

국토정책 Brief

국토연구원에서 수행한 주요 연구과제의 핵심 내용과 정책제안 등을 압축해 국민께 알려드리고자 하는 발간물입니다.

2023. 1. 25.
No. 901



발행처 국토연구원
발행인 강현수
www.krihs.re.kr

김준기 도로정책연구센터장
박종일 부연구위원
임현섭 전문연구원
김승훈 부연구위원

빅데이터 기반의 도로안전정책

주요 내용

- 1 경찰사고 데이터는 실사고 대비 과소 보고되거나 사고 발생과정 파악이 어렵고 이를 주로 활용하여 수립하는 현 도로안전대책은 사후적 대책 수립이라는 한계가 있어 적극적인 도로안전성 향상을 위한 새로운 접근이 필요한 상황
- 2 잠재적 사고 및 경미한 사고 원인을 제거하여 중대사고의 발생을 방지할 수 있다는 하인리히 법칙(Heinrich's law)의 도로안전 분야 적용 가능성 및 선제적 도로안전정책 수립 필요성을 확인
- 3 차량의 궤적 등 운행 행태를 알 수 있는 디지털운행기록장치(DTG: Digital TachoGraph) 등의 빅데이터를 활용하여 도로의 안전성을 측정할 수 있는 대리지표를 개발하고 안전성 미흡구간 분석에 적용함

정책방안

- 1 경찰에 보고된 교통사고 데이터뿐 아니라 도로의 안전성 취약구간에 대한 주민 의견도 활용한 종합적 도로안전정책 수립(예방적·사후적)을 제안함
- 2 다양한 빅데이터에 적용가능한 도로안전성 분석틀로 DTG 데이터를 활용한 도로안전성 대리지표 도출 방법 및 도로안전성 취약구간 선정 방법을 제시함
- 3 종합적 도로안전정책 사업 추진을 위해 단계적으로 법정 계획에 근거한 시범사업을 추진하고 장기적으로 체계적인 제도 실행을 위한 법적 근거 마련을 위해 관련법 개정을 제안함

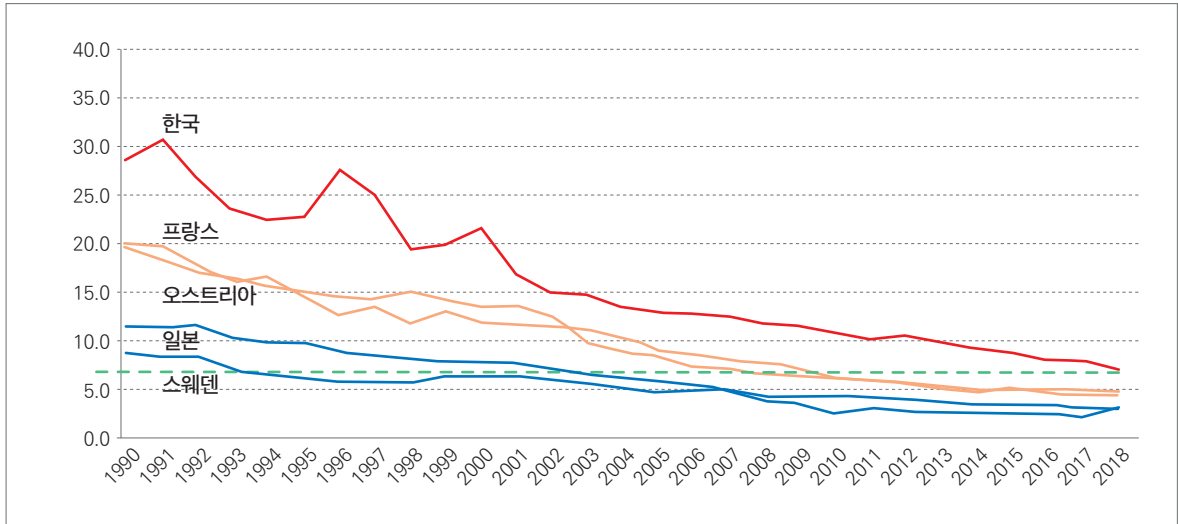
01. 국내 교통사고 현황

OECD 교통안전 상위국 수준을 목표로 지속적인 교통안전수준 개선 노력 필요

우리나라는 지속적인 교통사고 저감노력으로 교통사고 사망자가 꾸준히 감소하고 있으나 OECD 국가 중 여전히 하위권 수준에 머물러 있어 적극적인 도로안전성 향상 노력이 필요함

- '18년 기준 우리나라 인구 10만 명당 사망자 수는 7.3명으로 이는 OECD 교통안전 상위국보다는 15년, 중위국보다는 8년 뒤쳐진 격차를 보임('18년 기준 33개국 중 29위)

그림 1 OECD 회원국과의 교통안전수준(인구 10만 명당 사망자 수) 비교



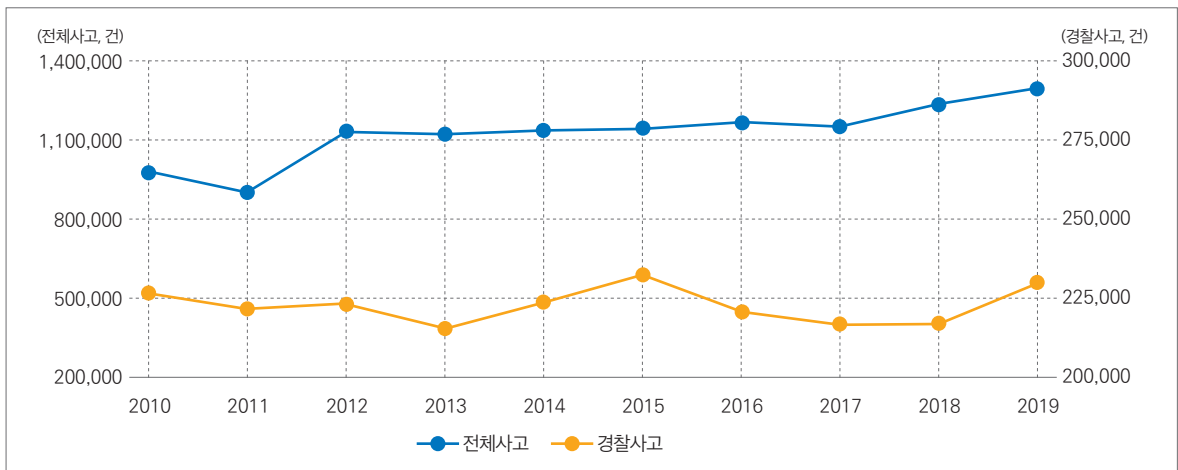
출처: 김준기 외. 2022, 19.

경찰사고 데이터는 전체 교통사고를 반영하지 못하며, 이를 활용한 대책은 사후적이라는 한계를 지님

신고 기반으로 집계된 경찰사고 데이터는 경미한 사고가 과소 보고되거나 사고 발생과정의 설명이 어렵고, 경찰사고 데이터만을 사용하여 수립한 교통사고 저감 대책은 교통사고가 일어난 이후에 수립하는 사후적 대책이라는 한계를 가지고 있어 이를 보완할 데이터 모색 필요

- 경찰에 신고된 교통사고 건수는 전체 교통사고 건수의 17.8%에 불과, 최근 10년 동안 연평균 증가율 0.1%로 큰 차이가 없으나 전체 교통사고 건수는 연평균 증가율이 3.1%로 증가 추세

그림 2 전체사고 vs. 경찰사고 연도별 추세



출처: 김준기 외. 2022, 16.

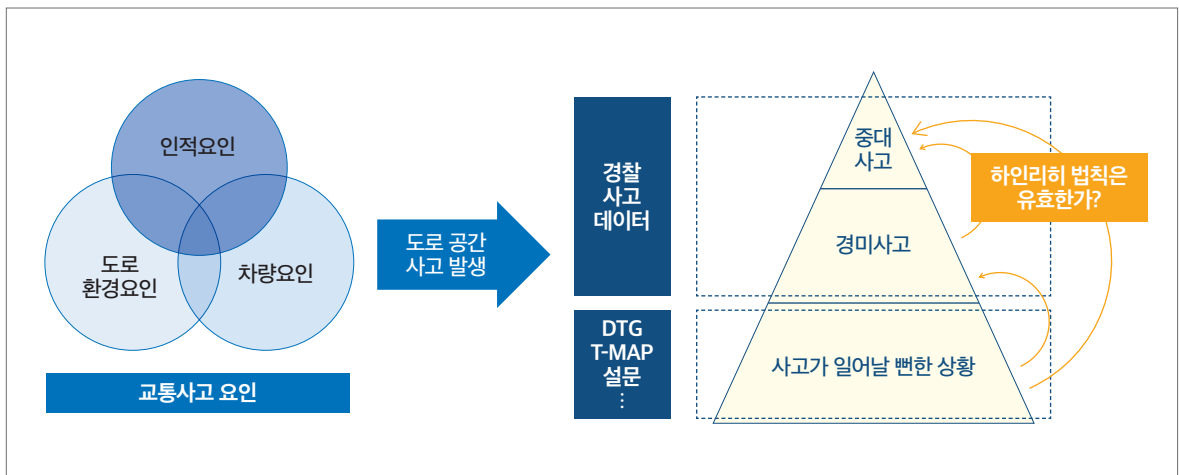
02. 도로안전 분야 내 하인리히 법칙 적용 가능성

실증분석을 통해 법칙 적용 가능성 및 예방적 안전대책 수립 필요성 확인

하인리히는 경미한 사고를 줄이면 심각한 사고를 방지할 수 있음을 하인리히 법칙¹⁾을 통해 제안하였으며 산업 등 여러 안전 분야의 철학으로 널리 통용되고 있음

- 하인리히 법칙(Heinrich's law)의 내재적 의미는 사고심각도(중대사고, 경미사고 등) 간 비율이 아니라 사고를 일으키는 원인이 동일하다는 공통원인 가설에 있음
- 도로안전 분야 내 하인리히 법칙 적용 가능성을 확인하기 위해서는 도로 중대사고와 경미사고 등이 공통원인을 가지고 있음을 밝혀야 하나, 사고와 관련된 요인(인적요인, 도로환경요인, 차량요인) 간의 복잡한 상호작용으로 인해 사고심각도 간의 원인을 직접적으로 비교하는 것은 매우 어려운 실정임
- 도로안전에 관한 공통원인의 타당성을 살펴보기 위한 간접적인 방법으로서 중대사고 발생 위치와 경미사고 발생 위치가 공간적으로 서로 연관되어 있는지 실증적으로 분석함

그림 3 하인리히 법칙의 유효성 분석 필요성



출처: 김준기 외. 2022, 39.

중대사고 발생 위치와 경미사고 발생 위치는 서로 연관되어 있는 것으로 나타나 중대사고와 경미사고는 공통원인을 지닐 경향이 높다고 할 수 있으므로 하인리히의 법칙의 도로안전 분야 적용은 타당할 가능성이 높음

- 도로안전에 관한 공통원인의 타당성을 살펴보기 위한 간접적인 방법으로 사고 데이터²⁾를 기반으로 경미사고 중대사고의 발생 위치가 공간적으로 서로 연관되어 있는지를 네트워크 크로스 K 함수³⁾를 적용하여 분석함
- 분석 결과 도시규모별(대도시·중소도시·농촌지역), 도로등급별(국도·지방도), 사고유형별(차 대 차·차 대 사람·자전거) 다양한 분류상 중대사고와 경미사고 간의 공간적 연관(클러스터 관계, C)이 확인됨
- 특정 거리 내에서 클러스터가 이루어지는 경향은 그 지점을 중심으로 도로안전 개선사업이 이루어져야 하는 물리적 거리로 해석됨
- 단 '차 대 사람 및 자전거'의 경우에는 관계가 명확하지 않으므로 다양한 사례 지역에 대한 분석이 필요함

1) 하인리히(Heinrich, 1931)는 75,000개 이상의 산업사고 보고서를 바탕으로 중대사고, 경미사고, 잠재사고의 발생 비율은 1:29:300임을 제안하였고, 이는 잠재사고를 줄이면 중대사고를 감소시킬 수 있다는 하인리히 법칙 또는 하인리히 삼각형으로 널리 알려지게 됨

2) 2017~2019년 교통사고분석시스템(TAAS: Traffic Accident Analysis Systems) 사고 데이터.

3) Okabe와 Sugihara(2012)가 제안한 네트워크 크로스 K 함수(NCKF: Network Cross K-Function)로 서로 다른 두 객체가 공간상에서 군집(cluster)하여 분포하는지 아니면 무작위적(random)으로 분포하는지 분석하는 기법으로 유클리안 거리가 아닌 네트워크 거리를 이용

표 1 도로위계별, 사고유형별, 연령대별 분석 결과

구분		천안시 (대도시)	공주시 (중소도시)	부여군 (농촌지역)
전체도로	사고유형	전체	C	C
		차대차	C	C
		차대사람	C	C
		자전거	R	C 약C(50~140m)
	연령구분	고령자(65세 이상)	C	C
		비고령자(65세 미만)	C	C
국도	사고유형	전체	C	C
		차대차	C	C
		차대사람	약C(0~80m), C(80~400m)	R
		자전거	R	C 약C(50~140m)
	연령구분	고령자(65세 이상)	C	C
		비고령자(65세 미만)	C	C
지방도	사고유형	전체	C	C
		차대차	C	C
		차대사람	-	C
		자전거	-	-
	연령구분	고령자(65세 이상)	R	약C
		비고령자(65세 미만)	C	C

주 1: C(클러스터), R(랜덤), 약C는 약한 클러스터를 의미하며 유의수준 5%의 경계일 때임

2: () 안에는 클러스터를 이루는 특정 거리를 기입

3: -는 표본이 적어 분석을 할 수 없음을 의미

출처: 김준기 외, 2022, 65.

03. 도로안전성 대리지표 개발 및 분석

디지털운행기록장치(DTG: Digital TachoGraph) 등 차량의 거동 행태를 알 수 있는 데이터 활용 가능

도로안전성 대리지표 개발을 위한 빅데이터로 자동차의 속도, 방위각, 가속도, 위치정보 등을 포함하여 저장하여 차량의 궤적 등 운행 정보를 알 수 있는 DTG 데이터 활용이 가능함

- DTG 데이터는 사업용 자동차를 대상으로 의무적으로 장착하는 디지털운행기록장치를 이용하여 차량 정보, 수집 시간, 일일/누적 주행거리, 속도, RPM, 차량 위치(위경도) 등의 정보를 포함하는 데이터
- 고속도로에서 화물차 등이 포함된 사고는 대형사고로 연결되는 경향이 크므로 이에 대한 대책 마련을 위해서는 상용차에 대한 분석이 요구됨
- DTG를 활용하여 도로안전성 대리지표를 구축할 때 차량 간의 상호작용으로 인해 발생한 사고만을 대상으로 통계분석을 수행하여 이를 이용한 도로안전성 대리지표를 개발하는 것은 타당한 것으로 판단됨

표 2 운행기록데이터(예시)

항목	비고	항목	비고
운행기록장치 모델명	HMC-EURO6DTGYR-200KA	정보발생일시	19121320244000
차대번호	KMJHG17G	차량속도(km)	30
자동차유형	16	RPM	1357
자동차등록번호	d22100e174dadf9f1aa9bf296d4d32af36c1b03a5724a919198a1222367bfff5	브레이크신호	0
사업자등록번호	***81****	GPS X	126805416
운수회사 소재지 코드	4148025021	GPS Y	37673048
운수회사 코드	d5570f4c7255dd86eeb66bc5dba7422bbd5c8fa5687fd62cfc992e70db547365	방위각	16
연료코드	b	가속도 Vx	0.9
연식	2015	가속도 Vy	0.4
배기량	3933	통신상태 코드	0
일일 주행거리(km)	5	운행지역 코드	4128510100
누적 운행거리(km)	196003		-

출처: 김준기 외. 2022, 70.

- DTG 데이터는 1초 단위의 주행궤적 정보가 위경도 좌표로 기록되어 있으며 사고 데이터의 경우 노선의 이점 단위를 기준으로 집계되어 있어, 안전성 평가 수행을 위해 사고 및 DTG 데이터의 집계 단위 매칭을 통한 집계 기준 동일화가 요구됨

그림 4 데이터 매칭(예시)



출처: 김준기 외. 2022, 73.(사고 아이콘은 <https://kr.123rf.com>(콘텐츠 ID : 45347767)).

빅데이터(DTG)를 이용하여 도로의 안전성을 설명할 수 있는 대리지표 도출

DTG 데이터를 이용하여 도로안전성 대리지표를 도출한 결과, 집계 단위 500m 기준 RDEs, P2P jerk rate, EDI_{acc} , P2P jerk⁵⁾가 도로안전성 대리지표로 도출되어 도로의 잠재적 위험성 분석 시 활용 가능할 것으로 기대됨

- 사고빈도 또는 사고심각도를 기준으로 집단을 구분하고, 랜덤 포레스트 기법⁶⁾을 통해 집단을 분류 시 DTG로부터 산출한 도로안전성 대리지표의 중요도를 평가하여 영향력에 따른 우선순위를 선정하여 상위 4개 안전성 대리지표를 선택함

표 3 사고빈도 및 사고심각도별 도로안전성 대리지표 분석 결과(500m 기준)

구분	우선순위	2013~2017년 사고 기준		2015~2019년 사고 기준			
		안전지표	상관계수	안전지표	상관계수		
사고빈도 기준	1	RDEs	.323**	RDEs	.324**		
	2	Peak to peak jerk rate	.307**	Peak to peak jerk rate	.313**		
	3	EDI_{acc}	.298**	Peak to peak jerk	.300**		
구분	안전지표	2013~2017년 사고 기준			2015~2019년 사고 기준		
		심각도 상	심각도 하	전체사고	심각도 상	심각도 하	전체사고
사고심각도 기준	RDEs	O	O	O	O	O	O
	Peak to peak jerk rate	O	O	O	O	O	O
	Peak to peak jerk	X	O	O	O	O	O
	EDI_{acc}	X	O	O	O	O	O

주: 유의수준 0.05 기준으로 통계적으로 유의할 경우 O, 그렇지 않을 경우 X
출처: 김준기 외. 2022, 105-106 재구성.

사고빈도 및 도로위험도를 고려한 통합위험구간 선정

도로안전성 대리지표 기준 사고위험구간과 사고빈도 기준 사고다발구간을 통합적으로 고려하는 통합위험구간을 선정하고 도로구간의 특성 및 사고 원인 검토 등을 통해 도로안전성 미흡구간의 선정 및 분석에 활용 가능

- 수도권제1순환고속도로 대상 500m 집계 단위 사고 건수가 높은 10개 사고다발구간과 기선정한 도로안전성 대리지표 기준 30개 사고위험구간 중 이점 2km 범위에 포함되는 경우를 선정하여 통합위험구간으로 정의
- 최종 분석된 통합위험구간은 주로 톨게이트를 포함한 주요 분합류 구간 램프 진출입부 등의 구간이 선정됨

표 4 사고빈도 및 위험도를 고려한 통합 위험구간

사고다발구간	RDEs 기준 사고위험구간	P2P jerk rate 기준 사고위험구간	P2P jerk 기준 사고위험구간	EDI_{acc} 기준 사고위험구간	구간 특성
5-5.5	5-5.5	5-5.5	5-5.5	5-5.5	성남 TG 포함 구간
24.5-25	22.5-23	23-23.5	-	-	직선구간 + 분합류 구간
26-26.5	26.5-27	-	-	26.5-27	구리 TG 부근 + 곡선구간 + 합류구간
26.5-27					
76-76.5	78-78.5	77.5-78	-	77.5-78	김포 TG 부근 + 곡선구간
107-107.5	106-106.5	106-106.5	106-106.5	106-106.5	곡선구간 + 합류구간

주: 표 안의 값은 고속도로 이점(km)임
출처: 김준기 외. 2022, 105-106 재구성.

5) RDEs(Rapid Deceleration Events)는 $7.35m/s^2$ 를 초과하는 감속. Peak to peak jerk rate은 가속도의 변화율(jerk)의 최대값과 최소값의 차이가 임계값 $14.7m/s^3$ 을 초과한 비율. Peak to peak jerk는 가속도의 변화율(jerk)의 최대값과 최소값의 차이. EDI_{acc} (Erratic Driving Index)는 임계값을 초과하는 가속도의 면적의 합을 주행시간으로 나눈 값

6) 랜덤 포레스트 기법은 데이터셋에서 집단을 정의하고 분류하며 분류 시 변수의 중요도를 평가할 수 있는 방법론으로 의사결정나무 분석의 한계점을 극복하기 위해 개발된 의사결정나무 분석의 심화된 기법이며, 데이터를 하나의 트리가 아닌 여러 개의 트리로 확장하여 분석하는 기계학습 기법

표 5 통합위험구간 기하구조 및 사고 원인 분석(예시)

구분	위성 뷰	사고 원인
이정 5-5.5km		<ul style="list-style-type: none"> • 졸음으로 인한 성남TG 부근 사고 • 성남TG 통과 중 과속으로 인한 사고 • 성남TG 통과 중 일반요금소로 이동하기 위한 무리한 차선 변경으로 인한 사고 • 성남TG 통과 중 운전자 부주의로 인한 TG시설물과의 충돌사고 • 운전 중 휴대폰 사용으로 인하여 TG시설물과의 충돌사고 • 성남TG 진입 중 U자봉이 방치되어 있어 이를 발견치 못하고 충돌사고 발생
이정 24.5-27km		<ul style="list-style-type: none"> • 구리TG 통과 중 재측정을 위해 후진 중 운전부주의로 시설물과 충돌사고 • 차량의 끼어들음으로 인한 추돌을 피하기 위해 급조작을 하여 뒤따라 주행 중이던 차량과 추돌사고 • 전방주시 태만으로 인한 구리TG 시설물과의 충돌사고 • 도평 톨게이트에서 강동대교로 향하던 차량이 분선 합류하던 중 종방향 접촉사고 발생 • 구리TG 갓길 주행 중 노면 요철을 발견하지 못하고 추돌하여 그 충격으로 차량 파손 • 구리TG 통과 후 병목구간에서 사고 발생
이정 76-76.5km (김포 TG 부근)		<ul style="list-style-type: none"> • 김포TG 통과 중 전방주시 태만으로 안전봉 충격 • 졸음운전 후 김포TG 충격 • 버스차량이 우측차로 쪽으로 진로 변경하다가 앞 차량과의 충돌사고 • 음주운전으로 인해 하이패스 차로 시설물 충격 • 판교 방향 진입 중 핸들 과대 조작으로 시설물 충격 • 과속으로 김포TG 하이패스 차로를 지나치고 휴게소 방향으로 급격하게 차로를 변경하다가 뒤따르던 차량과 충돌한 사고
이정 106-107.5km (곡선 및 합류구간)		<ul style="list-style-type: none"> • 전방주시 태만으로 진입램프에 설치된 시설물 충격 후 램프구간에 전복 • 비상등 점등한 차로 정차 중이던 차량을 진행 중이던 차량이 보지 못하고 추돌한 사고 • 조남JC 방면에서 도리JC 방면 진행 중 종방향 추돌사고 • 순간 졸음운전으로 선행차량 후미를 연쇄 추돌한 사고 • 적재물 낙하 차량 운전자가 적재물 수거 중 후행차량과 충격하여 사망한 사고 • 1차로에서 4차로로 급격히 차로 변경 중 충격사고 후 화재 발생 • 감속차로로 차선 변경 중이던 차량과 후미 추돌사고 발생

출처: 김준기 외. 2022. 114-116 재구성.

(위성 뷰는 네이버 위성지도. <https://map.naver.com/v5/>(2021년 11월 3일 검색); 사고 원인은 한국도로공사 고속도로 사고 데이터).

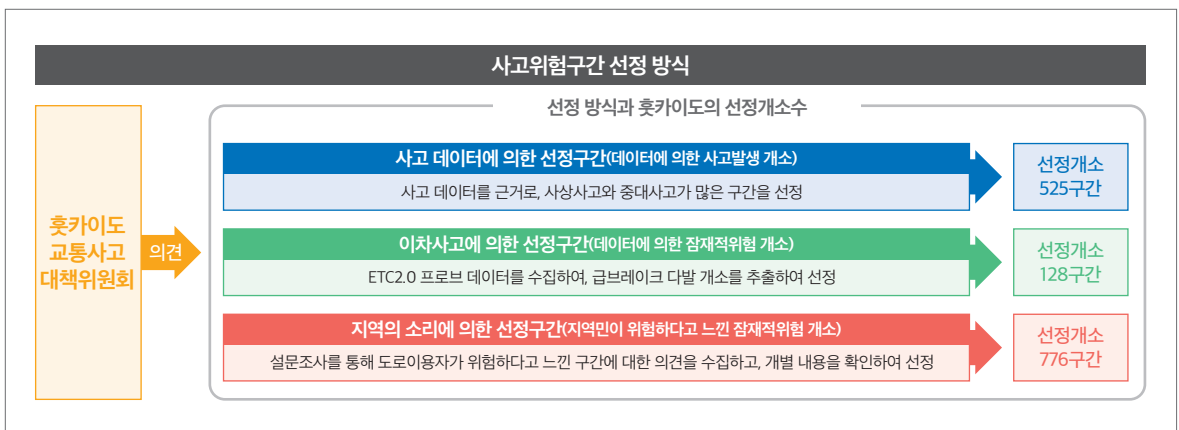
04. 정책제안

빅데이터 및 주민의견을 활용한 종합적(예방적·사후적) 도로안전정책 도입

빅데이터를 활용한 종합적 도로안전성 향상 정책의 일환으로 경찰에 보고된 사고 데이터뿐만 아니라 빅데이터 및 주민들의 의견을 함께 활용한 도로안전정책이 필요함

- 일본 홋카이도 사고 제로 계획에서는 경찰사고 데이터와 지방공공단체, 지역주민의 의견을 반영하여 교통사고 위험성이 높은 구간을 선정하여 집중적·중점적 교통사고 저감 대책을 실시하여 2019년 기준 1,429구간 중 934구간의 사업을 추진

그림 5 홋카이도 사고위험구간 선정 방식



출처: 김준기 외. 2022, 133.

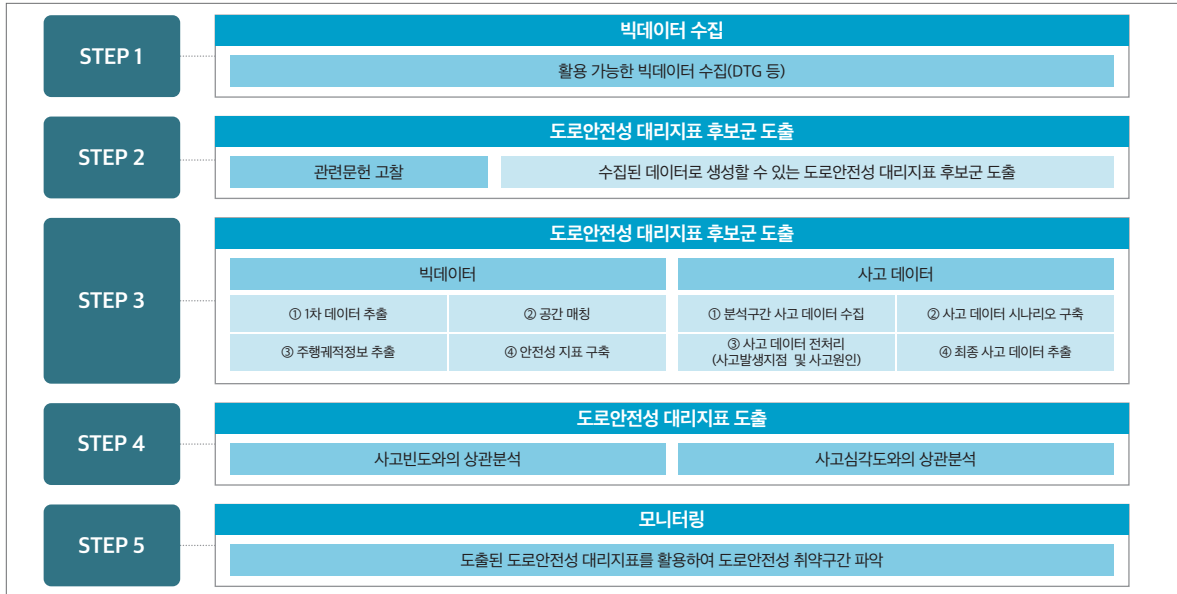
(원자료는 국토교통성 홋카이도개발국 홈페이지. https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou_jji/ud49g70000008p5j.html(2021년 7월 8일 검색)).

빅데이터 도로안전성 분석틀을 활용하여 도로의 안전취약구간 선정

DTG 데이터를 활용한 도로안전성의 대리 지표 도출 및 도로안전성 취약구간 선정 방법은 빅데이터를 활용한 도로안전성의 분석틀로 활용될 수 있음

- 단 수집된 빅데이터의 종류에 따라 도로안전성 대리 지표는 달라질 수 있음

그림 6 빅데이터를 활용한 도로안전성 분석틀



출처: 김준기 외. 2022, 139 재구성.

도로안전성 향상 정책을 위한 중·단기적 제도개선 방안

관련 법정계획에서 경찰사고 데이터뿐만 아니라 주민의견 및 빅데이터를 활용하여 도로의 안전성을 추진하는 전략을 제시할 필요가 있음

- 법정계획에 근거하여 시범사업을 추진한 이후 종합적 도로안전 정책 사업이 안정화가 되면 체계적인 제도의 실행을 위한 법적 근거 마련이 필요

표 6 종합적 도로안전성 향상 정책을 위한 제도개선 방안

구분	(단기적 대안) 법정계획 근거	(중장기 대안) 법적 근거
내용	• 도로건설·관리계획, 국가교통안전기본계획, 지역교통안전기본계획에 근거하여 경찰사고 데이터, 지역주민의견, 빅데이터 등을 이용하여 도로안전성 평가를 수행	• 도로법 또는 교통안전법에 경찰사고 데이터, 지역주민의견, 빅데이터 등을 이용하여 도로안전성 평가를 수행하도록 관련법 개정
장점	• 각 지역의 상황에 유연하게 대처하여 도로안전 사업 수행	• 체계적이고 객관적인 기준에 의해 도로안전사업 수행 • 효율적·전문적으로 연구개발 가능
단점	• 법적 의무가 없으므로 실행력이 약함	• 책임 소재로 구상권 청구 등 사회적 비용 발생 가능

출처: 김준기 외. 2022, 139 재구성.

참고문헌

※ 이 브리프는 "김준기·박종일·오철·임현섭·김승훈. 2022. 빅데이터 기반의 도로안전성 분석에 관한 기초연구. 세종: 국토연구원" 보고서를 요약 정리한 것임.

- 김준기 국토연구원 국토인프라연구본부 도로정책연구센터장(kimjoonki@krihs.re.kr, 044-960-0285)
- 박종일 국토연구원 국토인프라연구본부 부연구위원(jipark@krihs.re.kr, 044-960-0354)
- 임현섭 국토연구원 국토인프라연구본부 전문연구원(hsim@krihs.re.kr, 044-960-0314)
- 김승훈 국토연구원 국토인프라연구본부 부연구위원(sh.kim@krihs.re.kr, 044-960-0334)