

Study Note

기후변화를 고려한 도로 건설사업의 국내·외 환경영향평가 현황 및 사례 고찰

최현진*† · 강유진*

한국환경연구원, 환경평가본부*

A Review on Domestic and International Environmental Impact Assessment Status and Case Studies of Road Construction Projects Incorporating Climate Change

HyunJin Choi*† · EuGene Kang*

Korea Environment Institute, Environmental Assessment Group*

요약: 2023년부터 도로 건설사업이 기후변화영향평가 대상 사업으로 신규 포함되었으나, 선형사업의 특성을 반영한 구체적인 평가 기법은 아직 충분히 정립되지 못한 상황이다. 이에 본 연구는 국내 도로 건설사업 환경영향평가서의 온실가스 항목 작성 현황을 분석하고, 국외 사례와의 비교를 통해 향후 기후변화영향평가의 개선 방향을 도출하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 2011년부터 2023년까지 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 등록된 길이 12 km 이상의 도로 건설사업 74건을 대상으로 공사 및 운영 단계의 온실가스 배출량 산정 결과, 감축 대책 수립 현황, 협의 의견 등을 분석하였다. 또한 미국, 캐나다, 인도의 도로 건설사업 환경영향평가 사례를 검토하여 온실가스 배출량 산정 방법, 감축 전략, 기후위기 적응 평가 내용 등을 비교·분석하였다. 분석 결과, 국내 도로 건설사업의 운영 단계 온실가스 배출량 중 차량 운행에 따른 배출 비율은 평균 90.33%로 나타났으며, 평균 감축률은 약 2.19%로 확인되었다. 특히 감축량의 약 86%가 수목 식재에 따른 탄소 저장·흡수에 의해 산정되었으며, 에너지 효율 향상, 재생에너지 설비 도입, ITS 및 교통흐름 개선 등 다양한 감축대책은 대부분 정성적으로 제시되고 감축량은 정량적으로 산정되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 제시된 감축률은 사업 전반의 실제 감축 효과라기보다 현행 평가서 작성 방식에서 정량화 가능한 흡수·상쇄 수단 중심으로 산정된 결과로 해석될 필요가 있다. 해외 사례 분석 결과, 배출량 산정에 정부 제공 모델을 활용하는 등 정량적 평가 체계가 구축되어 있으며, 홍수, 폭염, 강풍 등 기후위기 적응 요소를 도로 설계 및 운영 단계에 반영하고 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 도로 건설사업에 대한 기후변화영향평가 수행 시 고려사항 및 정량 평가 체계 개선 방향을 제시하는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 비교적 시행 초기에 있는 기후변화영향평가 제도의 안착과 성공적 수행에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

주요어: 도로 건설, 환경영향평가, 기후변화영향평가, 온실가스 감축, 기후위기 적응

Abstract: Since 2023, road construction projects have been included in climate change impact assessment (CCIA) in South Korea. However, evaluation methodologies that adequately reflect the characteristics of linear infrastructure remain insufficient. This study analyzes the current status of greenhouse gas (GHG) assessment in domestic environmental impact assessment (EIA) reports for road construction projects and identifies directions for improving CCIA through comparison with international cases. A total of 74 EIA reports (2011–2023) were reviewed, focusing on GHG emission estimation and mitigation measures. Case studies from the United States, Canada, and India were also examined. The results show that vehicle operation accounts for 90.33% of operational GHG emissions, while the average reduction rate is approximately 2.19%. About 86% of quantified reductions result from tree planting, while other mitigation measures are mostly qualitative; thus, the reduction rate reflects currently quantifiable measures rather than overall mitigation performance. International cases demonstrate the use of government-provided models for emission estimation and incorporation of key climate adaptation factors. These findings indicate the need for standardized quantitative assessment methods in CCIA for road projects in South Korea.

Keywords: Road Construction, Environmental Impact Assessment, Climate Change Impact Assessment, Greenhouse gas mitigation, Climate change adaptation

I. 서론

온실가스 감축을 통한 지구온난화의 완화, 지속가능성의 확보를 위해 세계 여러 국가는 포괄적 정책 방향으로 '탄소중립'을 선언하였고, 이를 위한 다양한 정책을 적극적으로 마련하여 추진하고 있다. 우리나라 역시 '장기저탄소발전전략'을 통해 '2050년 탄소중립 비전'을 선언하고 이를 법제화한 후 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하, 탄소중립기본법)을 제정하였다(2022년 9월 시행). 아울러 「탄소중립기본법」 제23조에 따라 전략환경영향평가 또는 환경영향평가 대상 정책, 개발사업 중 온실가스를 다량 배출하는 사업 등 대통령령으로 정하는 계획 및 개발사업에 대해 '기후변화영향평가'를 실시해야 하며, 이는 국가 탄소중립 이행을 위한 주요한 제도적 수단 중 하나로 마련되었다(Mun & Lee, 2025). 기후변화영향평가는 해당 법에 정의된 바와 같이 기존 전략환경영향평가 또는 환경영향평가 대상 정책과 개발사업 중 온실가스를 다량 배출하거나, 기후변화로 인한 영향을 클 것으로 예상되는 정책·사업을 대상으로 실시되며, 제도의 운용 역시 기존 환경영향평가 협의 절차를 따르도록 규정하고 있다.

한편, 기후변화영향평가 제도와 관련한 법령과 규정

이 비교적 최근 제정됨에 따라 제도의 취지에 부합할 수 있는 온실가스 감축, 탄소 저장 및 흡수원의 보전, 기후위기 적응방안 등을 위한 구체적인 평가 방법론은 현재로서는 미흡한 상황으로 볼 수 있다. 제도와 관련한 선행연구를 살펴보면 Lee et al. (2022)이 수행한 '기후변화영향평가 관련 추진체계 마련 연구'는 기후변화영향평가 제도의 도입 필요성과 근거를 검토·마련하였으며, 온실가스 감축과 기후위기 적응을 고려한 기후변화영향평가 대상 계획과 사업, 규모 등을 선정하였다. 그러나 사업의 유형과 특성을 고려한 구체적인 평가 방법론은 미제시되었다. Lee et al. (2023)이 수행한 '기후변화영향평가 제도 도입을 위한 시범사업' 연구는 기후변화영향평가 제도의 실효적 운영을 위한 세부 규정 마련, 대상 계획과 사업 전반에 걸쳐 통용 가능한 평가 방법 안내서의 발간, 시범사업 추진을 통한 산업단지 개발사업의 시범평가서를 마련하였다. 그러나 이 연구 역시 산업단지를 제외한 타 대상 계획과 사업의 특성을 고려한 구체적인 평가기법 등은 다루지 못한 한계가 일부 있다(Choi et al., 2024).

이에 따라 전술한 여건, 즉 기후변화영향평가 제도 시행 초기에 따른 사업별 평가기법의 부재 및 관련 선행연구의 한계점을 보완하고, 기존 환경영향평가와 비교하여 더욱더 온실가스 감축 및 기후위기 적응의 필

요성을 강조하고 있는 기후변화영향평가 제도의 성공적 안착과 목적의 달성을 위해서는 기존 환경영향평가의 온실가스 항목의 평가 현황, 해외 평가 사례에서의 기후변화 관련 평가서 작성 내용, 방법 등을 면밀하게 살펴보고, 이를 토대로 국내 기후변화영향평가 시 중점적으로 고려해야 하거나, 신규로 도입·적용이 가능한 사항들을 검토할 필요가 있다. 특히 2023년 기후변화영향평가 대상 사업으로 신규 포함된 도로 건설사업은 전 국토에 걸쳐 네트워크를 형성하는 대표적 선형사업으로 도시의 개발, 산업입지 및 산업단지 조성 사업과 같은 면적 개발사업과 비교하여 공사 및 운영 시의 특성과 야기되는 환경영향, 온실가스 감축과 기후위기 적응을 위해 고려해야 하는 요소가 상이할 수 있다. 선형사업의 특성상 도로의 노선 내 양호한 탄소 저장 및 흡수원의 분포 지역이 저축되거나 포함될 개연성이 크고, 기후위기 적응 측면에서 도로 건설로 발생이 예상되는 사면의 안정성 저하 및 취약성, 터널과 교량에 대한 기후 특성 등을 고려한 적응 방안을 면밀하게 검토하여 마련하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 도로 건설사업에 대한 환경영향평가 결과의 온실가스 항목의 작성 현황, 특히, 공사 및 운영 시 온실가스 배출량, 감축 대책 수립 내용 등을 분석하였고, 해당 결과를 통해 기후변화영향평가 시 개선·보완이 필요하거나 중점적인 고려가 필요한 사항 등을 제시하였다. 또한 해외 평가서 사례 분석 및 비교를 통해 국내 기후변화영향평가 시 적용이 가능한 사항 등을 제안하고자 하였다.

II. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 도로 건설사업에 대한 온실가스 항목의 작성 현황을 분석하기 위해 '환경영향평가정보지원시스템(EIASS; www.eiass.go.kr)'에 등록된 환경영향평가서를 대상으로 관련 내용을 수집·분석하였다. 시간적 범위는 2011년~2023년까지로 선정하였다. 자료 수집은 별도의 키워드 검색 없이 사업 유형 분류 중 도로 건설사업에 해당하는 전체 사업을 1차 대상으로 수행하였다. 이 중 기후변화영향평가 대상 규모 기준인 사업 연장 12km 이상인 사업만을 선정하였고, 사업 연장은

평가서에 명시된 수치를 기준으로 판단하였다. 환경영향평가서는 일반적으로 초안-본안-보완서의 절차를 거치는데 초안의 경우 의견수렴 단계의 문서로 일반적으로 사업계획 변경 가능성이 높고 보완서는 본안에 대한 수정 및 보완 사항 중심으로 작성되어 있음을 고려하여 본 연구는 평가서 본안만을 분석대상으로 한정하였다. 아울러, 도로의 종류(국도, 고속도로 등), 사업 성격(신설, 확장, 개량 등)은 별도 구분하지 않았다. 위의 과정을 거쳐 최종적으로 74건의 도로 건설사업 환경영향평가서 본안을 분석 대상으로 확정했다. 분석 대상 항목으로는 도로 길이에 따른 공사 및 운영 시 온실가스 배출량, 감축 대책 수립 내용과 이에 따른 감축률, 온실가스 항목에 대한 환경영향평가 협의 의견 등을 포함하며, 모든 평가서에서 본문, 표 등을 직접 확인하여 수치 및 관련 내용을 추출하였다. 또한 미국, 캐나다, 인도에서 수행한 도로 건설사업에 대한 환경영향평가서 내 온실가스, 기후변화 관련 작성 내용과 평가 방법 역시 동일한 방식으로 살펴보았으며, 구체적인 사업 목록은 다음과 같다.

- US Highway 101/Produce Avenue Interchange Project, USA
- Highway 400 to Highway 404 Link(Bradford Bypass), Canada
- Two Lane Upgradation with Paved Shoulders of Paderu-Araku (up to Bhalluguda) Section of NH 516 E in Andhra Pradesh, India

III. 연구결과 및 고찰

1. 도로 건설사업의 국내 환경영향평가 현황

2011년~2023년 '환경영향평가정보지원시스템(EIASS)' 내 등록된 길이 12km 이상의 도로 건설사업에 대한 74건의 환경영향평가서 내 운영 시 온실가스 배출량 산정 결과를 도로 길이에 따라 구분하여 Table 1에 나타내었다. 도로 길이가 늘어날수록 공사 및 운영 시 배출량은 대체로 증가하는 경향을 보인다. 도로 건설사업의 운영 시 온실가스 배출은 크게 차량 운행에 따른 배출과 휴게소·IC 등의 부대시설 운영에 따른 배

Table 1. Greenhouse Gas(GHG) Emissions During Construction and Operation by Road Construction Project

(unit: tonCO₂eq/year)

Length (km)	Construction	Operation	GHG Emissions from Vehicle Operation	Proportion of Vehicle Operation Emissions to Total Emissions (%)
12~20	23,754	40,518	30,360	74.93
20~30	105,380	89,022	76,609	86.06
30~40	409,672	144,995	140,143	96.65
40~50	399,040	200,642	195,787	97.58
50~	360,803	298,243	287,640	96.44
Ave.	259,730	154,684	146,108	90.33

Table 2. GHG Reduction in Road Construction Projects

(unit: tonCO₂eq/year)

Length (km)	Carbon Storage and Sequestration through Tree Planting	GHG Reduction During Operation	Operational GHG Reduction Rate (%)	Proportion of Tree Planting-based Reduction to Total GHG Reduction (%)
12~20	1,605	1,991	6.56	53.49
20~30	881	881	1.15	100.00
30~40	139	139	0.10	100.00
40~50	1,025	1,308	0.67	78.34
50~	7,165	7,165	2.49	100.00
Ave.	2,055	2,297	2.19	86.37

출로 구분할 수 있으며, 대부분 차량 운행에 따른 배출로 예상할 수 있다. 이를 확인하고자 운영 시의 총 온실가스 배출량 대비 차량 운행에 따른 배출량의 비율을 살펴보았다. 그 결과 도로 건설사업의 경우 총 온실가스 배출량 대비 차량 운행에 따른 온실가스 배출량의 비율은 평균 90.33%로 대부분 차량 운행에 따른 배출로 나타났다. 이는 도로 건설사업에 대한 온실가스 감축 대책 수립이 매우 제한적임을 의미하는 결과로 볼 수 있다. 현실적으로 온실가스의 감축을 위해 배출 부문 중 가장 큰 부분을 차지하는 차량 운행을 제한하거나, 개별 사업 단위에서 전기차·수소차와 같은 친환경 차량을 운행하도록 유도하는 것은 불가능하기 때문이다. Table 2는 도로 건설사업의 운영 시 온실가스 감축 대책을 고려한 평균 감축률과 수목 식재를 통한 탄소 저장·흡수량, 비율 등을 정리하여 나타낸 결과이다. 도로 건설사업의 운영 시 온실가스 평균 감축률은 불과 약 2.2%이며, 해당 감축률의 약 86%는 수목 식재를 통한 탄소·저장 흡수를 통해 이루어지고 있음을 알 수 있다. 다만 대부분의 평가서에서는 에너지 효율 향상,

재생에너지 설비 도입, ITS 및 교통흐름 개선 등 다양한 감축대책이 제시되어 있으나(Table 3 참조), 해당 대책에 따른 감축량은 정량적으로 산정되지 않고 도입 계획 수준에서 정성적으로 기술되는 경우가 많았다. 반면 감축량이 수치로 제시된 항목은 주로 수목 식재 등 흡수·상쇄 수단에 한정되어 있었다. 따라서 본 연구에서 산정된 감축률은 사업 전반의 실제 감축 효과라기보다, 현행 평가서 작성 방식에서 정량화 가능한 감축 수단 중심으로 산정된 결과로 해석될 필요가 있다. 이는 도로 건설사업의 온실가스 감축 효과가 제한적임을 의미하기보다, 감축대책의 정량 평가 체계가 충분히 마련되지 않았음을 시사한다.

Table 3은 앞서 언급한 74건의 도로 건설사업 환경영향평가서의 온실가스 항목 내 수립·제시된 공사 및 운영 시 감축 대책을 도출하여 목록화한 결과이다. 다수의 개별 평가서는 아래 제시된 감축 대책 중 일부를 평가서 내에 제시하고 있다. 공사 시의 경우 크게 공중 계획, 건설장비 운용, 근로자나 현장사무소의 관리 측면에서 온실가스 감축 대책을 제시하고 있음을 알 수

Table 3. GHG Reduction Measures for Construction and Operation

GHG Reduction Measures in Consultation	GHG Reduction Measures in Operation
<ul style="list-style-type: none"> • No Idling, Use of Larger Construction Equipment, Implementation of Latest Equipment • Increased Daily Construction Output through Automation and Information Technology • Optimization of Material Transportation and Loading • Energy Use Reduction through Efficient Construction Equipment Use and Construction Methods • Use of Low-carbon Materials, Establishment of Reduction Measures by Construction Type • Energy Conservation Training for Construction Equipment, Operation Training • Reduction and Recycling of Construction Waste and Project Waste • Reuse of On-site Materials such as Soil and Rock • Setting Reduction Targets during Construction • Compliance with Mandatory Recycled Aggregate Usage Requirements 	<ul style="list-style-type: none"> • Transplantation of Damaged Trees, Green Zone Creation • Planting of Trees with High Carbon Sequestration and Storage Capacity • Installation of Energy-efficient Facilities (LED) • Installation of Renewable Energy Facilities (Rest Areas, etc.) • Implementation of Smart Tolling (Hi-pass) System • Installation of Intelligent Transportation Systems (Traffic Signal Systems at Intersections, etc.) • Installation of Solar Water Heating Systems at Tunnel Management Offices • Installation of Energy-saving Devices • Installation of Self-luminous Signs, Tunnel Entry Guide Lights, and In-tunnel LED Lighting

Table 4. Environmental Impact Assessment Consultation Opinions on GHS in Road Construction Projects

Length (km)	Number of Registrations	Type	Total Consultation Responses	Principal Assessment Comments
12~20	39	Expressways 7, National Highways 32	20	<ul style="list-style-type: none"> • Securing Green Spaces along Roads and at Intersections • Setting Greenhouse Gas Reduction Targets • Installation of Intelligent Transportation Systems and High-efficiency Energy Products • Planting Trees with High Carbon Sequestration and Storage Capacity, Donating Damaged Trees to Tree Banks • Use of Biochar (in Road Restoration Areas), Verification of Proper Transplantation of Damaged Trees during Post-environmental Impact Assessment
20~30	23	Expressways 13, National Highways 10	4	<ul style="list-style-type: none"> • During Construction: No Idling Policy, Use of Low-carbon Materials and Eco-certified Products • Development of Specific Reduction Measures by Construction Type, Establishment of Traffic Optimization Strategies during Operation • Use of Renewable Energy in Rest Facilities, Development of Energy Consumption Reduction Measures • Securing Green Spaces along Roads and at Intersections • Tree Planting around Noise-sensitive Facilities • Installation of Intelligent Transportation Systems
30~40	5	Expressways 4, National Highways 1	-	-
40~50	5	Expressways 5	1	<ul style="list-style-type: none"> • Energy Use Reduction During Construction • Use of Low-carbon Materials and Eco-certified Products • Verification of Reduction Effects through Post-environmental Impact Assessment
50~	2	Expressways 2	-	-

있다. 운영 시의 경우 사업노선의 계획에 따라 일부 차이가 있음을 확인하였다. 예를 들어 사업노선 내 터널이나 휴게소의 구성이 계획되었으면, 터널 관리사무소·휴게소의 운영 시 신재생에너지를 사용하여 온실가스를 감축하는 대책을 수립·제시하거나, 고속도의 하이패스 시스템 설치 등을 수립·제시하였다. 도로의 길이 또는 부대시설의 유·무와 관계없이 공통으로 적용이 가능한 감축 대책으로는 탄소흡수·저장 능력이 우수한 수목을 식재하거나, 에너지 효율이 우수한 LED 조명을 가로등으로 활용하는 등의 대책 수립을 들 수 있다. Table 4는 도로 건설사업에 대한 환경영향평가 협의 의견 중 온실가스 항목과 관련된 내용을 발췌하여 정리하였다. 대부분의 협의 의견은 제시된 공사 및 운영 시 온실가스 감축 대책을 적정히 이행하도록 요구하고 있으며, 일부 의견의 경우 사후환경영향조사를 통해 감축 효과를 확인할 것을 제시하고 있다. 단, 도로의 길이나 유형 등에 따른 경향성이나 사업별 일관성 등은 찾기 어려웠으며, 온실가스 항목에 대한 협의 의견 자체가 제시되지 않은 사례 역시 다수인 것으로 확인되었다.

2. 도로 건설사업의 국외 환경영향평가 사례

1) US Highway101/Produce Avenue Interchange Project

(1) 사업개요

본 사업은 미국 캘리포니아주 San Mateo 카운티 South San Francisco 시 내 US101의 21.3~21.7마일 구간을 대



Figure 1. US Highway101/Produce Avenue Interchange Project (California Department of Transportation, 2022)

상으로 US101을 가로지르는 추가 동-서 방향 연결로를 건설하는 사업이다. Figure 1은 본 사업의 위치와 기존 US101 및 신설 동-서 연결로의 배치 관계를 나타내며, US101 동쪽 지역의 고용 증가 전망에 따른 교통량 수용, 기존 동-서 연결로를 이용하는 차량 외 교통수단이 이용할 수 있도록 추진되었다. 본 사업은 도심 내에 추진되는 사업으로 주거시설과 상업시설이 인근에 고루 분포하고 있다.

(2) 평가항목

본 사업의 환경영향평가 항목으로는 토지이용, 사회환경(사업 시행에 따른 이주, 토지 매입 등), 환경정의, 교통 및 운송, 경관 및 도시 외관, 수리·수문, 수질 및 폭우 유출, 지질·토양·지진, 폐기물, 대기질, 소음, 에너지, 동·식물, 기후변화 등 총 27개 항목에 대한 평가가 이루어졌다. 이 중 기후변화 항목의 경우 사업 시행으로 인한 온실가스 배출 특성과 기후위기 적응 부문을 모두 다루었으며, 기후위기 적응은 해수면 상승과 홍수·폭풍, 산불을 주요 내용으로 평가하였다. 아울러 수리·수문, 지질 등 기후위기 적응 부문과 밀접한 연관이 있는 타 항목에서 관련 내용을 일부 다루었으나, 국내와 같이 극한 기후 현상의 발생은 고려하지 않은 것으로 조사되었다. 수리·수문 항목 내 도심지역에 위치한 사업노선의 특성상 본 사업이 중대한 홍수 범람을 유발하지는 않을 것으로 평가하였으며, 본 사업으로 인해 불투수층이 증가하더라도 큰 영향은 없을 것으로 예상하였다. 아울러, 지질 항목의 경우 사업지역에서 지반 침하, 토양 액상화 등 일부 잠재적인 지질 위험이 확인됨에 따라 이를 도로의 설계 및 건설 과정에서 충분히 고려하여 사업을 시행할 것으로 명시하고 있다.

(3) 기후변화 항목 평가

평가서 내 기후변화 항목의 경우 온실가스 감축과 기후위기 적응 부문을 모두 평가하고 있다. 온실가스 감축의 경우 우선 수송 부문의 온실가스 배출을 감축하기 위한 연방 및 주 정부의 관련 정책을 검토하였으며, 미국 환경보호청(EPA)에서 제공하고 있는 국가 온실가스 인벤토리, 캘리포니아주의 온실가스 인벤토리를 기술하고 있다. 특히 수송 부문에 대한 온실가스 배출량을 중점적으로 작성하였으며, 이러한 내용은 국내

	2020 Existing	2025 No Build	2025 Build	2040 No Build	2040 Build	2045 No Build	2045 Build
Daily VMT	1,117,915	1,127,743	1,126,771	1,157,225	1,156,578	1,167,053	1,166,514
CO2	135,925	121,718	121,376	109,098	108,760	109,015	108,666

Figure 2. Operational GHG Emissions Assessment Results for US Highway 101/Produce Avenue Interchange Project (California Department of Transportation, 2022)

기후변화영향평가 작성 지침과 유사한 것으로 확인된다. 온실가스 배출량 산정은 공사 시와 운영 시로 구분하고 있으며, 모두 특정 모델을 활용하여 배출량을 산정하였다. 공사 시의 경우 RCEM(Road Construction Emissions Model)을 활용하였고, 이는 도로 건설 프로젝트의 공사 시 대기오염물질 및 온실가스 배출량을 추정하기 위한 엑셀 기반의 스프레드시트로서 SMAQMD (Sacramento Metropolitan Air Quality Management District)에 의해 개발 및 유지 관리되고 있다. 운영 시의 경우 사업 시행 유·무로 구분하여 개통연도(2025년), 목표연도(2040년), 설계연도(2045년)의 교통량을 각각 구분하여 온실가스 배출량을 산정·제시하고 있다. 운영 시 온실가스 배출량은 Caltrans CT-EMFAC2017 모델을 활용하였다. 이 모델은 캘리포니아 교통국(Caltrans)이 개발한 것으로 도로의 교통량에 따른 대기오염물질 및 온실가스 배출량을 추정한다. Figure 2에서 볼 수 있듯 평가서 내 공사 시와 운영 시 모두 모델링 결과에 따른 배출량 값을 간략히 명시하고 있으며, 이는 배출 부문별로 활용되는 배출계수, 산정식 등 배출량 산정 시 일련의 과정을 모두 평가서에 작성하는 국내의 방식과는 상이한 것으로 판단된다. 사업 시행에 따른 온실가스 감축 대책은 연방 및 주 정부의 온실가스 감축 전략 외 당해 사업에 대한 감축 대책으로 건설 시 관련 규정 준수(공회전 제한 등)를 정성적이며 간략하게 기술하고 있는 것으로 확인되었다.

기후위기 적응 부문 역시 온실가스 감축 부문과 유사하게 연방 및 주 정부의 기후위기 적응 관련 정책을 검토하였으며, 사업 시행 주체인 캘리포니아 교통국의 기후위기 적응 관련 주요 업무를 평가서에 수록하였다. 본 사업의 기후변화 리스크는 해수면 상승과 홍수·폭풍, 산불을 다루고 있다. 해수면 상승은 캘리포니아 내 해안지역이 분포함에 따라 이를 고려한 것으로 기

술하고 있으나, 해안지역 외에 위치한 사업노선의 특성상 큰 영향은 없을 것으로 예상하고 있다. 단 사업노선과 연결되는 타 도로의 경우 해일, 해수면 상승 등에 취약할 수 있어 이에 따른 간접적 영향을 기술하고 있으나, 매우 개략적으로 명시하고 있다. 그러나 Figure 3에서 볼 수 있듯 홍수·폭풍의 경우 비교적 구체적인 평가를 수행한 것으로 나타난다. 이는 사업노선이 Colma Creek 범람원과 인접해 있고, 사업노선 일부가 100년 빈도 홍수에 의해 침수될 수 있는 지역에 포함되기 때문으로 확인된다. 특히 사업노선과 인접한 US101은 기후변화에 따른 장래 폭풍과 해일에 취약한 것으로 평가하고 있으며, 홍수에 따른 교량의 세굴과 침식 등이 위협 요인으로 작용할 수 있음을 기술하고 있다. 산불은 도심지역에 위치한 사업노선의 입지 여건상 우려 사항이 아닌 것으로 간략히 명시하고 있다. 이와 같은 리스크 평가 결과를 토대로 국내의 경우 적절한 적응대책을 수립하도록 요구하고 있으나, 본 평가서는 적응대책에 관한 내용은 제시하지 않았다. 단, 현실적으로



Figure 3. Analysis of Maximum Inundation Depths for US Highway 101/Produce Avenue Interchange Project (California Department of Transportation, 2022)

본 사업은 평가된 기후변화 리스크와 관련하여 사업 위치 변경, 사업을 시행하지 않는 것 외에는 적절한 적응 대책을 도출하기 어려울 것으로 판단된다.

2) Highway 400 to Highway 404 Link

(1) 사업개요

본 사업은 캐나다 온타리오주 남부의 Highway 400 과 Highway 404를 연결하는 4차선 고속도로를 신규 건설하는 사업으로 총연장은 16.2km로 계획되었다. Figure 4는 Highway 400과 Highway 404를 연결하는 신규 고속도로 노선과 주요 시설 배치 개념을 나타낸 것이다. 사업노선 내 신규 인터체인지와 교량 건설계획이 포함되었으며, 지역 간 연결성의 확보 및 접근성 개선이 주요 목적이다. 아울러 사업노선 시설을 통해 지역 경제 발전과 일자리의 신규 창출을 모색하였으며, 특히 물류 및 운송의 효율성 향상을 기대하고 있는 것으로 명시하고 있다.

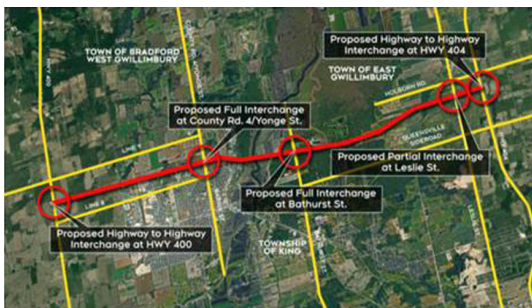


Figure 4. Highway 400 to Highway 404 Link Project (Ontario Ministry of Transportation, 2023)

(2) 평가항목

평가항목은 생태계·사회경제 환경·문화 환경으로 구분하여 분야별 세부 항목을 평가하였다. 생태계 분야는 육상 생태계, 어류(서식지 포함), 지하수 및 수리 지질 분야를 다루고 있다. 사회경제 환경 분야는 토지 이용, 소음·진동, 대기질, 폐기물, 기후변화, 건강 항목이 포함되어 있다. 문화 환경 분야의 경우 건축 유산 및 문화유산, 교통 및 운송, 고고학 및 지반공학 등을 다루고 있다.

(3) 기후변화 항목 평가

기후변화 항목은 온실가스 배출과 기후위기 적응 부문으로 구분되나, 본 평가서의 경우 온실가스 배출량 산정은 대기질 항목에 포함되어 있다. 공사 시 배출량 산정은 실시되지 않았으며, 운영 시의 경우 사업노선의 장래 건설 연도(2041년)의 교통량과 제한속도(100 km/h)를 고려하여 2019년 대비 온타리오 수송 부문의 온실가스 배출량 대비 사업노선의 기여도(약 6%)를 평가한 것이 가장 큰 특징으로 확인된다. 배출량 산정은 MOVES(Motor Vehicle Emission Simulator)라는 모델을 활용하였으며, 이는 미국 EPA에서 개발된 도로 및 비도로 이동오염원의 대기오염물질 및 온실가스 배출량 추정 모델이다. 앞서 다룬 미국의 평가서와 유사하게 동 평가서 역시 모델링 결과에 따른 배출량 값을 간략히 명시하고 있음을 알 수 있다(Figure 5).

온실가스 감축 대책은 공사 시와 운영 시로 구분하여 각각 제시하고 있다. 공사 시의 경우 최신 연식의 건설장비 사용, 공회전 최소화 등을 주요한 감축 대책으로 기술하였다. 운영 시의 경우 사업노선 신설에 따른

Contaminant	Future Build (2041) (Mt) ¹	Ontario 2019 Reported Greenhouse Gas Emissions for the Transportation Sector ³ (Mt CO ₂ eq.)	% Future Build Project Contribution
Carbon dioxide (CO ₂)	2.87	-	-
Methane (CH ₄)	5.68E-03	-	-
Nitrous Oxide (N ₂ O)	3.06E-05	-	-
CO ₂ equivalent ²	3.04	51.8 ³	5.55%

Notes: 1. Mt = Megatonnes

2. CO₂ equivalent was calculated for the Future Build Condition using GWP conversion for N₂O and CH₄ (298 and 25, respectively)

Figure 5. Operational GHG Emissions Assessment Results for Highway 400 to Highway 404 Link (Ontario Ministry of Transportation, 2023)

교통량 재분해, 기존 운영 중인 타 도로의 교통량 감소, 교통 흐름 개선 등을 통해 온실가스 배출량이 감소할 것임을 정성적으로 예측하고 있다. 아울러 사업노선 단위의 관점에서 봤을 때 교통량에 따른 온실가스 배출은 불가피하며, 이에 대한 감축 대책 수립은 제한적임을 평가서에 명확히 명시하고 있는 점이 특징이다. 차량의 연료 전환과 전기차 및 하이브리드 차량의 확대, 대중교통의 증설 등을 통해 수송 부문의 온실가스 감축을 유도할 수 있을 것으로 기술하고 있으나, 이는 정부 차원의 정책적 방안임을 명시하고 있다. 기후위기 적응 부문은 폭염과 강풍을 주요한 기후변화 리스크로 선정하여 관련 대책을 기술하였다. 우선 폭염의 경우 공사 시 냉각 스테이션 설치, 자외선 차단 장비 제공 등을 명시하였으며, 운영 시의 경우에는 내열성이 우수한 아스팔트를 시공할 것임을 계획하였다. 강풍의 경우 공사 시 크레인 작업을 고려한 제한 풍속을 설정·적용할 것임을 명시하였고, 운영 시의 경우 특정 구간을 선정하여 방풍벽 및 방풍 울타리의 설치를 계획하였다.

3) Two Lane Upgradation with Paved Shoulders of Paderu-Akaru (up to Bhalluguda) Section of NH 516E in Andhra Pradesh

(1) 사업개요

기존 NH 516E 고속도로의 Paderu~Araku 구간은 연장 49.512km로, 일부 구간을 제외하고 모두 선형 개량이 필요한 도로다. 본 사업은 해당 도로를 포장된 갓길을 갖춘 2차선 도로로 개선함과 동시에 선형 개량, 배수로 정비, 교량과 제방 정비, 교통안전 관련 시설 설치가



Figure 7. NH 516E Paderu~Araku Project (Ministry of Road Transport and Highways, Government of India, 2019)

주요한 내용이며, 이를 통해 안전하고 원활한 교통환경 제공과 지역·국가의 지속가능한 발전에 기여하고자 하였다. Figure 6은 NH 516E Paderu~Araku 구간의 기존 도로 현황을 나타낸 것이며, Figure 7은 선형 개량 및 시설 정비가 계획된 노선 개요를 나타낸 것이다.

(2) 평가항목

평가항목은 토양 및 지질, 지형, 배수/홍수, 수질, 대기질, 소음, 식생 등을 포함하고 있다. 본 사업은 기존 도로의 선형 개량 및 재포장 사업에 해당하되, 매체별 특별한 환경영향이 있을 것으로 예측하지는 않는 것으로 확인된다. 기후변화 또는 온실가스 관련 항목이 별도의 평가 대상 항목으로 명시되지는 않으나, 본 평가서의 경우 ‘Green Initiatives’라는 별도의 챕터를 통해 본 사업에 따른 온실가스 배출을 다루고 있는 것으로 확인된다.



Figure 6. Status of NH 516E Paderu-Araku Road Section (Ministry of Road Transport and Highways, Government of India, 2019)

(3) 기후변화 관련 평가

전술한 미국, 캐나다의 평가서의 경우 대상 사업의 공사 및 운영 시 특정 모델링 기법을 활용하여 온실가스 배출량을 산정하였으나, 본 평가서의 경우 공사 시 탄소발자국(Carbon Foot Print)의 개념을 적용하여 원자재의 생산-운반-건설의 과정을 모두 고려하여 온실가스 배출량을 산정·제시한 것이 큰 특징이다. 단 배출량 산정에 적용된 배출계수, 각 단위 공종별 배출량 산정 과정 등은 구체적으로 작성되지 않았으며, 배출량 산정 결과는 표를 활용하여 단순 작성하였다. 운영 시 교통량 등을 고려한 온실가스 배출량 산정은 본 평가서에서 실시되지 않았다. 기후위기 적응은 본 평가서에서 다루어지지 않은 것으로 확인되나, Figure 8과 같이 사면 발생에 따른 위험을 예방하고자 관련 대책을 예시로 제시하고 있다. 도로 건설사업에 대한 환경영향평가 및 기후변화영향평가에서도 사면 발생을 고려한 적절한 대책을 요구하고 있는바, 해당 내용은 국내와 유사한 것으로 판단된다.



Figure 8. Examples of Slope Stability Measures for NH 516E Paderu-Araku Road Section (Ministry of Road Transport and Highways, Government of India, 2019)

3. 결론 및 제언

본 연구에서는 도로 건설사업에 대한 환경영향평가 결과의 온실가스 항목의 작성 현황, 특히, 공사 및 운영 시 온실가스 배출량, 감축 대책 수립 내용 등을 분석하였고, 해당 결과를 통해 기후변화영향평가 시 개선·보완이 필요하거나 중점적인 고려가 필요한 사항 등을 제

시하였다. 또한 해외 평가서 사례 분석 및 비교를 통해 국내 기후변화영향평가시 적용이 가능한 사항 등을 제안하고자 하였다.

2011~2023년 ‘환경영향평가정보지원시스템(EIASS)’에 등록된 도로 건설사업의 환경영향평가서 본안 중 기후변화영향평가 대상(길이 12km 이상)에 해당하는 74건의 사업에 대한 환경영향평가서의 온실가스 항목 작성 현황을 분석한 결과, 도로 건설사업의 경우 총 온실가스 배출량 대비 차량 운행에 따른 온실가스 배출량의 비율은 평균 90.33%로 대부분 차량 운행에 따른 배출로 나타났다. 이는 도로 건설사업에 대한 온실가스 감축 대책 수립이 매우 제한적임을 의미하는 결과로 볼 수 있다. 현실적으로 온실가스의 감축을 위해 배출 부문 중 가장 큰 부분을 차지하는 차량 운행을 제한하거나, 개별 사업 단위에서 전기차·수소차와 같은 친환경 차량을 운행하도록 유도하는 것은 불가능하기 때문이다. 즉 도로 건설사업에 대한 온실가스 감축의 경우 차량 운행 외 배출원인 휴게소, IC 등의 부대시설 운영 과정에서 배출이 예상되는 온실가스를 더욱 적극적으로 감축하는 것이 필요하며, 사업노선의 선정·설계 시 양호한 탄소 저장·흡수원의 훼손을 최소화하고, 가용한 토지를 대상으로 수목 식재 및 녹지조성을 확대하는 것이 중요한 것으로 판단된다.

도로 건설사업의 국외 환경영향평가 사례를 분석한 결과, 미국과 캐나다의 온실가스 배출량 산정은 공사 및 운영 시 정부에서 제공하는 모델을 활용하여 온실가스 배출량을 산정·제시하고 있음을 확인하였다. 이러한 모델 기반 산정은 평가서 간 배출계수 및 산정식 적용에 따른 편차를 줄이고 평가 결과의 일관성을 확보하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 단, 모델을 통한 배출량 산정 역시 배출계수·산정식의 지속적인 최신화가 필요하므로, 이를 제공하는 정부 또는 기관 차원의 유지·관리 체계가 필요하다. 도로 건설사업의 온실가스 감축 대책은 공사 시의 경우 공회전 금지, 최신 건설기계 활용 등 국내와 유사한 대책을 수립하고 있었다. 운영 시 교통량에 따른 온실가스 감축은 단일 사업 차원에서 이행하기 어려운 사안임을 명확히 제시하고 있으며, 친환경 차량 전환 등은 정책 수준에서 해결해야 할 사항으로 구분하고 있었다. 또한 도로 건설

에 따른 교통량 분산 및 교통 흐름 개선 효과를 정성적으로나마 제시하고 있는 점은 참고가 될 수 있다. 기후 위기 적응 부문에서는 국내와 같이 비교적 세부적인 취약성 평가 결과를 활용하지는 않으나, 사업노선의 입지 특성 및 과거 재해 이력 등을 토대로 주요 위험 요인을 중심으로 대책을 제시하고 있었다. 이는 다양한 기후변화 리스크를 포괄적으로 나열하기보다 사업 특성에 따른 핵심 위험을 중심으로 평가가 이루어지고 있음을 의미한다. 종합하면, 향후 국내 도로 건설사업 기후변화영향평가에서는 배출량 산정 방법의 일관성 확보, 사업 단위 감축 대책과 정책수단의 역할 구분, 그리고 입지 기반 위험 중심의 기후위기 적응 평가에 대한 접근이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구 결과는 도로 건설사업에 대한 기후변화영향 평가 수행 시 고려 사항, 실질적인 온실가스 감축 대책 수립을 위한 참조자료로써 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 비교적 시행 초기에 있는 기후변화영향평가 제도의 안착과 성공적 수행에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 다만 본 연구는 환경영향평가서에 제시된 내용을 기반으로 자료를 정리한 것으로, 평가서별 온실가스 산정 기준 연도 및 조건 차이를 별도로 보정하지 못한 한계가 있다. 또한 직접·간접 감축 대책은 대부분 정성적으로 제시되고, 수목 식재 등 흡수·상쇄 항목만이 정량적으로 산정되어 제시된 감축률은 실제 감축 효과 전체라기보다 정량화가 가능한 감축 수단 중심의 결과로 해석될 필요가 있다. 아울러 신설·확장·개량과 같은 도로 건설사업 유형에 따른 특성 차이를 구분하여 분석하지 못한 점 역시 연구의 한계로 판단된다.

사사

이 원고는 한국환경연구원의 2024년도 연구개발적립금 수시과제 “기후변화영향평가 기법 마련 연구-도로 건설 부문-(RP2024-12)”의 일부로 한국환경연구원의 지원으로 이루어졌습니다.

References

- California Department of Transportation. (2022). US Highway 101/Produce Avenue Interchange Project, Draft Environmental Impact Report/Environmental Assessment.
- 최현진, 이영수, 강유진, 주용준, 김유미. (2024). 기후변화영향평가 기법 마련 연구 -도로 건설 부문- (정책보고서 2024-11). 한국환경연구원.
- Choi, H., Lee, Y., Kang, Y., Joo, Y., & Kim, Y. (2024). Development of Climate Change Impact Assessment Techniques: The Road Construction Sector (RP 2024-11). Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Ministry of Road Transport and Highways, Government of India. (2019). Two Lane Upgradation with Paved Shoulders of Paderu-Akaru (up to Bhalluguda) Section of NH 516E in Andhra Pradesh, Environmental Impact Assessment & Environmental Management Plan.
- 문한솔, 이문숙. (2025). AHP를 활용한 항만부문 기후변화 적응 지표체계 구조 개발. 환경영향평가, (34)6, 430-447.
- Mun, H., Lee, M. (2025). Developing of Climate Change Adaptation Indicators for Ports Based on AHP. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 34(6), 430-447. [Korean Literature]
- Ontario Ministry of Transportation. (2023). Highway 400 to Highway 404 Link (Braford Bypass), Final Environmental Impact Assessment Report.
- 이영수, 김태윤, 문난경, 송영일, 유현석, 김유미, 김현노, 박종윤, 신동원, 신지영, 조한나, 최현진, 강유진, 이지예, 이수빈. (2023). 기후변화영향평가 제도 도입을 위한 시범사업. 한국환경연구원.
- Lee, Y., Kim, T., Moon, N., Song, Y., Yoo, H., Kim, Y., Kim, H., Park, J., Shin, D., Shin, J., Cho, H., Choi, H., Kang, Y., Lee, J., Lee, S. (2023). Pilot project for the introduction of the climate change impact assessment system. Korea Environment Institute.

[Korean Literature]

이창훈, 문난경, 유현석, 조공장, 김유미, 박종윤, 신동원,
신지영, 최현진, 조한나, 홍제우, 정선희, 이지예,
이홍립, 류소현, 음정인, 이희수, 최정아, 이주영.
(2022). 기후변화영향평가 관련 추진체계 마련
연구. 한국환경연구원.

Lee, C., Moon, N., Yoo, H., Cho, G., Kim, Y., Park, J.,

Shin, D., Shin, J., Choi, H., Cho, H., Hong, J.,
Jung, S., Lee, J., Lee, H., Ryu, S., Eum, J., Lee, H.,
Choi, J., Lee, J. (2022). Study on establishing an
implementation framework for climate change
impact assessment. Korea Environment Institute.

[Korean Literature]