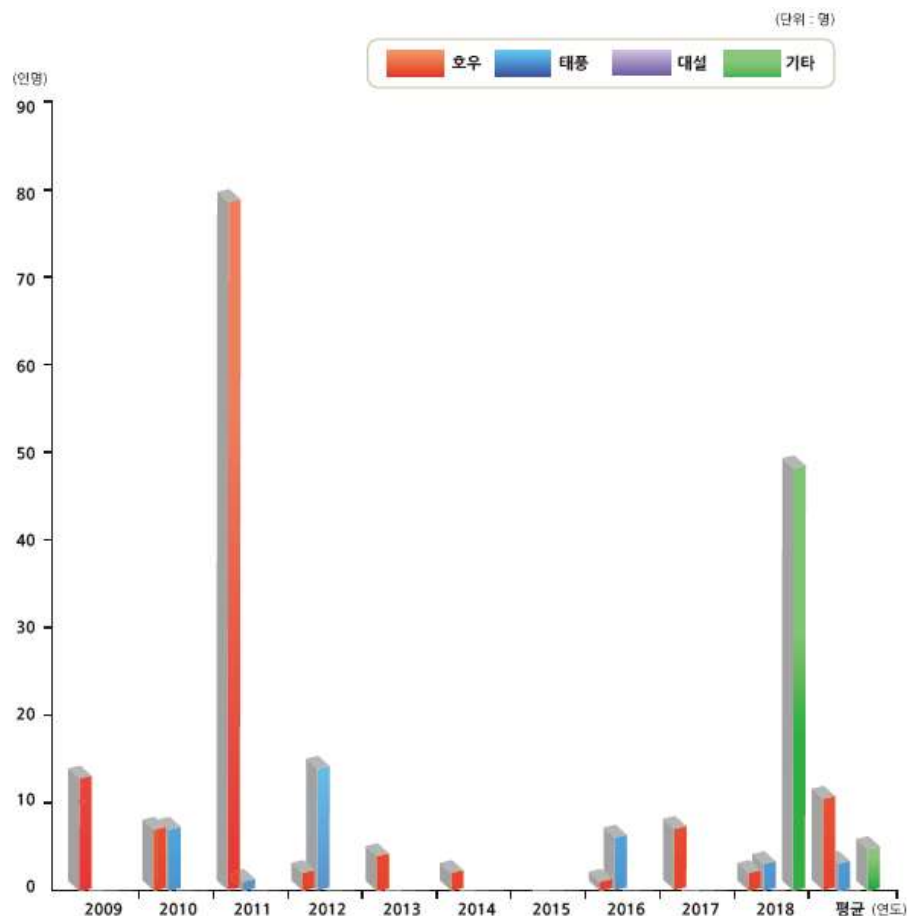
## ■ 연구의 범위

- 도로안전을 위하여 태풍, 호우, 홍수 등으로 발생할 수 있는 산사태 및 침수 예측-저감-대응 기술 개발
  - 하단 그림은 2000년부터 2016년에 발생한 대표적 자연재난 현황 및 피해 특성을 나타낸 것으로 재해연보의 자연재난 발생현황을 참고하여 작성됨 (김금지, 2018)
  - 국내에서 발생하는 자연재난의 대부분은 호우 발생 비율이 가장 높았음. 강풍이나 대설은 호우나 태풍에 비하면 아주 낮은 비율로 발생



[그림 II-32] 시도별 자연재난 발생현황(2000~2016년) (김금지, 2018)

- 태풍, 호우, 홍수 등의 자연재해는 산사태나 침수로 인한 도로로의 접근을 차단하거나 도로 위에서 인명피해를 발생시킴
- 최근 10년간 재해별 인명피해 현황을 보면 호우로 인한 인명피해가 압도적으로 많음
- 호우나 홍수와 같은 수재해는 수자원 분야에서 원인 규명, 예측 및 대응 연구가 진행되고 있으나 유역 단위나 국지적인 영역에 대하여 진행되는 경우가 많기 때문에, 도로 안전을 위한 접근 방법과 융합연구가 필수적임



[그림 II-33] 최근 10년간 재해별 인명피해 현황 (2018 행정안전부)

- 도로기술개발전략안에는 8대 중점추진기술을 비롯해 총 100여개 이상의 과제가 포함되어 있으며, 향후 기술의 시급성과 기술간 연계성, 연구개발 사업비 규모 등을 고려하여 기획연구를 추진할 계획
- 도로분야 기술개발전략에서 안전한 도로, 편리한 도로, 경제적 도로, 친환경 도로의 핵심분야 중 안전한 도로와 친환경 도로의 핵심기술은 표 1-2과 같음. 안전한 도로의 핵심기술은 도로 모니터링에 관련한 기술과 재난 대응 도로 운영 및 복구 시스템에 관련한 내용임. 수재해 예측 대응 분야와 연계한다면, 안전한 도로에서는 ‘재해 원인 규명 - 재해 발생 도로 모니터링 - 도로 재해 상황 예측 - 도로 운영 및 대응’으로 연계 가능

- 친환경 도로에서는 LID(Low Impact Development) 기술 및 Eco-DRR(Disaster Risk Reduction)<sup>13)</sup> 개념을 접목하여 도로 주변 친환경 조성 기술 및 도로 자체의 친환경적 설계 대안 제시 가능

[표 II-7] 도로분야 기술개발전략('20-'30) 핵심분야 일부(안전한 도로, 친환경 도로) 및 핵심기술

| 핵심분야   | 핵심기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 안전한 도로 | <b>[1] 스마트 도로 안전 모니터링 및 사고 저감 시스템</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 블랙아이스 등 노면상태 센싱 및 I2X 기반 정보 제공 기술</li> <li>· CCTV 등 도로교통 센서와 머신러닝 기술을 접목한 차선이탈 등 차량 운전 패턴 분석</li> <li>· 위험상황 분류 및 SI기반 자동 판단 기술</li> <li>· 우천시에도 시인성이 확보되는 자체발광형 차선 개발</li> <li>· 도로환경 변화(안개, 결빙 등)에 적합한 속도를 운전자에게 제공하는 스마트 속도관리시스템 개발</li> <li>· 잠재적 사고 위험상황 종합 모니터링 및 모바일 연동 운전자-보행자 정보 제공(I2X) 플랫폼 구축</li> </ul>                                                                                                              |
|        | <b>[2] 초대형 재난대응 도로 운영 및 신속복구 시스템</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 이상기후에 의한 폭우·강풍·해일 등 극한 위험 환경에 대응 가능한 저항성 도로시설물 및 구조물 개발</li> <li>· 터널·교량·도로·사면 파괴시 IoT, 드론 등 활용한 상황 인지 및 긴급복구 시스템 개발</li> <li>· 안전한 피난대피 도모를 위한 도로 기반 비상 전력, 통신 확보를 포함한 입체적 공간 활용 기술 개발</li> <li>· 재난 발생시 도로주변 지역 대피 및 복구 물자 수송계획 최적화 및 재난 대응 차량 운행 통합관리 기술개발</li> <li>· 가상 재난환경 구현을 통한 피해상황 예측 및 대응 최적화 시스템 기술개발</li> </ul>                                                                                                      |
| 친환경 도로 | <b>[1] 스마트 에너지 생산 및 실시간 고속 전기차량 충전 인프라</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지 하베스팅 효율성 향상 기술 및 분산전력 활용 기술 개발</li> <li>· 도로부지·시설물 활용 에너지 하베스팅 도로시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 도로시설물의 태양광 발전 접목 확대기술, 중분대 풍력발전 등</li> </ul> </li> <li>· 하베스팅 최적화를 통한 에너지 자립형 도로 활용기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 태양광 자전거 도로, 저전력 압전 스마트 발광차선도로, 노면 바닥형 LED 정보제공 도로, 자가 인식형 약자보호 도로 등</li> </ul> </li> <li>· 고속 주행 중 충전이 가능한 이동식 무선 고속충전 인프라 개발</li> </ul> |
|        | <b>[2] 거주 친화적 도로환경 조성 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· IoT 기반 실시간 도로 소음 및 공해 측정장치 개발</li> <li>· 3D 소음 측정 시뮬레이션 기술 개발 및 최적화 설계 기술</li> <li>· 운전자 및 이용자를 위한 실시간 모니터링 및 예측정보 제공 플랫폼</li> <li>· 최적 대응을 위한 AI 기반 공해 예측 및 배출량 관리 시스템 개발</li> <li>· 오염물질 흡착·자가분해, 저소음 고내구성 포장 등 기능성 포장 개발</li> <li>· 방음벽 등 소음 대책 시설의 성능평가 및 설치 기준 개발</li> </ul>                                                                                                                                                         |

13) Eco-DRR(Disaster Risk Reduction): 생태적 재해위험저감. IUCN(International Union for Conservation of Nature)에서 재해 위험 경감을 위하여 통합적인 자연 기반 해결책을 제시하고자 하는 개념 제시..

## 3-2. 연구개발 목표

### ■ 비전

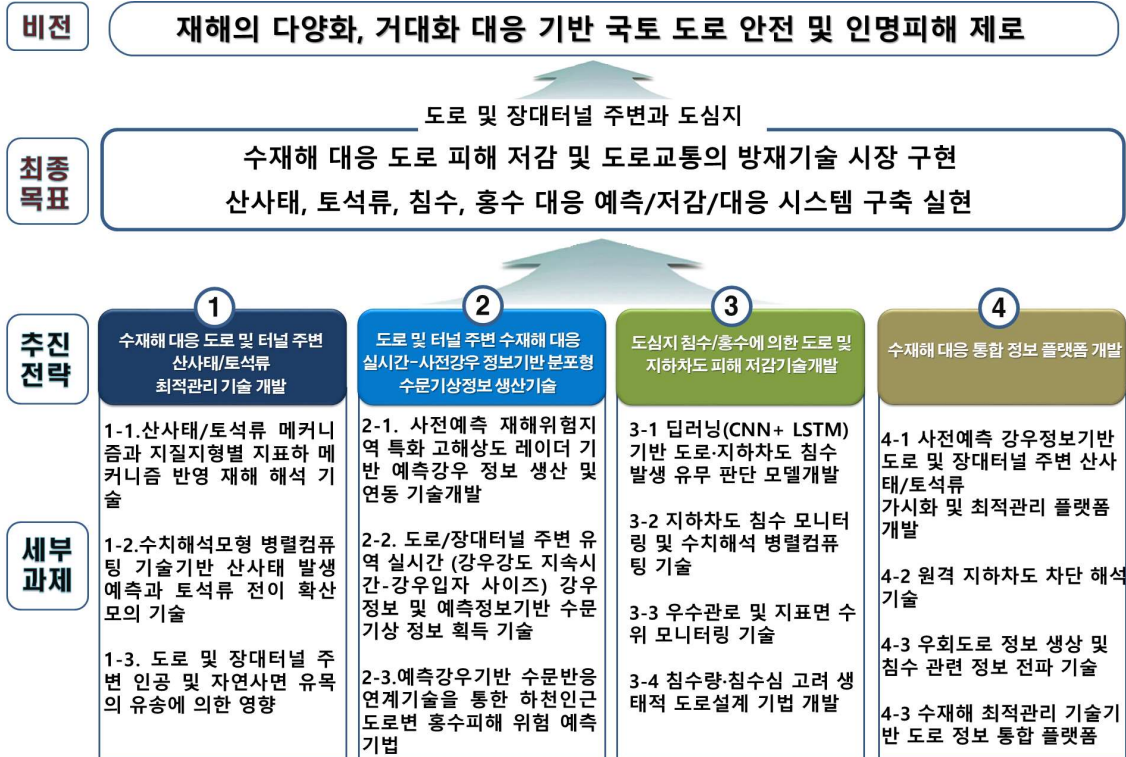
- 재해의 다양화, 거대화에 대응한 도로 안전 향상

### ■ 목표

- 수재해 대응 도로 피해 저감 및 도로교통 방재기술 시장 구현
- 산사태, 토석류, 침수, 홍수 대응 예측/저감/대응 시스템 구축 실현

### ■ 중점추진분야

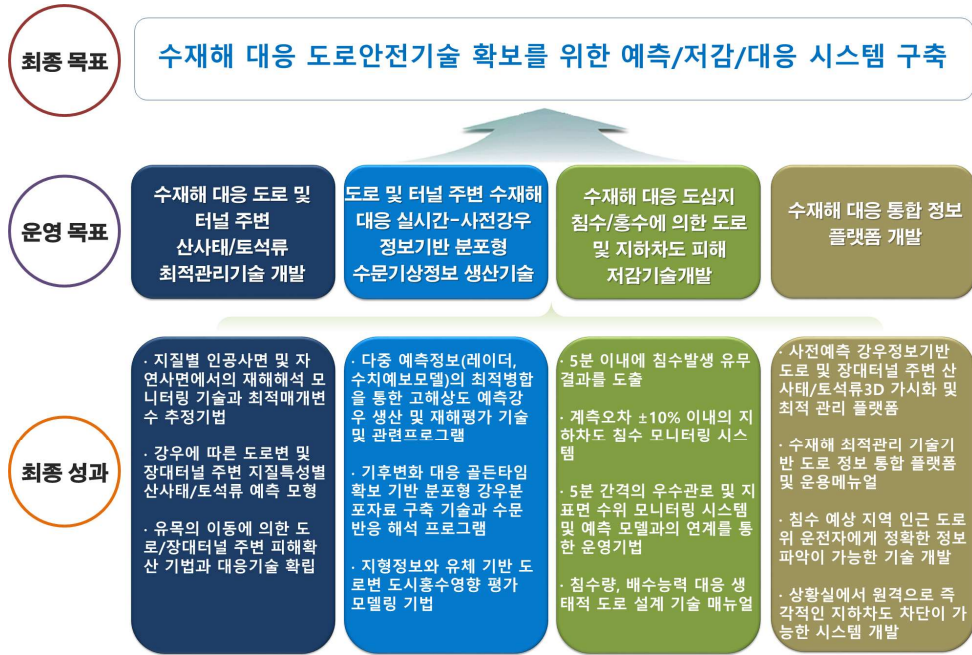
- 수재해 대응 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술
  - 도로 및 터널 주변 실시간-사전강우 정보기반 분포형 수문기상정보 생산기술
  - 도심지 침수/홍수에 의한 도로 및 지하차도 피해 저감기술
  - 수재해 대응 통합 정보 플랫폼 개발



[그림 II-34] 연구개발 범위

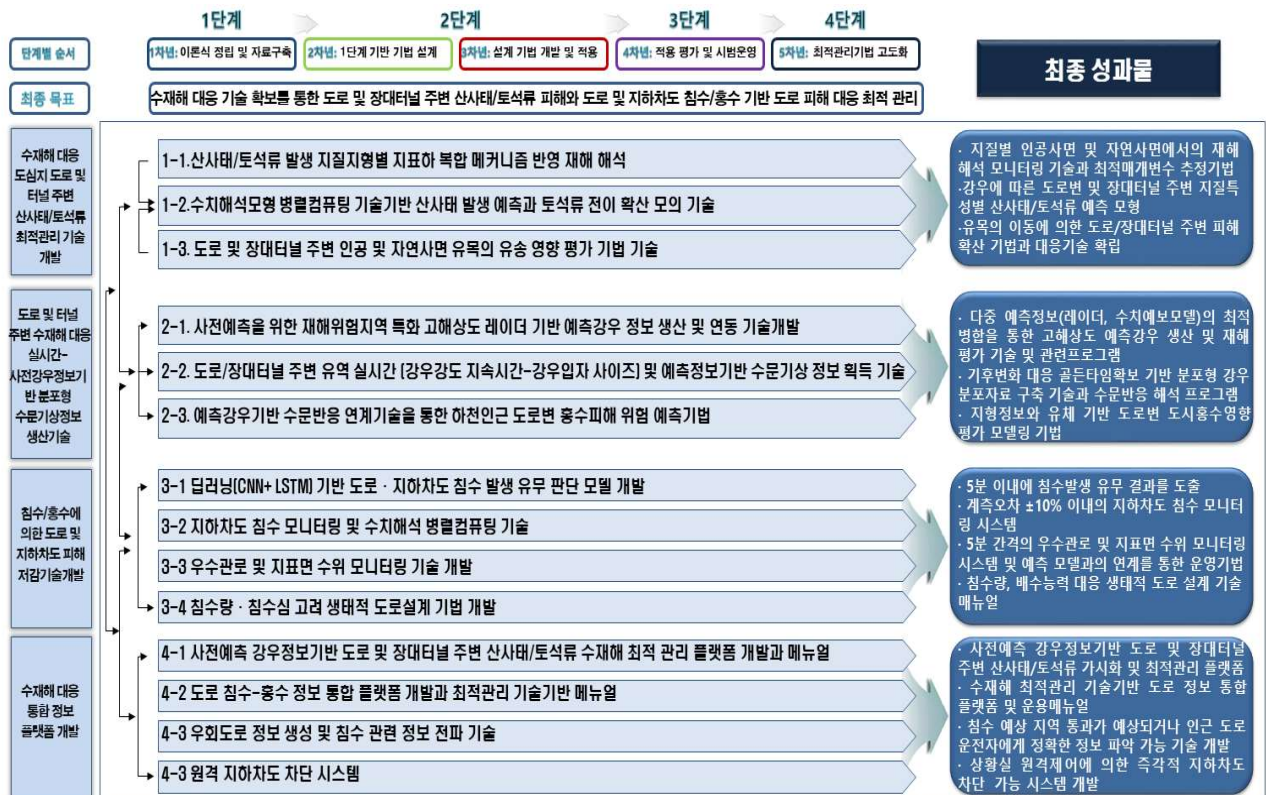
## ■ 최종 목표

- 2020년 장마와 태풍으로 발생한 산사태로 인한 피해액(산림청 기준)은 약 1천억에 이르며, 부산에서는 시간당 80 mm가 넘는 폭우로 인하여 도로, 주차장, 지하차도 등의 침수로 인한 인명피해 발생
- 국내에서는 산사태 예측과 관련하여 다양한 결정론적 또는 확률론적 접근법들을 통하여 적용성 평가가 수행 중에 있지만, 아직까지 산사태의 예측·경보 발령과 관련해서는 강우량과 토양함수지수를 설정하여 활용
- 국내에서는 산사태 발생 관련 사·공간적인 정보의 DB구축이 미비하여 산사태유발강우의 강도-지속시간에 대한 관계가 아직 명확히 규명되고 있지 못하기 때문임
- 기존 도로/장대터널 주변 산사태 위험지역 산사태 발생 가능성 예측 관련 연구 정확도 70% → 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발을 통한 전국 단위 적용 정확도 75% 달성
- 호우나 홍수와 같은 수재해는 수자원 분야에서 원인 규명, 예측 및 대응 연구가 진행되고 있으나 유역 단위나 국지적인 영역으로 진행되고 있으며, 도로 안전을 위한 연계 연구 전무
- 예측 강우를 이용하여 수십 초에서 수 분 이내에 지하차도, 도로 침수 발생 유무와 예측가능한 덤러닝 모델 개발
- 덤러닝 모델에서 침수 발생이 예측 되는 경우 도로침수 실시간 모니터링 자료와 고해상도 1D-2D 침수 해석 모델을 이용하여 상세 위치, 피해규모, 피해정도를 예측
- 지하차도 침수예측시 원격제어 장치를 이용하여 해당 차도를 차단하고 전파시스템을 활용하여 인근 차량들에게 지하차도 차단 정보와 우회정보를 안내
- 도로침수 예측시 빅데이터 분석에 기반하여 해당 위치를 통과할 것으로 예상되는 차량들에게 침수예측 정보와 우회도로 정보를 안내
- 도로지하차도 침수예측 시스템, 도로침수 실시간 모니터링 기술, 지하차도 진입차단 원격제어 시스템을 통합한 도로지하차도 침수피해 저감시스템 구축을 통하여 지하차도 고립·침수로 인한 인명피해와 자동차 침수피해 제로화, 도로침수로 인한 인명피해 제로화 및 자동차 침수 피해 30% 저감 실현
- CCTV+IoT기반 영상 분석 기술 및 수재해 통합 플랫폼 구축으로 ‘재해 원인 및 과정 규명 - 재해 발생 도로 모니터링 및 표출 - 도로 재해 상황 예측 - 재해 대응 도로 운용 및 대책 수립 체계 구축



[그림 11-35] 연구개발 목표

### 3-3. 연구과제 전체구성 및 연계



[그림 11-36] 연구과제 구성 및 연계

[표 II-8] 세부기술별 연구개발 목표

| 세부기술                                                | 구성기술                                                       | 성과지표(성과물)                                                                                                                       | 개발목표 스펙                                                                                                                              | 설정근거                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발                   | · 산사태/토석류 발생 지질지형별 지표화 복합 메커니즘 반영 재해 해석                    | · 강우에 따른 도로변 및 장대터널 주변 지질특성별 3차원 지표화 흐름이동 산사태/토석류 예측 기법                                                                         | · 전국대상 주요도로/장대터널 주변 산사태 위험지역 산사태 발생 가능성 75% 이상 정확도 예측                                                                                | · 최신 연구에서 제시하고 있는 정확도가 70% 수준으로 전국에 적용하는 것을 가정하여 최소를 75% 수준으로 목표 함<br>· 핵심 알고리즘 개발 2년 소요<br>· 시스템 개발 및 병렬 컴퓨팅 기술 적용 2년 소요<br>· 전국 적용 및 매개변수 최적화 과정 3년 소요<br>· 북한과 같은 미계측지역에 대한 통일 시 관련 예산 산출 근거                                                         |
|                                                     | · 강우에 따른 산사태/토석류 발생 예측 모형 알고리즘                             | · 영향위험 매트릭스를 통한 지질특성 별 구조적 비구조적 대응기술 확립<br>· 수치해석모형 병렬컴퓨팅 기술기반 도로주변 산사태/토석류 유하 대응 기법 기술                                         | · 전국 주요도로/장대터널 주변 토석류 피해지역 75% 이상 정확도 예측<br>· 토석류 유하에 대한 구조물(투과형 불투과형) 영향 해석<br>· 산사태/토석류 발생가능성 1시간 사전예측<br>· 미계측지역 자연재난지역 예측 70% 이상 |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                     | · 도로-터널주변 유송에 의한 영향                                        | · 유목의 이동에 의한 피해확산 기법과 대응 기술 확립                                                                                                  |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 도심지 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전 강우정보기반 분포형 수문기상정보 생산기술 | · 사전예측을 위한 재해위험지역 특화 고해상도 레이더 기반 예측강우 정보 생산 및 연동 기술개발      | · 위험지역 특화 고해상도 레이더 강우예측 모형<br>· 다중 예측정보(레이더, 수치예보모델)의 최적 병합을 통한 고해상도 예측강우 생산 및 재해평가 연계 프로그램<br>· 3차원 레이더 정보 기반 돌발성 호우 사전예측 프로그램 | · 재해위험지역의 강우예측 정량정확도 65% 이상<br>· 돌발호우 발생가능성 1시간 사전예측                                                                                 | · 현재 예측강우의 정량적 정확도는 미국 NOAA 50~60%, 기상청 40% 수준으로, 최소 65% 수준으로 목표함<br>· 국외 돌발호우 예측기술 수준으로 돌발성호우 사전예측기술의 국내 적용에 3년 소요<br><br>· 강우-지표면류의 일반적인 정량적 예측정확도는 70% 이상의 수준에서 최소 80% 수준으로 목표함<br><br>· 모니터링 및 핵심알고리즘 개발 2년 소요<br>· 하천인근 도로변 홍수피해 위험 예측의 정확도 70% 이상 |
|                                                     | · 도로/장대터널주변 유역실시간(강우강도 지속시간-강우입자 사이즈) 강우정보 및 수문기상 정보 획득 기술 | · 강우입자사이즈 고려 센서기반 지표류 해석 모형 개발<br>· 기후변화 대응 골든타 임박보 기반 분포형 강우분포자료 구축 기술<br>· 센서기반 지표-지표화 메커니즘 연계기술 반영 자연사면 지역 수문반응 해석 프로그램      | · 강우-지표면류 해석 정량정확도 80% 이상<br>· 센서기반 지표-지표화 수문반응 75% 이상 정확도 예측                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                     | · 예측강우기반 수문반응 연계기술을 통한 하천인근 도로변 홍수피해 위험 예측기법               | · 지형정보와 유체 기반 도로변 홍수영향 평가 모델링 기법 개발                                                                                             | · Radar 강우정보 및 돌발호우정보 기반 도로주변 홍수피해 사전예측기법                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 도로지하차도 침수피해 저감시스템 구축                                | · 딥러닝(CNN+ LSTM) 기반도로·지하차도 침수 발생 유무 판단 모델                  | · 예측강우 자료를 이용하여 침수 발생 유무 정보 생산 가능                                                                                               | · 5분 이내에 결과 도출                                                                                                                       | · 딥러닝 모델은 학습데이터를 이용해 빠른 시간안에 결과를 도출해 내는 것이 핵심임<br>· 딥러닝 모델의 결과는 고해상도 1D-2D 도로침수 예측 모델의 적용 영역을 특정하는 기초자료로 활용될 예정임<br>· 고해상도 1D-2D 도로침수 예측 모델 구동에 필요한 시간을 충분히 확보하기 위해서는 5분 이내에 침수발생 유무 결과를 도출해야 함                                                         |

| 세부기술                   | 구성기술                                                                                                      | 성과지표(성과물)                                                                                                                                                                          | 개발목표 스펙                                                                                                                               | 설정근거                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>지하차도 침수 모니터링 및 수치해석 병렬컴퓨팅 기술</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>지하차도로 유입되는 빗물량과 배수펌프로 배출되는 빗물량을 모니터링 하여 지하차도의 침수 유무 정보 생산</li> <li>병렬해석기법(OpenMP, MPI, GPU 등)이 적용된 고해상도 1D-2D 지하차도 및 도로 침수 예측 모델</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>계측오차 <math>\pm 10\%</math> 이내</li> <li>단일 계산 대비 10배 이상 빠른 계산 효율 또는 15분 이내에 계산 결과 도출</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>지하차도 침수를 CCTV로 모니터링 하는 경우 침수 발생 이후에만 파악이 가능함</li> <li>지하차도로 유입되는 빗물량과 배수펌프를 통해 배출되는 유량을 계측하고 지속적으로 모니터링 하면 침수 발생 유무를 사전에 추정할 수 있음</li> <li>계측오차가 <math>\pm 10\%</math> 이상 발생할 경우 자료의 신뢰성이 담보되지 않음</li> <li>계산효율 또는 최종 계산 시간을 성과지표로 함</li> </ul> |
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>우수관로 및 지표면수위 모니터링 기술</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>우수관로 내의 유속과 수심 정보를 실시간으로 모니터링</li> <li>침수 취약 지역의 지표면 침수심 모니터링</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>5분 간격으로 우수관로 내의 수위와 유속 및 지표면 침수심 정보를 계측</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>도로침수 예측을 위한 모델링시 지표면 침수심 뿐만 아니라 우수관로 역류현상 파악이 매우 중요함</li> <li>강우발생시 5분 간격의 지표면 침수심과 우수관로 정보 생산은 도로침수 예측 모델링의 결과를 매우 큰폭으로 향상시킬 수 있음</li> </ul>                                                                                                   |
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>침수 대응 생태적 도로 설계 기술</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>침수 허용 가능 도로 선정 및 저류 배수 기능 향상을 위한 친환경적 설계안</li> </ul>                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>대상지 강우별 침수 허용량 제시</li> <li>친환경적 도로 설계 기법 제시</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>홍수발생시 침수가 발생할 수밖에 없는 도로 선정 및 접근 차단</li> <li>LID(Low Impact Development) 기법 및 Eco-DRR (Disaster Risk Reduction) 개념을 종합하여 침수가 발생하는 도로에서의 저류 및 배수 기능 향상을 위한 친환경적 설계 방안 도출</li> </ul>                                                               |
| 수재해 관련 도로 정보 통합 플랫폼 구현 | <ul style="list-style-type: none"> <li>사전예측 강우정보 기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 3D 가시화 및 최적 관리 플랫폼 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>도로 및 장대 터널 주변 포함 산사태-토석류 관리 시스템 및 메뉴얼</li> <li>도로-지하차도 통합관계 시스템 운영 메뉴얼</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>최적관리 메뉴얼을 통한 합리적인 정보운영</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>우리나라 정부부처 및 지자체에서 통합플랫폼 부재</li> <li>각 연구별 핵심 알고리즘 커풀링 및 고도화 개발 2년 소요</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>우회도로 정보 생산 기술</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>산사태/토석류 발생 예측에 의한 위험지역 회피 우회도로 정보 생산 여부</li> <li>침수 지역을 회피 할 수 있는 우회도로 정보 생산 여부</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>피해발생 사전 예측 기술 (1시간 이전) 반영 30분 내에 해당 지역을 우회 할 수 있는 정보 생산</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>지하차도 및 도로가 침수되는 경우 해당지역 통제 및 우회는 필수적임</li> <li>지하차도 및 도로의 침수가 예상 되는 경우 인근 차량들에게 해당지역에 대한 안내 뿐만 아니라 해당지역 회피 정보를 빠른 시간 안에 함께 제공하면 해당지역 통제에 따른 교통체증으로 인한 2차, 3차 피해를 예방할 수 있으며 사회 경제적 손실도 줄일 수 있음</li> </ul>                                        |
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>원격 지하차도 차단 기술</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>원격 지하차도 차단 시스템 구축 여부</li> </ul>                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>도로 정보 통합 플랫폼 상황실에서 원격으로 지하차도 통행을 차단 할 수 있는 시스템</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>빠른 침수 예측과 함께 빠른 차단이 이루어져야 피해예방 확률을 높일 수 있음</li> <li>침수 예측시 상황실에서 원격으로 차단시스템을 가동하면</li> </ul>                                                                                                                                                    |

| 세부기술 | 구성기술            | 성과지표(성과물)                                                                                                   | 개발목표 스펙                                                                                                                                                         | 설정근거                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                 |                                                                                                             |                                                                                                                                                                 | 오프라인으로 지하차도를 차단하것 대비 피해예방 효과를 상승 시킬 수 있음                                                                                                                                                                                                                                              |
|      | · 도로 침수정보 전파시스템 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 침수취약 지구 인근 안내전광판 설치 여부</li> <li>· 지하차도 인근 도로위 발광 안내판 표시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 빅데이터 기반 침수취약 도로 인근 안내판 설치</li> <li>· 발광다이오드, LED 등 야간강우발생시에도 도로위 운전자들이 명확하게 식별 가능한 조명 장치를 활용해 도로 바닥에 안내선 표시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 충분한 선행시간을 확보한 침수 발생 예측 정보 생산과 더불어 빠른 상황전파 기술은 침수로 인한 피해 예방의 핵심인자임</li> <li>· 침수발생 위치를 통과할 것으로 예상되는차량운전자들에게 해당정보를 전파하기 위해서는 안내판을 활용하는 것이 가장 효과적임</li> <li>· 이미 침수발생 위치에 인접한 경우는 우회 정보를 도로위에 표시하여 해당지역을 회피할 수 있도록 안내해 주는 것이 가장 효과적임</li> </ul> |

### 3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성

■ 재해를 원천적으로 막을 수 없으므로 재해를 예측하고 저감하는 기술 및 시스템을 개발하여 통합적으로 관리, 운영하여 도로 피해를 최소화하는 정부대책 마련 시급

- 도로안전을 위하여 재해에 관련된 기관과의 공동전략 마련을 통한 연계 및 협력연구 필요

[표 II-9] 핵심과제 2: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

| 기존 연구과제                                                      |       |                                                                                                                                                                                                        | 검토결과                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 선행과제명/수행기관                                                   | 지원기관  | 주요연구내용                                                                                                                                                                                                 | 본 연구의 차별성 및 연계방안                                                                                                                                                                                                                                  |
| 도시특성을 고려한 도심지 토사재해 예측·평가 및 통합관리기술 개발   공주대학교                 | 국토교통부 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도심지 토사재해 취약성 평가 및 적용 기술 개발, 도시구조 맞춤형 토사재해 대책 및 방어기술 개발</li> <li>· 도심지 토사재해 예측 3D 시뮬레이션 기술개발 및 통합관리시스템 구축</li> <li>· 도심지 토사재해 예방 및 복구를 위한 통합관리기술 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 과제와 제안과제와의 방법론 및 적용성 면에서 틀리며, 제안과제의 경우 두단계 향상된 기술과 융복합적 연구가 근본적인 차별점 존재</li> <li>· 제안과제의 경우 최신 연구동향으로 전 세계적인 해석기법인 물리기반에 초점이 맞추어져 있으며, 특히 지진 및 유목의 유송과 같은 실제 발생할 수 있는 재해의 특성 연구와 차별성이 또한 있음</li> </ul> |
| 낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발 연구보고서   상지대학교                     | 국토해양부 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발</li> <li>· 소형 및 중대형 모형토조를 제작하여 실내 시험을 실시하여 강우침투로 인한 사면 붕괴시 지하수위의 변화 분석</li> <li>· 사면설계 기준을 제시와 낙석 성능평가 시험</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존 연구는 모형실험 및 실증실험을 통한 산사태 및 토석류실험에 초점이 맞추어져 이 부분에 대해 참고는 가능하지만, 제안연구의 물리기반 모형, 자질-지형별 수문 메커니즘, 지진의 반영 과 특히 유목의 이송에 의한 피해 등 많은 부분에서 차별성이 있음</li> </ul>                                                   |
| 비정형 스마트센서망을 이용한 토석류 긴급모니터링시스템개발 및 시범적용   국립재난안전연구원           | 행정안전부 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비정형 스마트센서망을 이용한 토석류 긴급모니터링시스템개발 및 시범적용</li> </ul>                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존 연구는 모니터링 자체에만 초점이 맞추어져 있으며, 기반암 특성에 의해 산지지역에서 발달한 자질-지형학적 구조의 고려가 미흡하며 또한 사전 강우예측기법과의 병합 및 결과 등에서 차별성이 있음</li> </ul>                                                                                  |
| 산불에 의한 환경급변지역의 토사유출량, 산사태, 홍수유출량 변화 모니터링과 대응기술개발   국립재난안전연구원 | 행정안전부 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산불에 의해 발생할 수 있는 환경급변지역에 대한 토사유출량, 산사태, 홍수유출량 변화 모니터링</li> <li>· 이의 결과를 이용한 토사유출량, 산사태, 홍수 등에 대한 대응기술 연구</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 연구에서 수행하고자 하는 산불 후 발생할 수 있는 급변적인 요인과의 병합 기법의 결과 및 방법론 비교 필요</li> </ul>                                                                                                                                 |
| 단시간 강우예측능력 향상 연구   기상연구소                                     | 기상청   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 단시간 정량적 강우예측성 향상을 위한 수치예보모델 및 레이더 기반 예측 기술 개발 연구 수행</li> </ul>                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존 수치예보모델 기반으로 레이더 강우예측을 활용한 정확도 향상 목적</li> <li>· 최신 강우예측기술 활용한 레이더 강우예측 기법과 차별화됨</li> <li>· 본 연구의 레이더 선행시간 예측 지속성 향상을 위한 병합기법 개발방법론 및 정확도 개선방법 비교 필요</li> </ul>                                         |
| 초단기 악천후 예측대응 기술개발   기상연구소                                    | 기상청   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 6시간 이내 악기상의 조기탐지 시스템 개발 기반 구축</li> <li>· 초단기 감시요소 최적화 및 하이브리드 예측모델 개발</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 6시간 이내 일어나는 악기상의 조기탐지 시스템 개발을 위한 예측모델 개발</li> <li>· 최신 강우예측 기술을 활용한 레이더 강우예측 기법과 차별화됨</li> <li>· 본 연구에서 수행하고자 하는 병합기법의 결과 및 방법론 비교 필요</li> </ul>                                                         |
| 범부처 융합 이중편파레이더 활용기술개발                                        | 기상청   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 레이더자료 품질관리 및 대기수상체분류 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부처 융합을 위한 레이더 활용기술 확보 및 위험기상 감시 예측능력 향상 연구</li> </ul>                                                                                                                                                    |

| 기존 연구과제                                       |           |                                                                                                                                                                         | 검토결과                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 선행과제명/수행기관                                    | 지원기관      | 주요연구내용                                                                                                                                                                  | 본 연구의 차별성 및 연계방안                                                                                                                                                                   |
| 기상레이더센터                                       |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 범부처 레이더 합성기술 개발</li> <li>· 연구용 소형기상레이더 관측망 구축 및 운영기술 개발</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 연구에서 적용하는 예측기술과 차이 있음</li> <li>· 현업에서 수행하는 기법과의 비교를 위해 활용 가능</li> </ul>                                                                 |
| 한반도 지형성 강우 재해 저감을 위한 관측 및 예측 연구   부경대학교       | 한국기상산업진흥원 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 한반도 산악지역 관측네트워크 구축, 자료수집 기술</li> <li>· 산악지역 레이더기반 정량적 강우량 추정기법 개선</li> <li>· 지형효과를 고려한 초단기 강우 예측 기술 개발</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산악지역 레이더 관측 네트워크 구축 및 감시기술, 예측기술 개발 목적으로 함</li> <li>· 지형성 강우시스템의 강우미세물리 연구 기반으로 정량적 레이더 강우량 추정기법 개선에 중점을 두고 있어 본 연구내용 및 목적과 다름</li> </ul> |
| 도시침수 경보기준 고도화 기술 개발   국립재난안전연구원               | 국립재난안전연구원 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 피해이력기반 한계강우량 산정 및 도시침수 경보기준 작성 모듈 개발</li> <li>· 한계강우량 예측을 위한 훈련모듈 개발</li> </ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 관측강우량 기반 통계분석을 이용한 한계강우량 산정 방법은 본 연구의 기초자료로 참고 가능</li> </ul>                                                                              |
| 딥러닝 기반 도시침수 위험기준 추정 기술 개발   국립재난안전연구원         | 국립재난안전연구원 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지역별 침수 위험기준 설정 및 위험기준 추정을 위한 모델 개발</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 침수위험 기준을 지역별로 구분한 내용은 본 연구에서 참고 가능함</li> <li>· 본 연구에서는 보다 상세한 영역에 대해 침수 기준을 제시할 예정</li> </ul>                                             |
| 딥러닝 기반 침수 위험지역 분석 모델 개발   국립재난안전연구원           | 국립재난안전연구원 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 딥러닝 기반 침수 예상지역 분석 모델 개발</li> <li>· 침수예측 정보와 GIS 정보 매칭 기법 개발</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 본 연구에서는 선행연구에서 제시한 모델링 결과 기반 학습 기법에 관측자료를 더해 예측 정확도를 높일 계획임</li> </ul>                                                                    |
| 내외수를 연계한 도시 침수저감 능력향상 기술 연구   서울시립대학교         | 국토교통부     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 내외수 연계 홍수위험 및 침수예측 선진화 기술 개발</li> <li>· 내외수 연계 내배수시설의 성능 개선 및 설계 선진화 기술 개발</li> <li>· 내외수 연계 내배수 시스템 최적 운영 기술 개발</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 선행연구에서는 내외수를 효과적으로 연계하여 침수를 예방하기 위한 연구를 수행하였으나 본 연구에서는 도로와 지하차도의 침수를 빠른 시간내에 예측하여 피해를 저감할 수 있는 기술개발에 중점을 둠</li> </ul>                     |
| 국토관측센서기반광역 및 지역 수재해 감시,평가,예측기술 개발   K-water   | 환경부       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강우레이더 기반 홍수 예측 및 평가</li> </ul>                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 레이더 활용 강우 예측 기술은 참고할 수 있으나, 도심 피해 저감을 위한 시설 및 대책 관련 내용 부족</li> </ul>                                                                      |
|                                               |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수문 및 수재해 정보 포털 시스템 개발: 실시간 수재해(홍수,가뭄,점경지역) 정보 생성</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수재해 표출 포털 시스템 개발 관련 내용 참고 및 연계 가능</li> </ul>                                                                                              |
|                                               |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지역 유형별 수재해 저감설계 최적화 기법 개발: 홍수 피해 특성기반 강우 조건별 홍수피해 위험도 예측, 저감 기법(LID기법 제시)</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 홍수 피해 위험을 예측하고 LID기법 제시 대안은 참고할 수 있으나, 저감 대책이 설계 최적화 기법 도출에 그침</li> </ul>                                                                 |
| 도로 침수예방 및 비점오염 저감을 위한 배수 구조체 개발   경희대학교 산학협력단 | 국토교통부     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 배수시간 단축 및 통수단면 추가 확보를 통한 배수기능, 초기우수처리 향상 및 홍수유출 저감기술 개발</li> <li>· 비점오염물질을 측구 하부(필터층)로 신속하게 운반하여 자연적으로 여과하는 유도기술 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 유입되는 빗물량 및 배수펌프로 배출되는 빗물량 등을 모니터링함으로써 침수 유무 정보를 생산하고 우수관로 내 유속과 수심정보를 실시간으로 모니터링하는 등 차별성 존재</li> </ul>                                    |

## 4. 핵심과제 구성 및 내용

### 4-1. [핵심과제2] 도로안전을 위한 수재해 예측-저감-대응 기술개발

#### 4-1-1. [세부기술 2-1] 수재해 대응 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발

##### ■ 기술개발 목적 및 필요성

- 현재 산사태 발생 예측과 관련된 대부분의 기초기술들은 국외의 기술을 적용하는 수준에 머물고 있어 이를 개선·발전시키기는 어려운 상황임으로 최신 기술들의 개선·발전을 위해서는 원천기술을 개발 보유하고 이를 위해 지속적인 투자가 필요함
- 국내 산사태 관련 연구기관에서는 대부분 산사태 평가 및 예측, 대책공법 관련 기술에 대해 집중적인 연구를 수행하였음. 기존에 수행한 산사태 예측 및 평가 연구는 산사태 발생지점에 대한 예측에 국한되며, 산사태 발생 시기에 대한 예측 연구는 전무한 실정이며, 국내 지형적 특수성으로 산지재해 발생지역 및 피해범위를 센서기반으로 감지하여 예측하기는 어려움
- 우리나라에서 산사태 예측지도 및 산사태 모니터링 기술 등의 원천기술은 개발되어 있으나, 지형, 지질, 기상 등의 변수가 많기 때문에 정확히 예측하기에는 한계가 있으며, 기 개발된 원천기술의 고도화를 통해 발전시켜 산사태 재해 기초기술의 확보가 필요함
- 따라서 국토 여건과 정책 기조에 따라 산지가 균형적·합리적으로 이용될 수 있도록 산지개발에 따른 재해 위험의 과학적 예측모델의 개발과 체계적인 저감 대책의 확립이 절실히 요구되고 있는 상황이며, 최근 기후변화에 따른 집중강우 조건을 반영한 신뢰성 높은 산사태 분야 재해 영향 평가 시스템 개발을 통해 특히, 국내 기후 및 지질학적 특성에 적합한 재해 영향 평가 기준 확보가 필요함
- 선진국 수준의 산사태 분야 재해 영향 평가 시스템 개발로 국내 최초의 산사태 예·경보 기준 제시 및 이를 토대로 한 방재대책 우선 순위 결정 가능하며, 개발된 기술의 민간이전 및 대정부 제공을 통해 효율적 피해저감을 위한 국가적 차원의 방재대책 수립의 기틀을 마련할 수 있음.
- 기존 단일 학문적 접근에 의한 산사태재해 연구의 테두리에서 벗어나 기상수문, 컴퓨팅기술, 지질, 수리수문학, 지반토목, 지형학, 산림학 등 다양한 학문적 융합기술을 통해 과거와는 차별화된 선도적 기술을 바탕으로 재해영향평가 기술 확보가 필요함
- 연구개발의 창의성·혁신성
  - (위험성 평가의 합리화) 기존의 위험성 평가방식은 산지개발 진행 전의 지형여건과 산림상태
  - (즉, 소인(素因)의 “정적인 상태”)에 초점을 맞추었지만, 본 과제에서는 사태(事象)를 통한 전·후의 지형과 산림의

변화 그리고 이에 따른 강우-유출 변화 등 산사태 발생 후 소인(素因)의 “동태(動態)”를 고려한 위험요소 및 위험성 평가

- (입력변수 산정의 간편화) 기존에는 물리 기반 산사태 예측 시뮬레이션에 필요한 토질특성 관련 입력변수는 전단시험이 필수적이었지만, 본 과제에서는 강우의 시간적 변화에 따른 계측기(텐시오미터 등의 반응 결과와 모의시험을 통하여 비교적 간단하지만 과학적인 방법으로 입력변수를 산정하는 방법 표준화
- (경험과 IT기술의 융합화) 기존의 산사태 발생에 관한 database와 현장실태조사 자료 등을 IT기술과 융합하여 경험자료에 바탕을 둔 최적의 물리 기반 시뮬레이션 모델 개발

## ■ 기술개발 목표(설정근거 포함)

[표 II-10] 세부기술 2-1 최종목표 및 세부목표

| 구분   | 내 용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 최종목표 | 도심지 도로 및 터널 주변 강우 및 지진에 의한 산사태-토석류에 따른 재해 발생기작의 규명과 K-토석류 모델 개발을 통한 안정적·균형적 도로 및 터널 주변 복합재해 대책 확립                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 세부목표 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· IOT관측센서 기반 도심지 도로 및 터널 주변 표층-심층붕괴형 산사태와 토석류의 전이 원인 분석과 알고리즘 설계 및 개발</li> <li>· 도로 및 장대터널 주변의 지질별 기반암 지형 특성에 따른 토양-지하수 메커니즘과 반영 산사태/토석류 해석기법 개발</li> <li>· 지진에 의한 포화 토양-지하수흐름 변동에 의한 산사태와 이의 토석류전이 해석기법 개발</li> <li>· 도심지 도로 및 터널 주변 산림토양 특성기반 토석류 유목이송에 의한 영향력 파악기술</li> <li>· 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 확산범위 해석을 위한 수치해석 및 최적관리기술 개발</li> </ul> |

## ■ 기술별/연차별 개발내용

[표 II-11] 세부기술 2-1 연차별 연구 개발의 목표 및 내용

| 연차                                   | 연구목표                                          | 연구개발 내용                                                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>산사태/<br>토석류<br>분석<br>알고리<br>즘설계 | 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 관련 국내·외 원인 분석과 알고리즘 설계 | ·국내외 도심지 도로 및 장대 터널 주변 자연사면 산사태/토석류 재해 발생 위험요인 분석 및 대표 연구지역 설정                              |
|                                      | 도심지 도로 및 터널 주변 표층붕괴 국내·외 원인 분석과 알고리즘 설계       | ·지질별 자연사면 표층층 붕괴 재해 발생 메커니즘 해석을 위한 국내외 인공강우기반 시험 분석 반영 산사태 모델 알고리즘 설계                       |
|                                      | 도심지 도로 및 터널 주변 심층붕괴 국내·외 원인 분석과 알고리즘 설계       | ·지질별 기반암 지하수 변동에 의한 심층형 붕괴 재해 발생 메커니즘 해석을 위한 모니터링 및 해석 기법 알고리즘 설계                           |
|                                      | 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 관련 국내·외 원인 분석과 알고리즘 설계 | ·산사태의 토석류 전이로 인한 유하 변경 해석을 위한 Quardtree와 Shallow water-type의 2차원 토석류 유하모형 최적 알고리즘 설계        |
|                                      | 국내 도로지역 산사태/토석류 강우한계곡선 자료 DB 구축 및 유목 영향       | ·우리나라 도로 주변과 장대터널 주변 산사태/토석류 DB 구축과 강우한계곡선 (Rainfall Duration-Intensity Frequency) Curve 제안 |
| 2<br>산사태/<br>토석류<br>분석<br>알고리<br>즘개발 | 도로 및 장대 터널 주변 산사태/토석류모니터링 및 조사기법 체계화          | ·도심지 도로 및 터널 주변 자연사면에서의 최적 입력인자 산정을 위한 IOT 기반 모니터링 스테이션 설치 및 지질조사                           |
|                                      | 도심지 도로 및 터널 주변 지하수 변동과 유동 해석                  | ·도로 주변 및 장대터널 주변 심층형 붕괴 메커니즘 해석을 위한 자연사면 내 지하수위 변동과 이의 유동에 의한 영향 해석                         |
|                                      | 실내 인공강우 기반 물류 실험을                             | ·도로주변 표층붕괴에 대한 기반암지형 및 지표하 수문현상 메커니즘 해석과 토양수                                                |

|                                                             |                                                  |                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | 통한 기반암 지형 특성과 토양수 흐름 메커니즘 해석                     | 흐름 메커니즘 산정을 위한 인공강우기반 플룸시험                                                                                                                                     |
|                                                             | 도로변 산사태 발생지 예측을 위한 불포화/포화흐름 기반 물리적 산사태/토석류 모형 개발 | ·3차원 불포화 흐름기반 물리적 산사태 모델 및 Quadtree 와 FVM기반 토석류 모델의 개발과 적용                                                                                                     |
|                                                             | 국내 도로지역 산사태/토석류 강우해석과 유목 영향                      | ·우리나라 도로 주변 및 장대터널 주변 산사태/토석류 발생지 IDF Curve와 식생별 특성 및 유목이송과의 관계<br>·수간류와 토양의 물리적 특성 변화 모니터링 기법 확립                                                              |
| 3<br>산사태/<br>토석류<br>분석<br>알고리<br>증적용                        | 도로 및 장대 터널 주변 산사태/토석류 모니터링 및 조사기법 체계화 II         | ·도심지 도로 및 터널 주변 자연사면에서의 최적 입력인자 산정을 위한 IOT 기반 모니터링 스테이션 설치 및 지질조사 II                                                                                           |
|                                                             | 토양수-지하수 유동 특성에 의한 심층 및 표토층 붕괴 해석 기법 개발           | ·최적 센서 모니터링 기반 도로 및 장대터널 주변 지질-지형 특성에 따른 토양-지하수 유동에 의한 표층-심층형 붕괴 해석 기법                                                                                         |
|                                                             | 분포형 강우 반영 산사태 예측 모델 고도화 및 지진-산사태 모듈 설계           | ·분포형 강우 및 지표하 흐름 반영 산사태 모델 고도화 및 정확성 검증과 지진의 영향 반영 설계                                                                                                          |
|                                                             | 물리적 산사태/토석류 모형의 커플링                              | ·최적 유변물성 특성에 따른 토석류 유동특성 및 연행 침식 현상을 결합한 K-토석류 모델의 고도화와 정확성 검증                                                                                                 |
|                                                             | 산사태/토석류 해석을 위한 식생특성에 따른 산림토양과의 상관 관계             | ·간이 Vein test를 통한 우리나라 도로 주변 및 장대터널 주변 산림공간 토양의 임계치 산정법 개발과 식생의 뿌리특성 및 깊이특성효과에 의한 산림토양 점착력과 마찰력과의 상관관계 해석                                                      |
| 4<br>산사태/<br>토석류<br>분석<br>알고리<br>증적용<br>및<br>고도화            | 도로 및 장대 터널 주변 산사태/토석류 위험지 분석기법 고도화               | ·지질-지형특성에 따른 도로 및 장대 터널 주변 사면분석 최적 입력인자 산정을 위한 IOT 기반 관측센서 모니터링 스테이션 운영과 산사태/ 토석류 영향 위험 매트릭스 개발                                                                |
|                                                             | 토양수-지하수 유동 특성에 의한 표토층 및 심층형 붕괴 해석 기법 개발          | ·Deep learning 기법 (Support Vector Machine 등) 반영 토양-지하수 유동 예측 기법 기반 표토-심층형 산사태와 이의 전이에 따른 토석류 저감기술 적용성 평가                                                       |
|                                                             | 물리적 산사태/토석류 모형의 커플링                              | ·K-산사태 모델(분포형 강우 및 지진모듈 탑재 물리적 한국형 산사태 모델) 개발 및 적용과 Radar강우정보 영향 해석<br>·K-토석류 모델의 예측 산사태 자료를 반영한 구조물 설치 (투과형, 불투과형 Control DAM) 전·후 영향반경 모듈 탑재와 이의 확산유동 특성 고도화 |
|                                                             | 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 최적관리기술을 위한 최적 구조적 대책 방안     | ·IDF 및 산림공간토양정보와 유목에 따른 수간류 정보 기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술의 합리적 대책 방안 개발                                                                                   |
| 5<br>산사태/<br>토석류<br>분석<br>알고리<br>증개선<br>및<br>최적<br>통합<br>운영 | 도로 및 장대 터널 주변 산사태/토석류 위험지 분석기법 체계화               | ·지질-지형특성에 따른 도로 및 장대 터널 주변 산사태/토석류 영향위험 매트릭스에 따른 IOT 기반 관측센서 모니터링 스테이션 운영기법 체계화                                                                                |
|                                                             | 토양수-지하수 유동 특성에 의한 표토층 및 심층형 붕괴 해석 기법 개발          | ·Deep learning 기반 토양-지하수 유동 예측 기법 반영 표토-심층형 산사태/토석류 저감기술 고도화                                                                                                   |
|                                                             | 물리적 산사태/토석류 모형의 커플링과 예측기술 체계화 정립                 | ·도로 및 장대터널 주변 강우-지하수-지진 통합 산사태/토석류 예측 모델 결합 및 예측 체계 체계화                                                                                                        |
|                                                             | 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 최적관리기술 고도화 및 확립             | ·영향위험 매트릭스를 통한 산사태/토석류 최적관리 기술 적용성 평가 및 고도화를 위한 구조적 비구조적 대응기술 확립                                                                                               |

## ■ 기술별 최종성과물

- 도로/장대터널 주변 사전 분포형 강우예측과 물리기반 산사태 재해 시뮬레이션 기법
- 산사태로 인한 도로 및 장대터널 주변 토석류 유하반경 해석 기법
- 지진-산사태로 인한 도로 및 장대터널 주변 토석류 재해 반경 해석
- 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술의 합리적 대책 방안

### 4-1-2. [세부기술 2-2] 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우 정보기반 분포형 수문 기상 정보 생산기술

## ■ 기술개발 목적 및 필요성

- 이상기후로 인해 돌발적이고 국지적인 특성을 갖는 호우의 발생빈도가 전국적으로 증가하고 있으며, 이로 인한 수재해 위험성이 높아지고 있음. 특히, 산지지역에서는 지형성 강우 및 연직대기 불안정으로 인해 돌발성 호우가 발생하기 쉬워 산사태 발생가능성을 높임
- 국외에서는 레이더 정보를 이용하여 도심지 및 산지의 돌발호우를 사전에 탐지하고, 발달 과정을 추적하여 위험정보를 현업에 제공하고 있지만, 국내에서 이와 관련한 원천기술 개발이 미흡한 실정
- 돌발호우는 주기가 1시간 이내로 연산시간이 많이 소요되는 기상수치예보모델로 예측하기 어려우며, 외삽기반의 레이더 예측강우는 강우의 발달, 소멸을 고려하지 못하는 한계로 강우상태를 정확히 예측할 수 없음. 따라서 수재해 위험도가 높은 지역에서는 능동적으로 돌발호우를 사전에 탐지하고 강우상태를 판별한 후 예측을 수행하여 위험지역에 발생가능한 강우현상 및 수재해 정보(도로 침수 및 산사태 가능 수준, 강우량, 정량적 위험도)를 정확하게 산정하는 기술이 필요함
- 도로침수 예측을 위한 모델링이나 산사태 위험도 산정을 위해서는 사전에 정확한 강우량 정보가 필수 입력자료임. 일반적으로 강우정보는 지상강우관측소로 관측된 강우정보를 공간분포시켜 획득하는데 매우 조밀한 도로망의 침수나 국지적인 산사태를 모의하기 위해서는 고해상도의 격자강우정보가 필수적임. 기상 및 강우레이더 자료의 경우 공간해상도가 125m~500m로, 기상수치예보모델(1.5km)보다 고해상도 관측 및 예측 자료를 제공할 수 있음
- 일본 기상청의 경우, 수문모델링을 통해 지역별로 추정된 토양우량지수에 예측강우정보를 적용하여 토사재해 정보를 제공하고 있으며, 도쿄에서는 250m 해상도의 레이더 예측강우정보를 활용하여 도로침수 발생을 20분 사전 예측할 수 있는 기술을 개발하였음

- 그러나 기상청에서 제공하고 있는 기상예보는 일일 평균치에 대한 정보만을 제공하고 있어 예상치 못하게 초단기예(1~2시간) 발생하는 기습적 도로·지하차도 침수에 대한 대처를 위한 기초자료로 활용하기 어려움
- 따라서 산사태, 토석류, 도로·지하차도 침수 예측정보를 생산하기 위해서는 고정확도의 초단기 강수예측 정보의 활용이 필수적임

## ■ 기술개발 목표(설정근거 포함)

[표 II-12] 세부기술 2-2 최종목표 및 세부목표

| 구분   | 내 용                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 최종목표 | 도심지 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우정보기반 분포형 수문기상정보 생산기술                                                                                                                                                                                   |
| 세부목표 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사전예측을 위한 재해위험지역 특화 고해상도 레이더 기반 예측강우 정보 생산 및 연동 기술개발</li> <li>· 도로/장대터널 주변 유역 실시간 (강우강도 지속시간-강우입자 사이즈) 강우정보 및 수문기상 정보 획득 기술</li> <li>· 예측강우기반 수문반응 연계기술을 통한 하천인근 도로변 홍수피해 위험 예측기법</li> </ul> |

## ■ 기술별연차별 개발내용

[표 II-13] 세부기술 2-2 연차별 연구 개발의 목표 및 내용

| 연차 | 연구목표                                 | 연구개발 내용                                                                                                              |
|----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 위험지역 특화 고해상도 레이더 강우자료를 활용한 강우예측기술 개발 | 국내외 레이더 강우예측기술 분석 및 기상레이더 자료 구축<br>비역학적 예측기법 기반 위험지역 레이더 강우예측 기술 개발<br>수재해 유발 강우의 다중규모 특성을 고려한 강우예측 기술 개발            |
|    | 도로 및 터널 주변 수문특성 해석알고리즘 설계            | 국내외 강우분포에 의한 수문특성 변화와 최적 알고리즘 설계<br>도로 및 터널 주변 소유역 대상 물리기반 수문특성 해석 모형의 정립과 설계                                        |
|    | 도시홍수에 따른 도로피해 예측 알고리즘 설계             | 국내외 도시홍수관련 기술 체계 정립 및 알고리즘 설계                                                                                        |
| 2  | AI 기반의 알고리즘 적용을 통한 레이더 강우예측 기술 개선    | 기상 및 강우 레이더 빅데이터 구축 및 전처리<br>레이더 빅데이터를 활용한 AI 기반 강우예측 알고리즘 개발 및 적용<br>레이더 강우예측 기술의 테스트베드 적용 및 평가                     |
|    | 도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 개발           | Deep learning 기반 도로 및 터널 주변 유역 수문특성 해석<br>강우분포와 강우입자사이즈를 고려한 물리기반 수문특성 모형의 개발<br>실시간 모니터링 자료-물리기반 수문특성 모형의 적용 해석     |
|    | 도시홍수 예측 2차원 모델 설계                    | 지형정보와 유체 기반 2D 도시홍수에 따른 도로피해 모델링 알고리즘 개발<br>수치기법 또는 병렬화 컴퓨팅 적용 최적 피해 해석 예측 시간 단축 기술 설계                               |
| 3  | 다중 예측정보 병합을 통한 강우예측 정확도 개선           | 레이더/기상수치예보 모델 예측강우의 오차특성 분석<br>레이더/기상수치예보 병합을 통한 고해상도 최적 예측강우 산정기술 개발 및 적용                                           |
|    | 도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 적용           | 실시간 모니터링 자료와 고해상도 영상기반 수문특성 모형 최적매개변수 해석 기술 개발<br>데이터 미계측 대응 Deep learning 기반 보간기술 개발                                |
|    | 도시홍수에 따른 도로피해 예측기술 개발                | 지형정보와 유체 기반 프로토타입 2D 도시홍수관련 도로피해 모델링 프로그램 개발<br>기발생지에서의 정확성 분석과 예측강우와의 연동기법 개발                                       |
| 4  | 돌발성 호우 사전예측 기술 개발                    | 도로안전/산사태 유발 수재해-돌발호우 관계 분석<br>돌발성 호우의 미세규모 호우특성을 고려한 돌발호우 위험도 정보 산정 기술개발<br>3차원 레이더 관측자료를 활용한 돌발호우 사전탐지 및 추적 기술 개발   |
|    | 도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 평가           | 사전기상정보 반영 수문특성 해석 기술과 Deep learning 기반 미계측 데이터 보간기술 평가 및 고도화<br>실시간 모니터링 자료와 고해상도 영상기반 수문특성 모형 최적매개변수 해석 기술 평가 및 고도화 |

|   |                                |                                                                                                                                   |
|---|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 도시홍수에 따른 도로피해 예측기술 체계화         | 수치기법 또는 병렬화 컴퓨팅 적용 피해 해석 계산 기술 고도화<br>수재해 관련 통합 플랫폼 연계 수문자료 연계 2D 도시홍수 피해모듈 개발<br>실시간 및 사전강우예측자료기반 도시지역 수문자료 연계 2D 도시홍수 피해 기준치 설정 |
| 5 | 예측강우 및 돌발호우 사전예측 기술의 재해평가모델 연계 | 고해상도 예측강우 산정기술 및 돌발호우 사전예측기술 적용성 평가<br>수재해 관련 통합 플랫폼을 위한 예측강우-재해평가모델 연계 모듈 개발 및 적용 평가                                             |
|   | 도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 고도화    | 사전기상정보 반영 수문특성 해석 기술과 플랫폼 연동 모듈 연동<br>수문특성에 따른 재해영향 기준치 설정 및 평가 적용                                                                |
|   | 도시홍수에 따른 도로피해 예측기술 연계          | 수재해 관련 통합 플랫폼 연계 수문자료 연계 2D 도시홍수 피해모듈 연계<br>실시간 및 사전강우예측자료기반 도시지역 수문자료 연계 2D 도시홍수 피해 기준치 고도화                                      |

## ■ 기술별 최종성과물

- 위험지역 특화 고해상도 레이더 강우예측 모형과 3차원 레이더 정보 기반 돌발성 호우 사전예측 프로그램
- 다중 예측정보(레이더, 수치예보모델)의 최적병합을 통한 고해상도 예측강우 생산 및 재해평가 연계 프로그램
- 사전기상정보 반영 수문특성 해석 기술 및 프로그램
- 도시지역 수문자료 연계 2D 도시홍수로 인한 도로 피해 예측 프로그램

### 4-1-3. [세부기술 2-3] 수재해 대응 도로지하차도 침수피해 저감기술 개발

## ■ 기술개발 목적 및 필요성

- 최근 기후변화로 인해 증가한 집중호우로 인해 도시지역 침수 발생 빈도가 증가하고 있어 이를 사전에 예측하여 피해를 방지하기 위한 노력이 필요함
  - 침수 발생시 도로는 상대적으로 높이가 낮고 장애물이 없어 가장 먼저 침수가 발생하는 영역임에도 불구하고 평상시 많은 차량이 이동하고 있어 침수발생시 다수의 차량이 침수피해를 입고 있음
  - 특히, 지하차도는 도로에 유입된 우수가 단시간에 집중되어 피해가 집중되는 현상이 발생하여 단시간에 지하차도로 유입된 빗물에 갇혀 발생하는 인명피해가 집중되고 있음
- 도로와 지하차도는 침수상황 발생 시 빠른 차량 통제 및 지하차도 진입 차단이 필수적임에도 현재 인력이 직접 투입되어야 차량통제 및 진입차단이 가능한 현실임
  - 도시 전역에 분포된 도로와 지하차도의 공간적 특성으로 인해 집중호우 발생시 모든지역에 인력을 배치할 수 없는 현실적 어려움이 존재함
  - 따라서 가용한 인력을 우선순위에 따라 효율적으로 배치하고 운영하기 위한 사전정보가 필수적임을 의미함
  - 이는 침수 발생이 확인되거나 예측된다면 빠르고 효율적인 대처가 가능함을 의미함

- 도로 및 지하차도 침수통제는 주요지점 CCTV를 통한 관제시스템 활용 및 과거 피해이력 및 경험에 기반한 체계로 통제가 이루어지고 있음
  - 도로 침수는 주로 야간에 발생하는 경우가 대다수를 이루고 있으나 CCTV를 활용한 모니터링은 야간에 발생한 침수심의 정도를 파악에 매우 취약할 뿐만 아니라 CCTV렌즈에 빗물이 부착되어 침수 유무를 판단하기 곤란한 경우가 다수 발생함
  - CCTV를 이용한 지하차도 침수 모니터링은 갑작스런 배수펌프 오작동시 효과적으로 대처하기 어려운 현실임
- 빠르고 효과적인 도로·지하차도 침수통제를 위해서는 CCTV와 IoT기반 실시간 지표면 수심 관측 정보에 기반한 통합모니터링, ICT기반 지하차도 빗물수지 분석시스템, 도로·지하차도 침수정보 전파시스템, 우회도로 안내, 원격 지하도로 차단시스템 운용 등 통합적인 관리시스템이 필요하며 3세부 CCTV 분석 기술과 연계 연구 필수
  - CCTV와 함께 센서를 이용한 도로 위의 침수심을 관측 정보를 활용하면 현재 도로의 침수정도를 효과적으로 파악할 수 있음
  - 계측에 기반한 지하차도 빗물 유입량과 배수펌프를 통한 빗물 배제량을 파악하면 지하차도 침수 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있음
  - 관측된 도로·지하차도 침수정보를 취합하여 전광판을 통해 도로위 운전자들에게 실시간으로 전파하고 지하차도 침수 발생시 원격으로 지하차도 진입을 차단하면 지하차도 침수로 인한 피해를 사전에 예방할 수 있음
  - 도로 침수 발생시 실시간으로 발생지점을 파악하고 회피 경로 안내시스템을 가동하면 침수로 인한 피해예방 뿐만 아니라 도로교통 정체도 사전에 예방할 수 있음
- 실시간 모니터링에 기반한 상황전파와 지하차도 원격차단시스템과 함께 실시간 침수 예측정보를 활용하면 보다 안정적이고 효과적인 도로·지하차도 침수 대책을 수립할 수 있음
  - 침수발생 1시간전에 침수 예상지역 정보를 제공받을 수 있으면 전체 모니터링 지역에서 관심모니터링 영역을 추출할 수 있어 더욱 효과적인 모니터링이 가능함
  - 모니터링을 위한 도로 침수심 관측정보는 침수예측모델의 정확도 향상에 복합적으로 활용되어 예측모델의 정확도 향상에도 활용 가능함
- 도로·지하차도 침수는 도시의 특성상 지표면의 고도, 토지이용도, 건물 등 고해상도의 지형·지물자료 뿐만 아니라 하수(우수)관로 정보의 연계가 필수적임
  - 도로와 지하차도가 주로 분포하고 있는 도시지역은 강우 발생시 지표면을 통해 빗물이 배수될 뿐만 아니라 하수(우수)관로를 통해 배수되므로 지표면 빗물 흐름해석과 우수관로를 통한 빗물 흐름해석을 동시에 수행해야함

- 초단기 도로 침수예측 모델링을 통한 위험지역을 추출하고 실시간 도로·지하차도 침수정보 관측과 CCTV를 통한 도로 위 교통상황 파악에 기반하여 위험지역이 선정되면 원격제어 시스템을 통한 지하차도 차단, 침수도로 회피경로 전파시스템을 통해 침수로 인한 피해를 최소화 가능
- LID 설계기법과 더불어 홍수 시 저류 기능을 극대화 시킬 수 있는 도로 설계 및 기법 제시
  - 관망능력치를 넘는 강우가 발생하는 경우, 도로 침수는 언제든지 발생할 수 있음. 이에 강우 강도/시나리오 별 안전도로와 침수도로를 구분하여 침수도로의 친환경적, LID 기법 적용
  - 도로에 한정적으로 적용하고 있는 LID 기법을 확대하여 도로 침수량을 고려하는 생태적인 도로 설계기법 제안

## ■ 기술개발 목표(설정근거 포함)

[표 II-14] 세부기술 2-3 최종목표 및 세부목표

| 구분   | 내 용                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 최종목표 | · 도로·지하차도 침수예측시스템과 실시간 모니터링시스템, 지하차도 진입차단 원격제어시스템을 활용한 도로·지하차도 침수피해 저감시스템을 구축하여 집중호우 발생 시 침수로 인한 인명과 재산상의 피해를 최소화하는 기술 개발                                                          |
| 세부목표 | · 도로·지하차도 침수 발생 30분 전에 침수위험 지역에 대한 정보를 제공할 수 있는 고해상도 도로·지하차도 침수예측모델 개발<br>· 지하차도 빗물유입량 계측과 빗물 배수량 계측 기반 지하차도 침수모니터링기법 개발<br>· 도로·지하차도 통합관제시스템 및 운영기법 개발<br>· 침수량 대응 생태적 도로설계 기법 개발 |

## ■ 기술별연차별 개발내용

[표 II-15] 세부기술 2-3 연차별 연구 개발의 목표 및 내용

| 연차                  | 연구목표                                     | 연구개발 내용                                         |
|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1<br>기초<br>자료<br>조사 | 침수 취약 도로 및 지하차도 현황 파악 및 대상지역 선정          | · 국내 지하차도 현황 조사                                 |
|                     |                                          | · 과거 도로·지하차도 침수 피해 연혁 조사                        |
|                     |                                          | · 도로·지하차도 통합 관제시스템 최적 설치 지역 선정                  |
|                     | 도로 침수심, 지하차도 빗물 유입량, 하수관로 수심 계측 센서 정보 수집 | · 국내외 문헌 조사를 통한 센서정보 수집                         |
|                     |                                          | · 도로 침수심 계측센서 타입 선정                             |
|                     |                                          | · 지하차도 빗물유입량 계측 센서 타입 선정                        |
|                     | 침수예측모델 자료수집                              | · 하수관로 수심 계측 센서 타입 선정                           |
|                     |                                          | · 국내외 도로·지하차도 침수 예측시스템 선행연구 사례 조사               |
|                     | 도로·지하차도 통합관제 시스템 설계                      | · 최적 우수관로 해석 기법 및 지표면 빗물 흐름 해석 기법 조사            |
|                     |                                          | · CCTV, 도로 침수심 계측정보, 지하차도 침수정보, 침수예측정보 연계 방안 수립 |
|                     |                                          | · 원격 지하차도 진입 차단 시스템 연계방안 수립                     |
|                     | 침수량 대응 생태적 도로 설계 기술 개발                   | · 도로·지하차도 침수정보 최적 전파 시스템 연계방안 수립                |
|                     |                                          | · 국내외 문헌 및 현황 조사                                |
|                     |                                          | · LID기법 + 침수량 고려 설계방안 수립                        |

|               |                                         |                                                                                                                                                                          |
|---------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2<br>기법<br>개발 | 계측 센서 설치 최적화<br>기법 개발                   | · 도로 침수심 계측센서 최적 설치 위치 선정 기법 개발<br>· 센서정보를 활용한 지하차도 유입유량 산정 기법 개발<br>· IoT를 활용한 지하차도 빗물 배수펌프 작동 현황 모니터링 기법 개발<br>· 하수관로 수심 계측센서 최적 설치 위치 선정 기법 개발                        |
|               | 침수정보 실시간 전파 및<br>우회도로 최적화 기법 개발         | · 도로·지하차도 침수 발생시 최적 우회도로 선정기법 개발<br>· 침수정보 및 우회도로 정보 전파/안내 기법 개발                                                                                                         |
|               | 도로·지하차도 침수 예측<br>모델 개발(I)               | · 1차원 우수관로 역류 해석 모델 개발<br>· 2차원 지표면 빗물 흐름 해석 모델 개발<br>· 1차원-2차원을 연계한 고정화도 도로·지하차도 침수해석 모델 개발                                                                             |
|               | 도로·지하차도 통합 관제<br>기법 개발                  | · CCTV, 지표면 침수심, 지하차도 빗물유입량, 배수펌프 작동 상태, 하수관로 수심 등 센서정보 연계 기법 개발<br>· 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 정보 연계 기법 개발<br>· 침수예측정보 연계 기법 개발                                                |
|               | 침수량 대응 생태적 도로<br>설계 기술 개발               | · Test bed 선정 침수예측모델 적용<br>· 강우 빈도별 안전도로, 침수도로 분류                                                                                                                        |
| 3<br>모듈<br>개발 | 계측 센서 연계 모듈 개발                          | · 도로 침수심 계측 센서 정보 표출 모듈 개발<br>· 지하차도 침수 모니터링 정보 표출 모듈 개발<br>· 하수관로 수심 계측 정보 표출 모듈 개발                                                                                     |
|               | 시나리오 기반 침수정보<br>실시간 전파 및 우회도로<br>최적화 해석 | · 침수 시나리오별 실시간 상황전파 기법 개발<br>· 침수 시나리오별 우회도로 최적화 기법 개발                                                                                                                   |
|               | 도로·지하차도 침수 예측<br>모델 개발(II)              | · 계산시간 저감을 위한 병렬해석기법(OpenMP, MPI 등) 적용<br>· 강수예측정보 연계 모듈 개발<br>· 정확도 향상을 위한 지표면 침수심 및 하수관로 수심 정보 자료동화 시스템 개발                                                             |
|               | 도로·지하차도 통합 관제<br>및 상황전파 시스템 개발          | · CCTV 및 센서 정보를 이용한 실시간 도로·지하차도 침수상황 모니터링 정보 연계<br>· 실시간 지하차도 침수상황 모니터링 정보 연계<br>· 원격 지하차도 진입차단 모듈 연계<br>· 실시간 도로·지하차도 침수예측정보 연계<br>· 도로·지하차도 침수정보 전파 및 우회도로 정보 전파 모듈 연계 |
|               | 침수량 대응 생태적 도로<br>설계 기술 개발               | · LID기법 + 침수량 침수심 고려 설계방안 적용<br>· 적용 침수예측모델을 통한 영향 평가                                                                                                                    |
| 4<br>시범<br>운영 | 도로·지하차도 통합 관제<br>시스템 시범운영               | · 기 개발된 도로·지하차도 통합 관제 및 상황전파 시스템 시범 설치 및 운영<br>· 관측 및 센서 계측 정보를 이용한 침수예측시스템 최적화<br>· 시스템 최적 운영기법(안) 개발<br>· 도로·지하차도 침수 피해 저감을 위한 정책 개선방안 제안                              |
|               | 5<br>도로·지하차도 통합 관제<br>시스템 운영 고도화 기법 개발  | · 시범운영을 통해 취득된 정보 기반 해석정보 고도화                                                                                                                                            |

## ■ 기술별 최종성과물

- 도로·지하차도 침수 발생 30분 전에 침수위험 지역에 대한 정보를 제공할 수 있는 고해상도 도로·지하차도 침수예측모델
- 지하차도 빗물유입량 계측과 빗물 배수량 계측에 기반한 지하차도 침수모니터링시스템
- 도로·지하차도 침수피해 저감을 위한 정책 개선방안(안)
- 침수량 고려 생태적 도로설계 기술 매뉴얼

#### 4-1-4. [세부기술 2-4] 수재해 대응 정보 제공 플랫폼 개발

##### ■ 기술개발 목적 및 필요성

- 도로에서 발생하는 재해 상황을 개발 시스템을 통해서 능동, 자동적으로 인지하여, 도로관리자가 적극적으로 도로 상황을 관리(시설물 파손책임자 확인, 사고 경중에 따른 필요한 조치시행 등 수행)
- CCTV 영상에 대한 높은 수준(딥러닝, CNN 등)의 분석과 필요에 따라서 IoT센서 보완(사고 다발지점, 취약시설 등)하여 도로 발생 재해 상황을 인지, 분석, 평가 과정을 거쳐서 신뢰도 높은 도로 상황 인지기술 및 관리 시스템으로 구현 필요
- 기존에 설치된 CCTV를 “효율화, 첨단화”하여 도로와 주변상황의 안전성을 극대화 할 수 있는 환경을 구축하는 것이 필요.
- 초단기 도로 침수예측 모델링을 통한 위험지역 추출 자료와 실시간 도로·지하차도 침수정보 관측과 CCTV를 통한 도로 위 교통상황 파악에 기반한 위험지역 선정을 통해 원격제어 시스템으로 지하차도 차단, 침수도로 회피경로를 제공하여 침수로 인한 피해를 최소화 할 수 있음
- 산사태, 도로 침수 등의 모니터링 기술을 통한 도로 및 장대터널에 대한 사전 차단과 우회 지침 등과 관련한 조기 예/경보, 운영 매뉴얼 개발
  - 이를 위해 도로 수재해 관련 분석정보를 체계적으로 관리하고 맞춤형 수재해 정보를 제공할 수 있는 포털 시스템 개발 필요

##### ■ 기술개발 목표

[표 II-16] 세부기술 2-4 최종목표 및 세부목표

| 구분   | 내 용                                                                                                                                                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 최종목표 | 도로 수재해 관련 정보 수집/분석/제공 통합 플랫폼 구현                                                                                                                                                                          |
| 세부목표 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· CCTV+IoT기반 도로 수재해 발생 재해 인지 기술 개발</li> <li>· 도로 산사태/토석류 및 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 안내시스템 개발</li> <li>· 원격 지하차도 차단 기술</li> <li>· 통합 수재해 정보 및 예측정보 표준화 플랫폼 구현</li> </ul> |

## ■ 기술별/연차별 개발내용

[표 II-17] 세부기술 2-4 연차별 연구 개발의 목표 및 내용

| 연차                                          | 연구목표                                      | 연구개발 내용                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>기초<br>자료<br>조사<br>및<br>설계<br>단계        | 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 가시화 및 최적 관리 플랫폼 설계   | · 국내·외 재해관련 정보 및 예측정보 표준화 플랫폼 설계<br>· 강우정보기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 가시화 및 최적 관리 기법 설계<br>· 연구지역의 기본 디지털 데이터 구축을 통한 GIS DB 기반 지형정보 가공                                              |
|                                             | 도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼설계                      | · CCTV+IoT기반 도로발생 재해 인지 기술 설계<br>· 관측센서 및 영상기반 재해 인지 기술(딥러닝 등) 수집기법 조사 및 설계                                                                                                     |
|                                             | 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 시스템 설계             | · 수재해 정보 전파 최적화 기법에 관한 선행연구 조사<br>· 우회도로 최적화 기법 조사<br>· 수재해정보 전파 및 우회도로 최적화 시스템 설계                                                                                              |
|                                             | 원격 지하차도 진입차단시스템 설계                        | · 국내외 지하차도 차단 시스템 사례조사<br>· 최적 지하차도 차단 선정<br>· 최적화된 원격 지하차도 진입차단시스템 설계                                                                                                          |
| 2<br>프로토<br>타입<br>개발<br>및<br>적용<br>준비<br>단계 | 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류가시화 및 최적 관리 플랫폼 개발    | · 시간 개념의 재해관련 정보 및 예측정보 플랫폼 설계 및 프로토타입 개발<br>- 산사태 및 토석류 유하에 따른 도로/터널 주변 피해정보와 도심지 도로 침수 및 지하차도 침수 피해 정보 가시화<br>· 관계기관별 재해정보 데이터 수집 표준화 기법 설계                                   |
|                                             | 도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼설계                      | · CCTV+IoT기반 도로발생 재해 인지 기술 개발<br>· 관측센서 및 영상기반 재해 인지 기술(딥러닝 등) 수집기법 조사 및 설계                                                                                                     |
|                                             | 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 기법 개발              | · 도로·지하차도 침수 발생시 최적 우회도로 선정기법 개발<br>· 침수정보 및 우회도로 정보 전파/안내 기법 개발                                                                                                                |
|                                             | 원격 지하차도 진입차단 기법 개발                        | · 최적 지하차도 차단 게이트 선정<br>· 원격 지하차도 차단 게이트 조작 기법 개발                                                                                                                                |
| 3<br>적용<br>및<br>평가<br>단계                    | 재해 정보 및 예측정보 표준화 및 표출시스템 구현을 위한 플랫폼 설계구현  | · 예측정보를 반영한 재해정보 입력 및 가시화 기술과 도로 수재해 표출 플랫폼 프로토타입 개발<br>· 관계기관별 재해정보 데이터 수집 표준화 기법 개발<br>· 사전 시간 개념의 재해관련 정보 관리체계 확립과 운용메뉴얼 작성                                                  |
|                                             | 도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼 적용 운영                  | · CCTV+IoT기반 도로 재해 발생 인지 기술 적용<br>· 관측센서 및 영상기반 재해 인지 기술 적용                                                                                                                     |
|                                             | 시나리오 기반 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 모듈 개발      | · 침수 시나리오별 실시간 상황전파 모듈 개발 및 평가<br>· 침수 시나리오별 우회도로 최적화 모듈 개발 및 평가                                                                                                                |
|                                             | 원격 지하차도 진입차단 모듈 개발                        | · 원격 지하차도 진입차단 모듈 개발 및 평가                                                                                                                                                       |
| 4<br>운영<br>및<br>세부기<br>술<br>결합단<br>계        | 수재해 정보 및 예측정보 표준화 플랫폼 연계 DB고도화 및 표출시스템 운영 | · 국내외 사전예측기상정보 모듈의 탑재 및 재해분석 분석 인자 도출과 OPEN API기반 등 국내외 사전예측기상정보의 탑재<br>· 예측정보기반 4D-정보 반영 재해정보 가시화 기술을 통한 수재해 대응 도로 정보 구축<br>· 과거사례분석을 통한 사전기상 재해정보를 반영 산사태/토석류 유하에 따른 관리 체계 확립 |
|                                             | 도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼 적용 운영                  | · 사전 예측강우 모델링 결과기반 도로 재해 발생 인지 기술 결합<br>· 세부별 관측센서 및 영상기반 재해 인지 기술 결합                                                                                                           |
|                                             | 시나리오 기반 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 모듈 적용 평가   | · 침수 시나리오별 실시간 상황전파 모듈 개발 및 적용과 우회도로 최적화 기술 적용 운영                                                                                                                               |
|                                             | 피해 예측기반 원격 지하차도 진입차단 모듈 적용 평가             | · 원격 지하차도 진입차단 모듈 적용 운영                                                                                                                                                         |

|                                    |                                                    |                                                                          |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 5<br>정보시스템<br>운영<br>및<br>고도화<br>단계 | 수재해 정보 및 예측정보<br>표준화 플랫폼 연계<br>DB고도화 및 표출시스템<br>구현 | · 통합 사전 재해 예측-대응-저감기술 플랫폼 고도화 및 관리체계 확립과 운용메뉴얼                           |
|                                    | 도로 침수-홍수 정보 통합<br>플랫폼 개발과 최적관리<br>기술기반 매뉴얼         | · 침수-홍수기반 도로 재해 발생 인지 기술 평가 및 고도화<br>· 세부별 관측센서 및 영상기반 재해 인지 기술 평가 와 고도화 |
|                                    | 침수정보 실시간 전파 및<br>우회도로 최적화 기술<br>고도화                | · 침수 시나리오별 실시간 상황전파 모듈 개발 및 적용과 우회도로 최적화 기술 적용<br>및 운영 고도화               |
|                                    | 피해 예측기반 원격<br>지하차도 진입차단 기술<br>고도화                  | · 원격 지하차도 진입차단 기술 적용 및 운영 고도화                                            |

## ■ 기술별 최종성과물

- 도로 발생 재해(사면 붕괴, 침수 등) 분석용 프로그램(센터용 S/W)
  - 각 지방국토관리청, 한국도로공사, 지방자치단체 도로교통관제센터
- 피해 예측 기반 사전 원격 지하차도 진입차단시스템
- 도로 재난정보 (산사태/토석류/침수/홍수정보) 예측 전파 및 실시간 전파를 통한 우회도로 안내시스템
- 도로 및 장대터널 주변 수재해 통합관리 시스템 및 최적 운영기법 매뉴얼(안)

## 5. 연구추진 로드맵



[그림 II-37] 총괄 및 세부 연구 로드맵

[표 II-18] 핵심과제 2: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵

| 세부기술                                                                   | 세세부기술                                                                    | 1<br>차<br>년<br>도 | 2<br>차<br>년<br>도 | 3<br>차<br>년<br>도 | 4<br>차<br>년<br>도 | 5<br>차<br>년<br>도 | 주요연구성과                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------------------------|
| 2-1.<br>수재해대응<br>도시지 도로 및<br>터널 주변<br>산사태/토석류<br>최적관리<br>기술 개발         | 2-1-1. 산사태/토석류 발생 지질지형별 지표 하 복합 메커니즘 반영 재해 해석                            |                  |                  |                  |                  |                  | · 지질별 인공사면 및 자연사면에서의 재해 해석 모니터링 기술과 최적매개변수 추정 기법                 |
|                                                                        | 2-1-2. 수재해예측형 병렬컴퓨팅 기반 산사태 발생 예측과 토석류 전이 확산 모의 기술                        |                  |                  |                  |                  |                  | · 강우에 따른 도로변 및 장대터널 주변 지질특성별 산사태/토석류 예측 모형                       |
|                                                                        | 2-1-3. 도로 및 장대터널 주변 인공 및 자연사면 유목의 유송 영향 평가기법 기술                          |                  |                  |                  |                  |                  | · 유목의 이동에 의한 도로/장대터널 주변 피해확산 기법과 대응기술 확립                         |
| 2-2.<br>도로 및 터널<br>주변 수재해 대응<br>실시간-사전강우<br>정보기반 분포형<br>수문기상정보<br>생산기술 | 2-2-1. 사전예측을 위한 재해위험지역 특화 고해상도 레이더 기반 예측강우 정보 생산 및 연동 기술개발               |                  |                  |                  |                  |                  | · 다중 예측정보(레이더, 수치예보모델)의 최적병합을 통한 고해상도 예측강우 생산 및 재해평가 기술 및 관련프로그램 |
|                                                                        | 2-2-2. 도로/장대터널 주변 유역 실시간 (강우강도 지속시간-강우입자 사이) 강우정보 및 예측정보기반 수문기상 정보 획득 기술 |                  |                  |                  |                  |                  | · 기후변화 대응 골든타임확보 기반 분포형 강우분포자료 구축 기술과 수문반응 해석 프로그램               |
|                                                                        | 2-2-3. 예측강우기반 수문반응 연계기술을 통한 하천인근 도로변 홍수피해 위험 예측기법                        |                  |                  |                  |                  |                  | · 지형정보와 유체 기반 도로변 도시홍수영향 평가 모델링 기법                               |

| 세부기술                                       | 세세부기술                                                         | 1<br>차<br>년<br>도 | 2<br>차<br>년<br>도 | 3<br>차<br>년<br>도 | 4<br>차<br>년<br>도 | 5<br>차<br>년<br>도 | 주요연구성과                                                  |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------------|
| 2-3.<br>수재해 대응<br>도로지하차도<br>침수피해<br>저감기술개발 | 2-3-1. 딥러닝(CNN+ LSTM) 기반 도로·지하차도 침수 발생 유무 판단 모델 개발            |                  |                  |                  |                  |                  | · 5분 이내에 침수발생 유무 결과를 도출                                 |
|                                            | 2-3-2. 지하차도 침수 모니터링 및 수차해 석 병렬컴퓨팅 기술                          |                  |                  |                  |                  |                  | · 계측오차 $\pm 10\%$ 이내의 지하차도 침수 모니터링 시스템                  |
|                                            | 2-3-3. 우수관로 및 지표면 수위 모니터링 기술 개발                               |                  |                  |                  |                  |                  | · 5분 간격의 우수관로 및 지표면 수위 모니터링 시스템 및 예측 모델과의 연계를 통한 운영기법   |
|                                            | 2-3-4. 침수량 고려 생태적 도로설계 기법 개발                                  |                  |                  |                  |                  |                  | · 침수량, 배수능력 대응 생태적 도로 설계 기술 매뉴얼                         |
| 2-4.<br>수재해 대응 정보<br>통합<br>플랫폼 개발          | 2-4-1. 사전예측 강우정보기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 수재해 최적 관리 플랫폼 개발과 매뉴얼 |                  |                  |                  |                  |                  | · 사전예측 강우정보기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류3D 가시화 및 최적 관리 플랫폼    |
|                                            | 2-4-2. 도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼 개발과 최적관리 기술기반 매뉴얼                   |                  |                  |                  |                  |                  | · 수재해 최적관리 기술기반 도로 정보 통합 플랫폼 및 운영매뉴얼                    |
|                                            | 2-4-3. 우회도로 정보 생성 및 침수 관련 정보 전파 기술                            |                  |                  |                  |                  |                  | · 침수 예상 지역 통과가 예상되거나 인근 도로 위 운전자에게 정확한 정보 파악이 가능한 기술 개발 |
|                                            | 2-4-4. 원격 지하차도 차단 시스템                                         |                  |                  |                  |                  |                  | · 상황실에서 원격으로 즉각적인 지하차도 차단이 가능한 시스템 개발                   |

## 6. 소요예산

■ 본 연구개발의 최종목표를 달성하기 위해 필요로 하는 세부기술별 연구개발예산을 추정하여 전체 연구개발기간내에서 연도별로 제시함

- (연구기간) 5년
- (연구비) 총 24,200백만원 이내

### 6-1. 연도별 소요예산

[표 II-19] 핵심과제 2: 세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세부기술                                       | 구분 | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계    |
|--------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발          | 정부 | 1,050 | 1,400 | 1,400 | 1,200 | 1,200 | 6,250  |
|                                            | 민간 |       |       |       |       |       |        |
| 기후변화 대응 도심지 도로 및 터널 주변 재해 평가를 위한 강우정보 예측기법 | 정부 | 750   | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 5,550  |
|                                            | 민간 |       |       |       |       |       |        |
| 도로지하차도 침수피해 저감기술개발                         | 정부 | 1,100 | 1,500 | 1,500 | 1,400 | 1,300 | 6,800  |
|                                            | 민간 |       |       |       |       |       |        |
| 수재해 관련 도로 정보 통합 플랫폼 구현                     | 정부 | 800   | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 5,600  |
|                                            | 민간 |       |       |       |       |       |        |
| 총 계                                        |    | 3,700 | 5,300 | 5,300 | 5,000 | 4,900 | 24,200 |

#### 6-1-1. [세부기술 2-1] 수재해 대응 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발

[표 II-20] 세부기술 2-1: 세세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세세부기술                                               | 구분 | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계   |
|-----------------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2-1-1. 산사태/토석류 발생 지질지형별 지표하 복합 메커니즘 반영 재해 해석        | 정부 | 350   | 500   | 500   | 400   | 400   | 2,150 |
|                                                     | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-1-2. 수해해석모형 병렬컴퓨팅 기술기반 산사태 발생 예측과 토석류 전이 확산 모의 기술 | 정부 | 350   | 500   | 500   | 400   | 400   | 2,150 |
|                                                     | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-1-3. 도로 및 장대터널 주변 인공 및 자연사면 유목의 유송에 의한 영향         | 정부 | 350   | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,950 |
|                                                     | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 총 계                                                 |    | 1,050 | 1,400 | 1,400 | 1,200 | 1,200 | 6,250 |

## 6-1-2. [세부기술 2-2] 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우정보기반 분포형 수문기상정보 생산 기술

[표 II-21] 세부기술 2-2: 세세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세세부기술                                                                    | 구분 | 1차년도 | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계   |
|--------------------------------------------------------------------------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2-2-1.사전예측을 위한 재해위험지역 특화 고해상도 레이더 기반 예측강우 정보 생산 및 연동 기술개발                | 정부 | 250  | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,850 |
|                                                                          | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-2-2.도로/장대터널 주변 유역 실시간 (강우강도 지속시간-강우입자 사이즈) 강우정보 및 예측정보기반 수문기상 정보 획득 기술 | 정부 | 250  | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,850 |
|                                                                          | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-2-3.예측강우기반 수문반응 연계기술을 통한 하천안근 도로변 홍수피해 위험 예측기법                         | 정부 | 250  | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,850 |
|                                                                          | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 총 계                                                                      |    | 750  | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 5,550 |

## 6-1-3. [세부기술 3] 수재해 대응 도로지하차도 침수피해 저감기술개발

[표 II-22] 세부기술 2-3: 세세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세부기술                                                 | 구분 | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계   |
|------------------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2-3-1.딥러닝(CNN+ LSTM) 기반 도로·지하차도 침수 발생 유무 판단 모델개발     | 정부 | 300   | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,900 |
|                                                      | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-3-2.지하차도 침수 모니터링 및 수차해석 병렬컴퓨팅 기술기반 지하차도 침수예측 기법 개발 | 정부 | 300   | 400   | 400   | 400   | 400   | 1,900 |
|                                                      | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-3-3.우수관로 및 지표면 수위 모니터링 기술                          | 정부 | 300   | 400   | 400   | 300   | 200   | 1,600 |
|                                                      | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-3-4.침수량·침수심 고려 생태적 도로설계 기법 개발                      | 정부 | 200   | 300   | 300   | 300   | 300   | 1,400 |
|                                                      | 민간 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 총 계                                                  |    | 1,100 | 1,500 | 1,500 | 1,400 | 1,300 | 6,800 |

## 6-1-4. [세부기술 4] 수재해 대응 정보 통합 플랫폼 개발

[표 II-23] 세부기술 2-4: 세세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

| 세부기술                                                         | 구분 | 1차년도 | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  | 합 계   |
|--------------------------------------------------------------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2-4-1.사전예측 강우정보기반 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 수재해 최적 관리 플랫폼 개발과 메뉴얼 | 정부 | 200  | 300   | 300   | 300   | 300   | 1,400 |
|                                                              | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-4-2.도로 침수-홍수 정보 통합 플랫폼 개발과 최적관리 기술기반 메뉴얼                   | 정부 | 200  | 300   | 300   | 300   | 300   | 1,400 |
|                                                              | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-4-3.우회도로 정보 생성 및 침수 관련 정보 전파 기술                            | 정부 | 200  | 300   | 300   | 300   | 300   | 1,400 |
|                                                              | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 2-4-3.원격 지하차도 차단 시스템                                         | 정부 | 200  | 300   | 300   | 300   | 300   | 1,400 |
|                                                              | 민간 | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| 총 계                                                          |    | 800  | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 5,600 |

## 6-2. 예산항목별 소요예산

### 6-2-1. [세부기술 2-1] 수재해 대응 도심지 대로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술 개발

[표 II-24] 세부기술 2-1: 예산항목별, 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

| 예산<br>항목    | 세부항목    | 예산항목  |       |       |       |       | 비율<br>(%) |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|             |         | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  |           |
| 인<br>건<br>비 | 책임연구원   | 112   | 150   | 150   | 128   | 128   | 10.7      |
|             | 연구원     | 101   | 134   | 134   | 115   | 115   | 9.6       |
|             | 연구보조원   | 103   | 137   | 137   | 118   | 118   | 9.8       |
|             | 보조원     | 22    | 29    | 29    | 25    | 25    | 2.1       |
|             | 소계      | 338   | 451   | 451   | 386   | 386   | 32.2      |
| 직<br>접<br>비 | 연구장비재료비 | 210   | 280   | 280   | 240   | 240   | 20        |
|             | 연구활동비   | 171   | 228   | 228   | 196   | 196   | 16.3      |
|             | 연구수당    | 68    | 91    | 91    | 78    | 78    | 6.5       |
|             | 소계      | 449   | 599   | 599   | 514   | 514   | 42.8      |
| 간접비         |         | 262   | 350   | 350   | 300   | 300   | 25        |
| 합계          |         | 1,049 | 1,400 | 1,400 | 1,200 | 1,200 | 100       |

### 6-2-2. [세부기술 2-2] 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우정보기반 분포형 수문기상정보 생산 기술

[표 II-25] 세부기술 2-2: 예산항목별, 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

| 예산<br>항목    | 세부항목    | 예산항목 |       |       |       |       | 비율<br>(%) |
|-------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|             |         | 1차년도 | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  |           |
| 인<br>건<br>비 | 책임연구원   | 63   | 101   | 101   | 101   | 101   | 8.4       |
|             | 연구원     | 89   | 143   | 143   | 143   | 143   | 11.9      |
|             | 연구보조원   | 74   | 118   | 118   | 118   | 118   | 9.8       |
|             | 보조원     | 16   | 25    | 25    | 25    | 25    | 2.1       |
|             | 소계      | 242  | 386   | 386   | 386   | 386   | 32.2      |
| 직<br>접<br>비 | 연구장비재료비 | 135  | 216   | 216   | 216   | 216   | 18        |
|             | 연구활동비   | 137  | 220   | 220   | 220   | 220   | 18.3      |
|             | 연구수당    | 49   | 78    | 78    | 78    | 78    | 6.5       |
|             | 소계      | 321  | 514   | 514   | 514   | 514   | 42.8      |
| 간접비         |         | 188  | 300   | 300   | 300   | 300   | 25        |
| 합계          |         | 750  | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 100       |

### 6-2-3. [세부기술 2-3] 수재해 대응 도로지하차도 침수피해 저감기술개발

[표 II-26] 세부기술 2-3: 예산항목별, 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

| 예산항목 | 세부항목    | 예산항목  |       |       |       |       | 비율<br>(%) |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|      |         | 1차년도  | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  |           |
| 인건비  | 책임연구원   | 142   | 194   | 194   | 181   | 168   | 12.9      |
|      | 연구원     | 109   | 149   | 149   | 139   | 129   | 9.9       |
|      | 연구보조원   | 108   | 147   | 147   | 137   | 127   | 9.8       |
|      | 보조원     | 23    | 32    | 32    | 29    | 27    | 2.1       |
|      | 소계      | 382   | 521   | 521   | 486   | 451   | 34.7      |
| 직접비  | 연구장비재료비 | 191   | 261   | 261   | 244   | 226   | 17.4      |
|      | 연구활동비   | 186   | 254   | 254   | 237   | 220   | 16.9      |
|      | 연구수당    | 66    | 90    | 90    | 84    | 78    | 6         |
|      | 소계      | 443   | 605   | 605   | 564   | 524   | 40.3      |
| 간접비  |         | 275   | 375   | 375   | 350   | 325   | 25        |
| 합계   |         | 1,100 | 1,500 | 1,500 | 1,400 | 1,300 | 100       |

### 6-2-4. [세부기술 2-4] 수재해 대응 정보 통합 플랫폼 개발

[표 II-27] 세부기술 2-4: 예산항목별, 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

| 예산항목 | 세부항목    | 예산항목 |       |       |       |       | 비율<br>(%) |
|------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|      |         | 1차년도 | 2차년도  | 3차년도  | 4차년도  | 5차년도  |           |
| 인건비  | 책임연구원   | 86   | 128   | 128   | 128   | 128   | 10.7      |
|      | 연구원     | 77   | 115   | 115   | 115   | 115   | 9.6       |
|      | 연구보조원   | 78   | 118   | 118   | 118   | 118   | 9.8       |
|      | 보조원     | 17   | 25    | 25    | 25    | 25    | 2.1       |
|      | 소계      | 258  | 386   | 386   | 386   | 386   | 32.2      |
| 직접비  | 연구장비재료비 | 160  | 240   | 240   | 240   | 240   | 20        |
|      | 연구활동비   | 130  | 196   | 196   | 195   | 196   | 16.3      |
|      | 연구수당    | 52   | 78    | 78    | 78    | 78    | 6.5       |
|      | 소계      | 342  | 514   | 514   | 514   | 514   | 42.8      |
| 간접비  |         | 200  | 300   | 300   | 300   | 300   | 25        |
| 합계   |         | 800  | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 100       |

## 7. 위험요인 및 해결방안

### ■ 상용화 위험요인과 해결방안

[표 II-28] 위험요인 및 해결방안

| 위험요소                              | 해결방안                                                                       |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 하수관로 계측 센서 유실                     | 하수관로내에 센서 설치를 피하고 강우 발생시 상대적으로 안전한 맨홀 뚜껑에서 수심과 유속 측정                       |
| 법적 제한으로 인해 도로 바닥 조명 설치의 어려움 발생 가능 | 도로교통법, 도로교통법 시행령, 도로교통법 시행규칙을 준수하는 범위내에서 운전자에게 가장 효율적으로 정보를 전파할 수 있는 방안 제시 |

## 8. 기대 및 파급효과

- 최근 기후변화에 따른 집중호우 조건을 고려할 수 있는 신뢰성 높은 산사태 및 침수와 같은 재해발생 가능성 평가모형을 개발하여 안정적·균형적 산지이용을 위한 대책 확립 시 분석의 정확도를 향상시켜 재난에서 안전한 대한민국에 기여할 수 있는 활용방안 제시
- 돌발성 호우 사전예측을 통해 국지적인 도로 및 산사태 지역에 대한 재해발생에 대한 능동적인 사전대응 기능
- 재해발생기작의 규명을 통해 효율적인 산사태, 침수와 같은 방재대책의 선정이 가능하며, 방재 대책에 대한 우선순위의 결정에 있어 기초자료로 활용될 수 있으며, 산사태·침수 통합예보 시스템과 연계하여 산지재해를 저감하고 관련 분야의 고도화에 기여 가능함
- 본 연구는 사회 공공성이 강한 연구로서, 기후변화 및 국토개발 등 미래에 예상되는 유역환경 변화에 능동적으로 대처하고, 도로 침수, 유역침식 및 사면붕괴 등으로 인한 재해로부터 안전한 유역을 예측하기 위한 핵심 기술을 개발하여, 국민들의 삶의 질을 향상시키는 경제적인 효과 창출에 활용 될 수 있음
- 연구결과의 성과물로 제시되는 산지재해위험성 판정표는 산지개발행위에 따른 산지재해 뿐만 아니라 일반산지의 산사태위험성의 판정에도 병행 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 이에 따라 거시적인 산사태방지 및 산지관리 정책에 활용이 가능할 것으로 판단됨
- 연구결과로 제시되는 (가칭)산사태재난안전관리법의 제정 근거를 활용하여 법제정 시 국가의 산사태관련 통합관리 근거법이 제시됨으로써 범부처의 산사태재난관리에 대한 효율성이 극대화될 수 있을 것으로 판단됨
- 본 연구과제의 성과물은 산지관리, 산지재해 위험성 검토 및 도로 침수 관리 전문인력의 양성을 위한 대학 강의교재로서 활용 가능하고, 실무자들을 위한 외부강의(교육)자료로도 활용 가능 침수 대응 생태적 도로설계 기법을 제시함으로써 지속가능한 도시 구축에 기여

### 8-1. 과학기술적 측면

- 위험지역에 특화된 고해상도 예측강우정보 생산 및 연계활용 기술 개발
- 산지개발에 따른 산지재해위험성을 정량적으로 평가하는 체계적 지표개발
- 산지재해의 위험성을 저감하기 위한 합리적 사방공법 발굴
- 전 세계적으로 산사태분야에서 지표하 수문현상을 반영한 연구는 최근에 들어 연구 되고 있으며, 특히 실시간 강우에 따른 산림지반 내 지표하 수문을 가정한 산사태 예측 연구가 드문 실정으로 이에 대한 연구를 통해 국내의 산림지형 특성에 맞는 산사태 예측모형의 기술 개발이 가능
- 고정확 침수 모델링 고도화를 통하여 침수 예측 능력 제고

- 우회도로 안내 시스템 및 진입차단 시스템 등의 구축을 통하여 IoT와 센서 기반 기술 향상

## 8-2. 사회경제적 측면

- 최근 10년간 연평균 산사태 피해액 39,821백만원 및 10여명의 인명피해 저감 가능하며, 도로변 산지에 개발되는 산업계의 합리적 개발계획과 사후점검계획의 수립에 기여할 수 있음
- 산지개발로 인한 급격한 토사재해의 예측 기술을 통해 피해에 따른 유지관리 비용 저감과 더불어 효율적이며 과학적인 국토 관리를 통한 유지관리비용 절감 효과와 국제교류 사업 및 투자사업의 기반기술로 활용과 관련 기술의 해외기술 전수로 국가 경쟁력 확보
- 체계적인 재해관리를 위해서 각 부처별 재해 제어 및 방지를 다양한 계획이 수립·운영 중에 있으며, 이러한 정보는 국가 및 지방의 재정운용 및 경제적 측면에서 중요한 부분으로 집중호우로 인한 자연재해에 능동적 방어 및 토지이용의 극대화 등으로 재해복구비용 절감 및 지역경제 활성화에 크게 기여

## 8-3. 정책적 측면

- 정부 5대 국정목표 중 「재해로부터 국민안전 및 행복 실현」을 달성하기 위한 정부정책에 본 연구과제의 성과를 적극 활용하여 과학기술적 토대 마련 및 기여
  - 2017년 정부 연구개발 투자방향 및 기준(안)의 중점추진분야 중 “대형복합화 되는 재난재해, 새로운 기술 발달로 등장하는 우리 사회의 위협요소를 선제적으로 대응할 수 있도록 다양한 공공기술 개발 지원 확대”에 부합하는 연구 개발
  - 정부의 출연(연) 발전전략 중 “미래전략기술”과 “사회문제 해결을 위한 공공연구”를 위해 지질 재해 및 산사태재해 감사·대응기술을 제공함으로써 정부부처 및 출연연의 사회적 기여 및 위상제고
- 본 연구는 사회 공공성이 강한 연구로서, 기후변화 및 국토개발 등 미래에 예상되는 유역환경 변화에 능동적으로 대처하고, 유역침식 및 사면붕괴 등으로 인한 재해로부터 안전한 유역을 예측하기 위한 핵심 기술을 개발하여, 국민들의 삶의 질을 향상시키는 효과를 창출
  - 최근 산사태 및 홍수 빈도 및 피해규모의 급격한 증가 문제를 해결하기 위한 신기술 확보를 통해 사회현안을 실질적으로 해결
- 산사태나 침수는 그 특성상 자주 발생하지는 않으나, 예측이 어렵고 한번 발생 시 막대한 인적·물적 피해를 발생시키기 때문에 예보를 통하여 대피 및 대응책을 마련하는 것이 바람직하며, 대형복합재난의 일종으로 관련 기술은 다양한 유관부처의 공공데이터를 연계하여 예측모델링 및 통합분석을 수행하고 대응역량 강화를 위한 법제도적 지원이 필요하기 때문에 민간이 아닌 공공기술개발 형태로 추진하는 것이 바람직

## 9. RFP

### ■ [핵심과제 2] 도로안전을 위한 수재해 예측-저감-대응 기술개발

- [세부기술 2-1] 수재해 대응 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술개발

[표 II-29] 세부기술 2-1 RFP

| 과제명              | 수재해 대응 도심지 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도심지 도로 및 터널 주변 강우 및 지진에 의한 산사태-토석류에 따른 재해 발생기작의 규명과 K-토석류 모델 개발을 통한 안정적·균형적 도로 및 터널 주변 복합재해 대책 확립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 | <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 2020년 장마와 태풍으로 발생한 산사태로 인한 피해액(산림청 기준)은 약 1천억에 이룸</li> <li>· 집중호우, 태풍 등 기상이변의 발생횟수와 규모가 증가함에 따라 낙석, 산사태 및 토석류 등과 같은 급경사지의 붕괴로 인하여 많은 인명 및 재산 피해가 동반되고 매년 재발 빈도도 증가하고 있어 도시계획적 해결방안과 실효성 있는 방재대책에 대한 요구가 증가하고 있음</li> <li>· 2020년 기준으로 우리나라의 총 R&amp;D 예산은 24.1조원으로 예전에 비하여 증가하고 있지만, 재난 안전관련 R&amp;D는 1.31조원(국회예산정책처 2020년도 예산안 총괄 분석II, 2019)으로 이를 통해 재난대응 분야에 급경사지 등 재해위험지구의 위험징후를 조기에 발견할 수 있도록 하는 데 주안점을 두고, 이를 위해 2022년까지 전국 510곳에 사물인터넷 기반 조기경보시스템을 설치할 방침</li> <li>· 하지만, 이는 기후변화로 인한 국지성 호우 및 태풍에 의한 산사태/토석류의 발생에 대한 실질적인 예측을 통한 사전 안전확보를 위한 기술이기 보다는 모니터링에 초점이 맞추어져 있어, 재해가 발생하는 시점에 있어 대피 등을 위한 골든타임을 확보가 미흡할 수 있는 단점이 있음. 그러므로 중장기적으로 이에 대한 기술 개발을 통해 사전에 산사태/토석류 등이 발생할 수 있는 정보를 예측할 수 있는 시스템이 필요하며, 특히 도로주변에서 발생할 수 있는 토사재해에 대한 사전 대응기술이 필요함</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 기술동향</p> <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 인접구간의 산사태 및 토석류의 위험성에 대한 연구는 도로와 연접한 비탈면 붕괴방지와 피복 관련 연구는 진행하고 있으나, 도로구역 밖에 위치한 산지와 계곡에서 발생하는 재해의 예방 연구는 미흡한 실정임</li> <li>· 특히, 도로 관리청에서는 산사태 및 토석류 재해위험성은 인식하고 있으나, 대부분 도로구역내의 인공 절개지를 중심으로 구조물을 설치하고 있어, 도로구역 밖에 있는 산지의 재해는 아직까지 경시되고 있음</li> <li>· 한국도로공사에서 관할하는 고속도로부지에는 인공사면(급경사지)에 대한 관리 및 지침이 체계적으로 구축되어 있으나 계류부에서 발생할 수 있는 산사태(토석류)에 대하여 배수로 설치, 소규모 스크린, 가드레일 등 최소한의 재해방지사설로 설치되</li> </ul> |

어 있어 상대적으로 취약한 것으로 나타남

- 산사태 영향 평가 시스템
  - (산림청) 치산녹화사업을 단계별로 시행하여 사방댐과 계류보전 시설 등의 지속적인 사방사업을 통해 재해 대응을 위한 안전망 구축, 산림보호법 개정을 통한 산사태 예방 및 대응체계 구축, 산사태정보시스템 운영을 통한 대국민 산사태 정보 제공하고 있음
  - (행정안전부) 급경사지 재해예방에 관한 법률에 근거한 급경사지 붕괴 위험지역 등의 지정, 고시 관리가 가능토록 제도적 틀을 마련하였으며, 각종 설계, 시공 및 붕괴위험 예측 등에 활용할 수 있는 전국단위의 지반재해위험지도 제작 보급 중임
  - (국토교통부) 전국단위의 국도변 비탈면 관리와 관련한 도로 비탈면 유지관리시스템 운영업무(CSMS)를 시행 중에 있으며, 기초조사(전수조사)와 정밀조사(기본설계) 등으로 구분하여 사면보강 및 설계기술 정립에 기여하고 있음
  - (서울연구원) 서울에 위치한 산지사면을 대상으로 사면전수조사를 통해 산사태 및 토석류 취약지역을 선정하여 등급화함으로써 우선순위에 따른 예방사방사업 실시 중임
  - (한국지질자원연구원) 산사태 및 토석류 발생의 주요인자를 지질학적 특징에 초점을 두어 로지스틱회귀분석 기반의 산사태위험지 예측연구 수행 및 토석류 사태물질 확산범위 특성 등의 연구 수행 중임
  - (수충부 및 토석류 방재기술연구단) 강원지역을 중심으로 산사태 및 토석류 재해관련 연구를 수행. 특히, 강원지역 산지도로의 방재설계기술 개발을 통한 지침화를 목적으로 도로배수설계기술의 선진화 연구 및 토석류 제어설계기술 연구 등을 수행 중임
  - (낙석 및 산사태 방재연구단) 웹기반의 낙석 및 산사태 통합 관리시스템 개발, 낙석 방지시설 성능평가 방안 수립, 첨단 사면 조사장비 개발, 광대역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 등의 연구 수행 중임

#### 〈해외 기술동향〉

- 1990년대 이후 다양한 실험과 모니터링을 기반으로 하는 산사태 모형(표)이 개발되어 있으며, 여러 기법이 사면안정성 공식과 결합되어 산사태의 발생 메커니즘을 규명하기 위한 도구로 이용되고 있으며, 특히 강우에 의한 토양내 침출수 흐름 (Seepage flow)은 토양의 전단력을 감소시키는 공극수압의 증가를 발생시켜 토양을 구성하고 있는 입자의 액상화에 의한 두부침식(Headcuts erosion)의 발달과 이동에 영향을 미치며, 붕괴를 발생시키는 요소로서 작용될 수 있다고 보고되고 있음(Kochel et al., 1985; Iverson and Major, 1986; Howard and McLane, 1988; Dunne, 1990; Jones, 1997).
- 최근의 연구(Reid et al., 1992; Iverson et al., 2000; Fox et al., 2007; Baum et al., 2010)는 지표하 흐름의 방향과 힘에 대한 연구가 수행 중에 있으며, 다양한 방법을 통해 산사태 모형의 정확성을 향상시키기기 위한 연구에 집중되어 있음

### 3. 연구내용

- IOT관측센서 기반 도심지 도로 및 터널 주변 표층-심층붕괴형 산사태와 토석류로의 전이 원인 분석과 알고리즘 설계 및 개발
- 도로 및 장대터널 주변의 지질별 기반암 지형 특성에 따른 토양-지하수 메커니즘과 반영 산사태/ 토석류 해석기법 개발
- 지진에 의한 포화 토양-지하수흐름 변동에 의한 산사태와 이의 토석류전이 해석기

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <p>법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도심지 도로 및 터널 주변 산림토양 특성기반 토석류 유목이송에 의한 영향력 파악 기술</li> <li>· 도로 및 터널 주변 산사태/토석류 확산범위 해석을 위한 수치해석 및 최적관리기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>4. 연구 추진방법</b></p>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>· 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>· 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>· (위험성 평가의 합리화) 기존의 위험성 평가방식은 산지개발 진행 전의 지형여건과 산림상태(즉, 소인(素因)의 “정적인 상태”)에 초점을 맞추었지만, 본 과제에서는 사례조사를 통한 전·후의 지형과 산림의 변화, 그리고 이에 따른 강우-유출 변화 등 산지개발 후 소인(素因)의 ‘동태(動態)’를 고려한 위험요소 및 위험성 평가</li> <li>· (입력변수 산정의 간편화) 기존에는 물리기반 산사태 예측 시뮬레이션에 필요한 토질특성 관련 입력변수는 전단시험이 필수적이었지만, 본 과제에서는 강우의 시간적 변화에 따른 계측기(텐시오미터 등)의 반응 결과와 모의시험을 통하여 비교적 간단하지만 과학적인 방법으로 입력변수를 산정하는 방법 표준화</li> <li>· (경험과 IT기술의 융합화) 기존의 산사태 발생에 관한 database와 현장실태조사 자료 등을 IT기술과 융합하여 경험자료에 바탕을 둔 최적의 물리기반 시뮬레이션 모델 개발</li> </ul> |
| <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산사태 분야 전문기관 또는 전문가와 연계하여 산학 및 연구기관의 공동연구를 기반으로 함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p><b>5. 최종 성과물</b></p>              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로/장대터널 주변 사전 분포형 강우예측과 물리기반 산사태 재해 시뮬레이션 기법</li> <li>· 산사태로 인한 도로 및 장대터널 주변 토석류 유하반경 해석 기법</li> <li>· 지진-산사태로 인한 도로 및 장대터널 주변 토석류 재해 반경 해석</li> <li>· 도로 및 장대터널 주변 산사태/토석류 최적관리 기술의 합리적 대책 방안</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>6. 활용방안 및 기대효과</b></p>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><input type="checkbox"/> 활용방안</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수재해 통합플랫폼과의 연계를 통하여 재해 정보 제공 및 대응</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><input type="checkbox"/> 기대효과</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회·경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통안전 분야에서 산사태 및 토석류 기술 고도화로 방재시장 발전 가속화</li> <li>- 최근 산사태 빈도 및 피해규모의 급격한 증가 문제를 해결하기 위한 신기술 확보를 통해 사회현안을 실질적으로 해결</li> </ul> </li> <li>· 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산사태 및 토석류의 재해 예측 기술에 활용</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 7. 연구기간 및 소요예산                                                                            |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구기간: 5년</li> <li>· 소요예산: 6,250백만원 이내</li> </ul> |  |
| 8. 기타                                                                                     |  |
|                                                                                           |  |

- [세부기술 2-2] 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우정보기반 분포형 수문기상정보 생산 기술

[표 II-30] 세부기술 2-2 RFP

| 과제명              | 도로 및 터널 주변 수재해 대응 실시간-사전강우 정보기반 분포형 수문기상정보 생산기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기후변화 대응 도심지 도로 및 터널 주변 재해 평가를 위한 사전강우정보 예측기법</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 | <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 이상기후로 인해 돌발적이고 국지적인 특성을 갖는 호우의 발생빈도가 전국적으로 증가하고 있으며, 이로 인한 수재해 위험성이 높아지고 있음. 특히, 산지지역에서는 지형성 강우 및 연직대기 불안정으로 인해 돌발성 호우가 발생하기 쉬워 산사태 발생가능성을 높임</li> <li>· 국외에서는 레이더 정보를 이용하여 도심지 및 산지의 돌발호우를 사전에 탐지하고, 발달 과정을 추적하여 위험정보를 현업에 제공하고 있지만, 국내에서 이와 관련한 원천기술 개발이 미흡한 실정임</li> <li>· 돌발호우는 주기가 1시간 이내로 연산시간이 많이 소요되는 기상수치예보모델로 예측하기 어려우며, 외삽기반의 레이더 예측강우는 강우의 발달, 소멸을 고려하지 못하는 한계로 강우상태를 정확히 예측할 수 없음. 따라서 수재해 위험도가 높은 지역에서는 능동적으로 돌발호우를 사전에 탐지하고 강우상태를 판별한 후 예측을 수행하여 위험지역에 발생가능한 강우현상 및 수재해 정보(도로 침수 및 산사태 가능 수준, 강우량, 정량적 위험도)를 정확하게 산정하는 기술이 필요함</li> <li>· 도로침수 예측을 위한 모델링이나 산사태 위험도 산정을 위해서는 사전에 정확한 강우량 정보가 필수 입력자료임. 일반적으로 강우정보는 지상강우관측소로 관측된 강우정보를 공간분포시켜 획득하는데 매우 조밀한 도로망의 침수나 국지적인 산사태를 모의하기 위해서는 고해상도의 격자강우정보가 필수적임</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 기술동향</p> <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현재 기상청에서 제공하고 있는 기상예보는 일일 평균치에 대한 정보만을 제공하고 있어 예상치 못하게 초단기예(1~2시간) 발생하는 기습적 도로 지하차도 침수에 대한 대처를 위한 기초자료로 활용하기 어려움</li> <li>- 따라서 산사태, 토석류, 도로·지하차도 침수 예측정보를 생산하기 위해서는 고정확도의 초단기 강수예측 정보의 활용이 필수적임</li> </ul> |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | <p>〈해외 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>일본 기상청의 경우, 수문모델링을 통해 지역별로 추정된 토양우량지수에 예측강우 정보를 적용하여 토사재해 정보를 제공하고 있으며, 도쿄에서는 250m 해상도의 레이더 예측강우정보를 활용하여 도로침수 발생을 20분 사전예측할 수 있는 기술을 개발하였음</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>3. 연구내용</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>사전예측을 위한 재해위험지역 특화 고해상도 레이더 기반 예측강우 정보 생산 및 연동 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>위험지역 특화 고해상도 레이더 강우자료를 활용한 강우예측기술 개발</li> <li>AI 기반의 알고리즘 적용을 통한 레이더 강우예측 기술 개선 및 다중예측정보 병합을 통한 강우예측 정확도 개선</li> <li>3차원 레이더 관측자료를 활용한 돌발호우 사전탐지 및 추적 기술을 개발하고 미세규모 호우특성을 고려한 돌발호우 위험도 정보 산정기술 개발</li> <li>통합 플랫폼을 위한 예측강우-재해평가모델 연계 모듈 개발</li> </ul> </li> <li>도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>도로 및 터널 주변 수문특성 해석 연계기술 개발, 평가, 고도화</li> </ul> </li> <li>도시홍수에 따른 도로피해 예측기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>도시홍수 예측 2차원 모델 설계</li> <li>도시홍수에 따른 도로피해 예측기술 개발 및 체계 확립</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>4. 연구 추진방법</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <input type="checkbox"/> 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> <li>연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>논문, 특허, 아이디어, 지식재산권 등 확보</li> <li>기존에 수행되었거나 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 연계 및 기술적 향상</li> </ul>                                                                                                                                                           |
| <input type="checkbox"/> 추진체계 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>5. 최종 성과물</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>위험지역 특화 고해상도 레이더 강우예측 모형과 3차원 레이더 정보 기반 돌발성 호우 사전예측 프로그램</li> <li>다중 예측정보(레이더, 수치예보모델)의 최적병합을 통한 고해상도 예측강우 생산 및 재해평가 연계 프로그램</li> <li>사전기상정보 반영 수문특성 해석 기술 및 프로그램</li> <li>도시지역 수문자료 연계 2D 도시홍수로 인한 도로 피해 예측 프로그램</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>6. 활용방안 및 기대효과</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <b>활용방안</b> | · 산사태 및 도로 침수 예측을 위한 신속한 강수예측 정보 제공                                                                                                                                                                                                                                        |
| <input type="checkbox"/> <b>기대효과</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회·경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예측 정확도 향상을 통한 도로 피해 저감</li> </ul> </li> <li>· 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산사태, 토석류, 도로·지하차도 침수 예측정보를 생산하기 위해서는 고정확도의 초단기 강수예측 정보 활용</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>7. 연구기간 및 소요예산</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구기간: 5년</li> <li>· 소요예산: 5,550백만원 이내</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |
| <b>8. 기타</b>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |

● [세부기술 2-3] 수재해 대응 도로지하차도 침수피해 저감기술개발

[표 II-31] 세부기술 2-3 RFP

| 과제명                                       | 수재해 대응 도로지하차도 침수피해 저감기술개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. 연구목표</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 딥러닝을 이용한 실시간 도로침수 예측 모델 개발</li> <li>· 도로·지하차도 침수 발생 1시간 전에 침수위험 지역에 대한 정보를 제공할 수 있는 고해상도 도로·지하차도 침수예측모델 개발</li> <li>· 지하차도 빗물유입량 계측과 빗물 배수량 계측에 기반한 지하차도 침수모니터링시스템 개발</li> <li>· 도로·지하차도 통합관제시스템 및 운영기법 개발</li> <li>· 침수량·침수심 고려 생태적 도로설계 기법 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>2. 연구 필요성 및 기술동향</b>                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>연구개발의 필요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 최근 10년간 우리나라 연평균 자연재해 피해는 사망실종 16명/년, 피해액 6,308억 원/년 발생, 태풍·호우 등 홍수로 인한 재해는 전체 자연재해 피해액의 89% 차지하고 있음</li> <li>· 정부의 지속적인 투자로 양적인 피해규모(침수면적)와 인명피해는 줄고 있으나, 질적인 피해규모(재산피해)는 급증하는 추세임</li> <li>· 특히 2020년 장마기간 중 부산지역은 7월 23~24일간 시간당 최대 87mm의 강수량을 기록했으며, 농경지 침수 외에, 남구, 동구, 부산진구, 동래구, 북구, 연제구, 해운대구 등에서 지하차도, 주차장, 도로 등이 침수되고, 초량 제1지하차도에서 급격히 유입된 빗물로 인해 3명의 인명피해가 발생했음</li> <li>· 기후변화에 의해 지금까지 경험해보지 못한 장마기간의 변동, 극한 호우사상, 강수일수 변화에 의한 도로 침수 피해는 더욱 빈번히, 강하게 발생될 것으로 전망되고 있음</li> <li>· 따라서, 중장기적으로 생태적 도로설계 기법을 활용한 침수발생 저감 기술개발과 더불어 단기적으로는 사전에 도로와 지하차도 침수에 대한 예측정보를 생산하고 효과적인 상</li> </ul> |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>항전파 및 피해 저감 기술개발이 필요함</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>□ 기술동향</p>                | <p>〈국내 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· (국립재난안전연구원) 유역단위 예·경보체계 확립을 위해 도시침수 경보기준 고도화 기술을 개발하고 도시침수 관리 플랫폼을 개발하였음</li> <li>· (부산광역시) Smart Big Board(SBB) 시스템을 활용하여 집중호우 발생 유무와 강수량을 추정할 수 있는 집중호우 예측시스템을 개발(2017년)하여 침수로 인한 피해를 예방하기 위해 활용하고 있음</li> <li>· (행정안전부) 1998년~2010년까지 ‘산지돌발홍수 예측시스템’을 개발하고 운영하였음</li> <li>· (홍수통제소) 한강·낙동강·금강·영산강 수계별 홍수통제소는 홍수예보 종합상황시스템과 홍수 예보 담당자만 이용 가능한 홍수예보시스템을 운영하고 있음 그러나 국내에 도로침수 피해 예방에 특화된 시스템 운영 사례는 전무함</li> </ul> <p>〈해외 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미국, 일본, 유럽 등에서 홍수 리스크 정보 제공 시스템을 구축하여 운영하고 있음</li> <li>· 개별 연구자들에 의해 고정확도의 침수 예측 모델 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으나 도로침수 예측 및 피해저감 기술 개발에 관한 연구는 미진함</li> </ul> |
| <p>3. 연구내용</p>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 딥러닝을 이용한 실시간 도로침수 예측 모델 개발</li> <li>· 예측 강우자료를 이용하여 초단시간(5분 이내)에 도로의 침수 발생 유무와 위치·범위에 대한 정보 생산</li> <li>· 고해상도 도로·지하차도 침수 예측 모델 개발</li> <li>· 침수 발생 1시간 이전에 상세한 침수 발생 정보(위치와 침수심) 및 침수원인 파악이 가능한 예측모델 개발</li> <li>· 계측센서 최적화 기법 개발</li> <li>· 침수 취약 도로 및 지하차도 현황 파악 및 대상지역 선정</li> <li>· 도로 침수심, 지하차도 빗물 유입량, 하수관로 수심 계측 센서 정보 수집</li> <li>· 계측 센서 설치 최적화 기법 개발</li> <li>· 침수량, 침수심 대응 생태적 도로 설계 기술 개발</li> <li>· 도로지하차도 통합관제 시스템 설계</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| <p>4. 연구 추진방법</p>            | <p>□ 추진전략</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>· 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>· 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>· 세부과제 연차별 성과목표 및 성과 수준 명확하게 제시</li> <li>· 연구수행 시 실용화 및 보급화를 고려하여 계획 수립</li> <li>· 기존에 수행되었거나 수행 중에 있는 관련 연구개발 결과의 연계 및 차별성 계획 제시</li> </ul>                                                                          |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현장 적용 능력을 높이기 위해 연구 과정 중 효과적인 운영 매뉴얼 작성</li> <li>· 논문, 특허, 지식재산권 확보 등 성과 확보</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| □ 추진체계         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 개발기술을 활용하기 위하여 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동 연구 수행</li> <li>· 딥러닝 모델 개발 전문가, 고해상도 도로침수 예측 모델 개발 전문가, IoT 기반 센싱 분야 전문가, GIS 전문가, 정책 분야 전문가 등 성공적인 연구개발을 위한 개별 분야 전문가로 팀을 이루어 연구 추진</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5. 최종 성과물      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 딥러닝 기반 선행시간 2시간 확보가 가능한 침수 발생 유무 및 침수발생 위치 정보 생산 모델</li> <li>· 도로·지하차도 침수 발생 1시간 전에 침수위험 지역에 대한 정보를 제공할 수 있는 고해상도 도로·지하차도 침수예측모델</li> <li>· 지하차도 빗물유입량 계측과 빗물 배수량 계측에 기반한 지하차도 침수모니터링시스템</li> <li>· 도로·지하차도 침수피해 저감을 위한 정책 개선방안(안)</li> <li>· 도로·지하차도 통합관제시스템 및 최적 운영기법(안)</li> <li>· 침수량 침수심 고려 생태적 도로설계 기술 매뉴얼</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     A[강우예측] -- No --&gt; B["(계속)<br/>지하차도 빗물 유입 · 배수량"]     A -- Yes --&gt; C["(침수발생 유무 판단)<br/>딥러닝 모델"]     C -- No --&gt; A     C -- Yes --&gt; D["(고해상도)<br/>1D-2D 도로·지하차도<br/>침수예측 모델"]     D -- No --&gt; B     D -- Yes --&gt; E["(현장 운영)<br/>지하차도 진입차단"]     D -- Yes --&gt; F["(정보 전파)<br/>침수정보 및 우회도로 안내"] </pre> </div> <p>[그림] 도로-지하차도 침수피해 저감시스템 운영 모식도 (세부기술2,3,4 연계)</p> |
| 6. 활용방안 및 기대효과 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| □ 활용방안         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 침수에 관련된 재해 및 인명피해 방지 기술에 활용</li> <li>· 도로침수 예측을 통하여 도로재해의 위험성을 저감하는 합리적인 기술 실현</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| □ 기대효과         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회·경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 및 지하차도 침수로 인한 인명피해 제로화를 통한 안전 사회 구축에 기여</li> <li>- 도로 및 지하차도 침수로 인한 물적피해 50% 저감을 통해 사회경제적 비용 저감에 기여</li> <li>- 도로 및 지하차도 침수 피해 저감을 위한 첨단 기술 기술 및 시스템 개발을 통해 관련 분야 기업의 해외 진출 기반 마련</li> </ul> </li> <li>· 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 침수피해 저감을 위한 최첨단 기술 및 시스템 개발을 통해 관련 분야 국제적 연구</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 선도                                                                                        |  |
| 7. 연구기간 및 소요예산                                                                            |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구기간: 5년</li> <li>· 소요예산: 6,800백만원 이내</li> </ul> |  |
| 8. 기타                                                                                     |  |
|                                                                                           |  |

● [세부기술 2-4] 수재해 대응 정보 통합 플랫폼 개발

[표 II-32] 세부기술 2-4 RFP

| 과제명              | 수재해 대응 정보 통합 플랫폼 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구목표          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 수재해 관련 정보 수집/부식/제공 통합 플랫폼 구현</li> <li>· 원격 지하차도 진입차단시스템 개발</li> <li>· 도로 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 안내시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구 필요성 및 기술동향 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| □ 연구개발의 필요성      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로에서 발생하는 재해 상황을 개발 시스템을 통해서 능동, 자동적으로 인지하여, 도로관리자가 적극적으로 도로 상황을 관리(시설물 파손책임자 확인, 사고 경중에 따른 필요한 조치시행 등 수행)</li> <li>· CCTV 영상에 대한 높은 수준(딥러닝, CNN 등)의 분석과 필요에 따라서 IoT센서 보완(사고다발지점, 취약시설 등)하여 도로 발생 재해 상황을 인지, 분석, 평가 과정을 거쳐서 신뢰도 높은 도로 상황 인지기술 및 관리 시스템으로 구현 필요</li> <li>· 기존에 설치된 CCTV를 “효율화, 첨단화”하여 도로와 주변상황의 안전성을 극대화 할 수 있는 환경을 구축하는 것이 필요</li> <li>· 도로 수재해 관련 분석정보를 체계적으로 관리하고 맞춤형 수재해 정보를 제공할 수 있는 포털 시스템 개발 필요</li> </ul> |
| □ 기술동향           | <p>〈국내외 기술동향〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 수재해 관련 분석정보를 체계적으로 관리하고 맞춤형 수재해 정보를 제공할 수 있는 포털 시스템 부재</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3. 연구내용          | <ul style="list-style-type: none"> <li>· CCTV+IoT기반 도로 수재해 발생 재해 인지 기술 개발</li> <li>· 도로 산사태/토석류 및 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 안내시스템 개발</li> <li>· 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예측정보 및 계측정보 기반 실시간 전파 및 우회도로 최적화 시스템 설계</li> <li>- 침수정보 실시간 전파 및 우회도로 최적화 기법 개발</li> <li>- 원격 지하차도 진입차단시스템 설계</li> </ul> </li> <li>· 통합 수재해 정보 및 예측정보 표준화 플랫폼 구현</li> </ul>                                                                               |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. 연구 추진방법     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| □ 추진전략         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영</li> <li>· 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항</li> <li>· 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보</li> <li>- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행</li> <li>- 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등</li> </ul> </li> <li>· 연차별, 단계별 성과목표 및 성과 지표 설정</li> <li>· 철저한 성과 검증 추진</li> </ul> |
| □ 추진체계         | · 개발기술을 활용하기 위하여 산업계, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동 연구 진행                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5. 최종 성과물      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 발생 재해(사변 붕괴, 침수 등) 분석용 프로그램(센터용 S/W)             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 지방국토관리청, 한국도로공사, 지방자치단체 도로교통관제센터</li> </ul> </li> <li>· 피해 예측 기반 사전 원격 지하차도 진입차단시스템</li> <li>· 도로 재난정보 (산사태/토석류/침수/홍수정보) 예측 전파 및 실시간 전파를 통한 우회도로 안내시스템</li> <li>· 도로 및 장대터널 주변 수재해 통합관리 시스템 및 최적 운영기법 메뉴얼(안)</li> </ul>                                                                                                                                                                       |
| 6. 활용방안 및 기대효과 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| □ 활용방안         | · 각 지방국토관리청, 한국도로공사, 지방자치단체 도로교통관제센터 등 활용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| □ 기대효과         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회·경제적 효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 체계적인 재해관리를 위해서 각 부처별 재해 제어 및 방지를 다양한 계획이 수립·운영 중에 있으며, 이러한 정보는 국가 및 지방의 재정운용 및 경제적 측면에서 중요한 부분으로 집중호우로 인한 자연재해에 능동적 방어 및 토지이용의 극대화 등으로 재해복구비용 절감 및 지역경제 활성화에 크게 기여</li> </ul> </li> <li>· 기술적 효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정확 침수 모델링 고도화를 통하여 침수 예측 능력 제고</li> <li>- 우회도로 안내 시스템 및 진입차단 시스템 등의 구축을 통하여 IoT와 센서 기반 기술 향상</li> </ul> </li> </ul>                                                    |
| 7. 연구기간 및 소요예산 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구기간: 5년</li> <li>· 소요예산: 5,600백만원 이내</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8. 기타          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통 연구기획 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통 연구기획 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.