

Research Paper

환경영향평가 온실가스 항목 분석을 통한 기후변화영향평가 대상 사업 확대 방안 제안

우철호 · 성현찬 · 김서현 · 전성우 · 김윤지[†]

고려대학교

A Proposal for Expanding Target Projects for Climate Change Impact Assessment through Analysis of Greenhouse Gas Items in Environmental Impact Assessment

Cheol Ho Woo · Hyun Chan Sung · Seo Hyun Kim · Seong Woo Jeon · Yoon Ji Kim[†]

Korea University

요약: 기후변화영향평가 제도는 탄소중립 실현을 위한 핵심 수단이나, 현재 환경영향평가 대상 중 일부 계획 및 사업에만 제한적으로 적용되는 한계가 있다. 이에 본 연구는 기후변화영향평가 대상 확대를 위한 정량적 근거를 마련하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 현행 기후변화영향평가 대상에 포함되지 않은 7개 사업 유형의 환경영향평가서 203건을 수집하고, 공사 시 및 운영 시 온실가스 배출량을 공사 시 총배출량 기준, 운영 시 연간 배출량 기준, 선행연구 기준의 세 가지 평가 시나리오에 따라 분석하였다. 또한 탄소저장량 및 탄소흡수량 손실을 보조지표로 별도 분석하였다. 분석 결과, 특정 지역의 개발사업과 항만의 건설사업에서는 운영 시 배출량이 현행 기후변화영향평가 대상 기준을 상회하는 것으로 나타나, 향후 평가 대상 확대 시 우선적으로 검토할 필요가 있는 것으로 나타났다. 철도의 건설사업에서는 공사 시 온실가스 배출량이, 관광단지의 개발사업과 체육시설의 설치사업에서는 산림 훼손에 따른 탄소흡수원 손실이 주요한 환경 영향으로 확인되었다. 본 연구는 사업 유형별 온실가스 배출 및 탄소흡수원 손실 특성을 실증적으로 분석하여 현행 기후변화영향평가 제도의 사각지대를 확인하였다. 이를 바탕으로 공사 및 운영 단계의 온실가스 배출과 탄소흡수원 보전을 통합적으로 고려한 기후변화영향평가 대상 확대의 정책적 시사점을 제시한다.

주요어: 기후변화영향평가, 탄소중립, 온실가스, 탄소흡수원, 환경영향평가

Abstract: The Climate Change Impact Assessment system is a key instrument for achieving carbon neutrality; however, its current application is limited to some plans and projects subject to Environmental Impact Assessment. This study aims to provide quantitative evidence for expanding

First Author: Cheol Ho Woo, Tel: +82-2-3290-3543, E-mail: cheolho.woo31@gmail.com, ORCID: 0009-0009-8327-0703

Corresponding Author: Yoon Ji Kim, Tel: +82-2-3290-3543, E-mail: yoonjik605@korea.ac.kr, ORCID: 0000-0003-1490-0782

Co-Authors: Hyun Chan Sung, Tel: +82-2-3290-3543, E-mail: wona2015@korea.ac.kr, ORCID: 0000-0003-4862-7980

Seo Hyun Kim, Tel: +82-2-3290-3543, E-mail: kseohyun99@korea.ac.kr, ORCID: 0009-0008-3161-2639

Seong Woo Jeon, Tel: +82-2-3290-3043, E-mail: eepps_korea@korea.ac.kr, ORCID: 0000-0001-5928-8510

Received: 25 June 2026. Revised: 9 August 2026. Accepted: 19 August 2026.

the scope of projects subject to Climate Change Impact Assessment. To this end, 203 Environmental Impact Assessment reports were collected for seven project types that are not currently subject to Climate Change Impact Assessment. Greenhouse gas emissions were analyzed using three evaluation criteria: total GHG emissions during construction, annual GHG emissions during operation, and the previous-study criterion based on stationary combustion and electricity use during operation. Carbon storage and sequestration losses were analyzed separately as supplementary carbon sink indicators. The results indicated that operational emissions from development projects in specific areas and harbor construction projects exceeded the current criteria for Climate Change Impact Assessment, indicating the need to prioritize these project types for consideration in future expansion of the assessment scope. In railroad construction projects, greenhouse gas emissions during the construction phase were identified as a major environmental impact, whereas in tourism complex development projects and sports facility establishment projects, carbon sink losses resulting from forest loss were found to be major environmental impacts. This study empirically examined the characteristics of greenhouse gas emissions and carbon sink losses by project type, thereby revealing blind spots in the current Climate Change Impact Assessment system. Based on these findings, it presents policy implications for expanding the scope of Climate Change Impact Assessment by comprehensively considering GHG emissions during the construction and operation phases and carbon sink conservation.

Keywords: *Climate Change Impact Assessment, Carbon Neutrality, Greenhouse Gas, Carbon Sinks, Environmental Impact Assessment*

I. 서론

전 세계적으로 탄소중립 달성을 위한 정책적 노력이 강화되면서, 국가 온실가스 감축목표(NDC)의 이행을 위한 제도적 수단인 중요성이 증대되고 있다. 이러한 흐름 속에서 대한민국은 2022년 9월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(약칭: 탄소중립기본법)을 시행하면서 온실가스 감축 시책 중 하나로 기후변화영향평가 제도를 도입(제23조)하였다. 기후변화영향평가 제도는 환경영향평가 제도와 연계되어 국가 정책 및 계획 수립과 개발사업 단계에 걸쳐 계획 또는 사업이 기후변화에 미치는 영향(온실가스 감축)과 기후변화로부터 받는 영향(기후위기 적응)을 고려하고, 그 영향이 크다고 판단될 경우 사전에 적절한 저감 방안을 반영하도록 하고 있다(Kim et al., 2022b). 특히 온실가스 감축 측면에서 기후변화영향평가는 저감방안의 타당성 평가에 중점을 둔 기존 환경영향평가와 달리 감축목표 설정, 감축수단 마련 등을 포함하여 국가 전체의 탄소중립 정합성을 평가하는 포괄적인 평가체계를 지향한다(Choi, 2024; Kim et al., 2022a).

현재 기후변화영향평가는 전략 및 환경영향평가 대상 17개 계획 및 사업 유형 중 에너지 개발, 도시 개발 등 10개 사업 유형에 한정하여 적용되고 있다. 이는 제도 도입 초기 단계에서 모든 사업을 대상으로 평가를 수행하기 어려운 현실적 제약을 고려하여 온실가스 배출 규모와 기후변화 위험도를 기준으로 우선 적용 대상을 선별한 결과이다. 대상 사업 선정은 한국환경연구원(Korea Environment Institute [KEI], 2022)의 연구를 기반으로 이루어졌으며, 온실가스 다배출 사업 유형 6개와 기후위기 고위험 사업 유형 4개를 선정하여 단계적 적용 방안이 제시된 바 있다. 이때 온실가스 다배출 대상사업 선정 방식은 운영 단계에서의 에너지 사용에 따른 배출량을 중심으로 평가 기준이 설정되어 있어, 공사 단계에서 발생하는 배출량이나 탄소흡수원 훼손 및 토지이용변화에 따른 흡수·저장량 감소와 같은 요소를 충분히 반영하지 못하는 한계를 가진다. 또한 제도 운영 측면에서도 평가 기준의 불명확성과 적용 범위의 제한성이 지적되고 있으며(Kim et al., 2022a; Han & Ma, 2021), 이는 비대상 사업에서 발생하는 잠재적 온실가스 영향을 평가 체계 내에서 충분히 검토하

지 못하게 하는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 제도 시행 초기 단계인 현재, 현행 대상 사업 범위와 평가 기준을 재검토하고, 사업 특성을 반영한 대상 확대 방안을 논의할 필요가 있다(Choi, 2024; Han, 2022).

기존 선행연구들은 기후변화영향평가 제도의 법적 기반과 정책적 의의, 그리고 기존 환경영향평가와의 차별성을 중심으로 논의되어 왔다. 탄소중립기본법의 제정과 관련하여 기후변화영향평가 제도가 국가 온실가스 감축목표 이행을 위한 제도적 수단으로 도입되었다는 점과 그 법적 의의가 강조되어 왔으며(Han, 2022; Lee, 2021), 기존 환경영향평가와 비교하여 온실가스 배출 및 흡수량 산정, 감축목표 설정 등을 포함하는 보다 확장된 평가체제로 논의되어 왔다(Kim et al., 2022b). 또한 제도 운영 측면에서는 평가 기준의 불명확성, 제도 간 정합성 문제, 적용 범위의 제한성 등이 주요 과제로 지적되고 있다(Han & Ma, 2021).

그러나 이러한 선행연구들은 주로 제도의 법제도적 틀과 정책적 방향성에 초점을 두고 있어, 기후변화영향평가 대상 사업 선정 기준을 실제 사업 단위의 정량적 데이터에 기반하여 분석한 연구는 제한적이다. 특히 환경영향평가서에 제시된 온실가스 산정 결과를 활용하여 비대상 사업 유형의 공사 시 및 운영 시 배출 특성과 탄소흡수원 손실을 비교·분석한 실증 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 온실가스 감축 관점에서 기후변화영향평가 대상 사업 유형 확대를 위한 환경영향평가서 기반의 정량적 근거를 마련하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 현행 기후변화영향평가 대상에서 제외된 사업 유형의 환경영향평가서를 수집하여 '온실가스' 항목 데이터를 분석하였다. 특히 본 연구는 기존 선행연구 및 제도에서 주로 고려되어 온 운영 시 에너지 사용량 중심의 평가 범위를 넘어, 공사 시 발생하는 배출량과 토지이용변화에 따른 탄소흡수원 손실을 함께 고려하여 사업의 온실가스 영향을 종합적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 각 사업 유형별 온실가스 배출 특성에 기반한 기후변화영향평가 대상의 합리적 확대 방안을 제안하고, 현행 제도의 적용 범위 재검토를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 재료

환경영향평가 대상 17개 사업 중 기후변화영향평가 대상 선정 과정에서 온실가스 다배출사업으로 분류되지 않은 사업의 환경영향평가서를 대상으로 하였다(Table 1). 정책 또는 개발기본계획 단계에서는 온실가스 배출량 산정이 어렵고 배출량 전망 값이 제시되지 않는 경우가 많으므로, 전략환경영향평가서는 제외하고 사업 내용을 바탕으로 온실가스 배출량을 추산할 수 있는 환경영향평가서를 대상으로 하였다. 현재 기후변화영향평가 대상 사업 및 규모 기준의 근거는 KEI(2022)의 「기후변화영향평가 관련 추진체계 마련 연구」이다. 해당 보고서에서는 환경영향평가 17개 사업을 온실가스 배출량 특성에 따라 총 4단계로 분류하고 1단계 그룹 및 2단계 그룹으로 분류된 6개 사업을 온실가스 다배출사업으로 분류하였다. 본 연구에서는 온실가스 다배출사업으로 분류되어 이미 기후변화영향평가 대상으로 선정된 6개 사업을 제외한 11개 환경영향평가 대상사업을 분석 대상으로 하였다.

온실가스 항목 평가가 시작된 2011년부터 2025년 8월까지 협의 완료된 평가서 본안을 기준으로, 사업 유형별 최대 30건의 환경영향평가서를 선정하였다. 이때 협의가 완료된 평가서가 부족한 '산지 개발', '개간 및 공유수면의 매립', '수자원의 개발 사업', '군사기밀시설로 평가서 내용 확인이 불가능한 '국방·군사시설의 설치사업' 등 4개 사업은 제외하였다. 이에 따라 하천 이용 및 개발, 항만 건설, 특정지역 개발, 철도 건설, 관광단지 개발, 체육시설 설치, 토석·모래·자갈·광물 채취 7개 사업을 최종 분석 대상으로 선정하였다.

2. 연구 방법

1) 사업별 온실가스 배출량 및 저장·흡수량 DB 구축

사업별로 최근 협의가 완료된 환경영향평가서를 검토하였으며, 유사 사업의 기후변화영향평가 대상 사업 규모 기준에 해당하거나 이에 근접한 평가서 중 온실가스 항목이 평가된 평가서를 최대 30건 선정하였다. 하천 개발 사업의 경우 온실가스 항목 작성이 시작된 2011년부터 2025년까지 협의가 완료된 평가서 중 온실

Table 1. Comparison of Plan and Project Types subject to Environmental Impact Assessment and Climate Change Impact Assessment (CCIA)

Plans and Projects	SEA (Governmental plan)		SEA (Master development plan)		EIA		
	EIA	CCIA	EIA	CCIA	EIA	CCIA	Study Scope
1. An urban development plan/project	○	-	○	○	○	○	-
2. A plan/project to develop an industrial site or industrial complex	-	-	○	○	○	○	-
3. A plan/project to develop energy sources	○	○	○	○	○	○	-
4. A plan/project to develop a harbor	○	-	○	○	○	-	○
5. A plan/project to construct a road	○	○	○	○	○	○	-
6. A plan/project to develop water resources	○	○	○	-	○	-	^{a)}
7. A plan/project to construct a railroad (including an urban railroad)	-	-	○	-	○	-	○
8. A plan/project to construct an airport	-	-	○	-	○	○	-
9. A plan/project to use and develop river	-	-	○	○	○	-	○
10. A plan/project to develop land and reclaim public waters	-	-	○	-	○	-	^{b)}
11. A plan/project to develop a tourism complex	○	-	○	-	○	-	○
12. A plan/project to develop a mountainous district	○	○	○	-	○	-	^{c)}
13. A plan/project to develop a particular area	○	-	○	-	○	-	○
14. A plan/project to establish a sports facility	-	-	○	-	○	-	○
15. A plan/project to establish a waste disposal facility	○	○	○	○	○	○	-
16. A plan/project to establish facilities for national defense and military installations	-	-	○	-	○	-	^{d)}
17. A plan/project to extract earth and stone, sand, gravel, minerals, etc.	-	-	-	-	○	-	○

Note: SEA, Strategic Environmental Impact Assessment; EIA, Environmental Impact Assessment. ○ indicates that the project type is subject to assessment or was included in this study, whereas the dash (-) indicates that the project type is not subject to assessment or was not included in this study.

a) Only five EIA reports completed consultation since 2011 included greenhouse gas items.

b) Only nine EIA reports completed consultation since 2011 included greenhouse gas items.

c) Only 1 EIA report completed consultation since 2011.

d) Reports were not accessible due to military confidentiality.

Table 2. Selection of Environmental Impact Assessment Reports by Project Type

Projects	Selection criterion	No. of EIA reports analyzed ^{a)}
Tourism complex development	Project area of 500,000 m ² or more	30
Sports facility establishment	Project area of 500,000 m ² or more	30 (1)
Earth, stone, sand, gravel, and mineral extraction	Project area of 500,000 m ² or more	30 (11)
Particular area development	Project area of 500,000 m ² or more	30
Harbor development	Project area of 500,000 m ² or more	30 (12)
River use and development	Project length of 20 km or more ^{b)}	23 ^{c)} (14)
Railroad construction	Project length of 12 km or more ^{d)}	30
Total		203

Note: Project type names are abbreviated from the official English project names for readability.

a) Numbers in parentheses indicate EIA reports that did not fully meet the selection criteria but were included because their project scales were comparable to those meeting the criteria.

b) For river use and development projects, the CCIA threshold specified in Attached Table 2 of the Enforcement Decree of the Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth for Coping with Climate Crisis was used as the selection criterion.

c) Among EIA reports for which consultation was completed between 2011 and 2025, 23 reports included greenhouse gas items.

d) For railroad construction projects, the 12 km CCIA threshold for road construction specified in the same Attached Table was used as the selection criterion.

가스 항목이 포함된 23건을 분석하였다(Table 2).

온실가스 측면의 중요성 평가를 위해 환경영향평가서 내 온실가스 배출량과 저장·흡수량 값을 기반으로 DB를 구축하였다. 이때 평가서에 제시된 온실가스 산정 값 중 단위 혼동, 계산 오류 등 명백한 단순 오류는 수정하여 DB에 반영하였다.

환경영향평가서는 온실가스 항목을 공사 시와 운영 시로 구분하여 작성하고 있다(Ministry of Environment [MOE], 2015). 공사 시 배출량은 평가서에 따라 공사 시 연간 배출량과 공사 시 총 배출량으로 제시되어 있다. 본 연구에서는 평가서에 기재된 배출량을 우선적으로 DB에 반영하였으며, 공사 기간을 확인할 수 있는 경우에는 Equation 1에 따라 기재되지 않은 배출량을 추산하였다. 여기서 $E_{c,yr}(tCO_2 eq/yr)$ 는 공사 시 연간 배출량, $T_c(yr)$ 는 공사 기간, $E_{c,tot}(tCO_2 eq)$ 는 공사 시 총 온실가스 배출량을 의미한다.

$$E_{c,yr}(tCO_2 eq/yr) \times T_c(yr) = E_{c,tot}(tCO_2 eq) \quad (1)$$

본 연구에서는 온실가스 배출 단계를 공사 시와 운영 시로 구분하되, 탄소 배출 활동과 구별되는 탄소흡

수원의 온실가스 저장·흡수량은 별도로 정리하였다.

2) 기후변화영향평가 확대 대상 사업 검토 방안

기후변화영향평가 확대 대상 여부를 결정하기 위해 온실가스 영향의 평가 기준 설정이 필요하다. 선행 연구(KEI, 2022)에서는 환경영향평가 대상 사업의 온실가스 배출 특성을 분석하여 대상사업 선정 기준을 제시하였다(Table 3). 운영 시 연간 배출량에 해당하는 온실가스 직접배출원(고정연소시설)과 간접배출원(전력 사용)을 고려하였고, 온실가스 다배출사업에 해당하는 1단계 및 2단계 그룹의 배출량은 각각 연간 약 8만 톤 및 약 4만 톤 이상으로 나타났다.

본 연구에서는 평가서에서 확인 가능한 공사 시와 운영 시 온실가스 배출원과 탄소흡수원을 고려하였다. 공사 시 배출량은 사업 기간, 즉 공사 기간 동안 확정적으로 발생하는 배출량으로, 연간 배출량 및 총 배출량으로 구분된다. 운영 시 연간 배출량은 사업 이후 운영 단계에서 예상되는 배출량으로, 고정연소 연료 사용, 전기 사용, 용수 사용, 하폐수 처리, 폐기물 처리, 유발 교통량에 따른 배출량을 포함한다. 탄소흡수원은 훼손

Table 3. Greenhouse Gas Emission Characteristics of EIA Project Types Used to Derive CCIA Target Selection Criteria in a Previous Study (Korea Environment Institute, 2022)

Group	EIA Project Type	GHG emissions (tCO ₂ eq/yr)	Group classification criterion	High GHG-emitting project
Phase 1 Group	Energy source development	1,318,667	Approx. 80,000 tons	High greenhouse gas-emitting projects (Current CCIA target projects)
	Industrial complex development	151,474		
	Urban development	78,258		
Phase 2 Group	Airport construction	84,088	Approx. 40,000 tons	
	Road construction	50,073		
	Waste disposal facility establishment	40,871		
Phase 3 Group	Particular area development	168,418	GHG emissions calculated	-
	Railroad construction	40,686		
	Tourism complex development	12,032		
	Sports facility establishment	8,435		
	Mountainous district development	7,757		
	Earth, stone, sand, gravel, and mineral extraction	7,142		
	Harbor development	2,038		
	Military facility establishment	593		
Phase 4 Group	River use and development	0	No GHG emissions or not calculated	
	Water resource development	-		
	Land development and public water reclamation	-		

Table 4. Criteria for Assessing Greenhouse Gas Impacts

Category		Emission and Sequestration Activity	Unit
A. Criteria used to identify candidate project types			
Criterion 1	Total Emissions during Construction	Total GHG emissions during construction	tCO ₂ eq
Criterion 2	Annual Emissions during Operation	Annual GHG emissions during operation*	tCO ₂ eq/yr
Criterion 3	Previous-Study Criterion	Annual GHG emissions from stationary combustion and electricity use during operation	tCO ₂ eq/yr
B. Supplementary carbon sink indicators			
Carbon storage loss during construction	Carbon storage loss from damaged trees		tCO ₂ eq
	Carbon storage loss from land-use change		
Annual carbon sequestration loss during operation		Annual carbon sequestration loss from damaged trees	tCO ₂ eq/yr

Note: Annual GHG emissions during operation include emissions from stationary combustion, electricity use, water use, wastewater treatment, waste treatment, and induced traffic

수목에 의한 저장·흡수량과 토지이용변화에 따른 저장량을 고려하였다(Jeong et al., 2022; MOE, 2015).

본 연구에서는 온실가스 영향의 발생 시기와 배출원 산정 범위를 고려하여 세 가지 기준안을 설정하였다. 1안은 선행연구에서 고려하지 않은 공사시 배출량을 반영한 ‘공사시 총배출량 기준’으로, 공사기간 전체에 발생하는 온실가스 배출량을 포함하였다. 2안은 ‘운영시 연간배출량 기준’으로, 고정연소시설과 전력 사용뿐만 아니라 용수 사용, 하·폐수 처리, 폐기물 처리 및 유발 교통량 등에 따른 연간 배출량을 포함하였다. 3안은 KEI(2022)의 배출원 산정 범위를 적용한 ‘선행연구 기준’으로, 운영시 고정연소시설과 전력 사용에 따른 연간 배출량만을 포함하였다. 각 기준안에 따라 사업유형별 평균 배출량을 산정하고, 현행 기후변화영향평가 대상 사업과 선행연구에서 제시한 온실가스 다배출 사업의 배출 수준을 비교하여 확대 검토 후보를 도출하였다.

공사시의 훼손수목 및 토지이용변화에 따른 탄소저장량 손실과 운영시의 훼손수목에 따른 연간 탄소흡수량 손실은 보조지표로 별도 검토하였다. 다만 해당 지표가 산정된 평가서 수가 제한적이므로, 세 기준안에 따른 사업유형별 평균 온실가스 배출량 산정에는 포함하지 않았다.

III. 결과 및 고찰

1. 사업별 일반 특성 분석

분석 대상 사업의 규모, 공사 기간, 산림면적률 및 훼손수목 등 일반적인 사업 특성을 비교·분석하였다(Table 5). 사업별 일반 특성 분석 결과, 특정지역 개발 사업은 평균 사업 면적이 약 361만m²에 달하여 타 사업 유형보다 약 2~6배 큰 사업 면적을 보였다. 선행 사업으로 사업 규모가 길이 단위(km)로 제시되는 철도 건설 사업과 하천 개발 사업의 경우, 철도 건설 사업의 평균 사업 길이는 약 44.8km, 하천 개발 사업의 평균 길이는 약 18.1km로 나타났다. 관광단지 개발과 체육시설 설치 사업은 산림면적률이 각각 70.6%와 81.8%에 달하며, 훼손수목도 각각 47,000주 이상으로 수목 손실 규모가 가장 큰 사업 유형으로 확인되었다. 토석등의 채취 사업은 면형 사업 중 사업 면적은 가장 작았으나 산림면적률이 82.7%로 가장 높았으며, 훼손수목 또한 23,925주로 상당한 수준으로 나타났다.

2. 사업별 온실가스 배출량 특성 분석

사업 유형별 온실가스 배출 특성을 비교하기 위해 공사시와 운영시로 구분하여 배출량을 분석하였다. 공사시에는 연간 배출량과 총 배출량을, 운영시에는 연간 배출량 및 고정연소·전기사용에 따른 배출량을 중심으로 비교하였다(Table 6, Figure 1 (i)~(iii)).

Table 5. General Characteristics of the Analyzed Projects by Project Type

Project Type	No. of EIA reports analyzed	Project area		Project length		Construction period		Forest area ratio		Damaged trees		Transplantation rate	
		No. of reports	Mean area (m ²)	No. of reports	Mean length (km)	No. of reports	Mean period (yr)	No. of reports	(%)	No. of reports	No. of damaged trees	No. of reports	(%)
Tourism complex development	30	30	1,354,401	-	-	30	3.0	30	70.6	27	47,803	28	9.5
Sports facility establishment	30	30	1,667,896	-	-	30	2.5	30	81.8	30	47,238	30	8.1
Earth, stone, sand, gravel, and mineral extraction	30	30	573,558	-	-	30	20.4	27	82.7	26	23,925	26	6.3
Particular area development	30	30	3,615,292	-	-	29	5.3	30	35.6	17	35,867	17	9.7
Harbor development	30	30	1,293,796	-	-	27	3.8	-	-	3	4,350	-	-
River use and development	23	-	-	23	18.1	21	3.0	9	7.3	3	4,927	1	11.0
Railroad construction	30	-	-	30	44.8	30	5.6	8	31.9	19	10,772	12	20.2

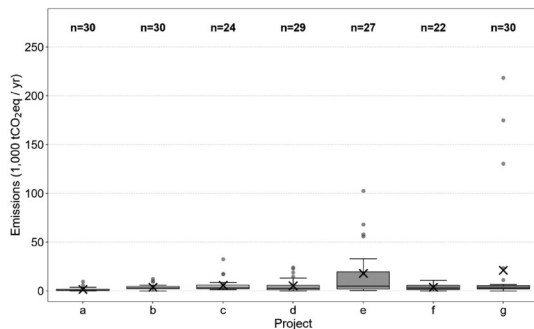
Table 6. Greenhouse Gas Emission Characteristics by Project Type

Project Type	No. of EIA reports analyzed	Annual GHG emissions during construction		Total GHG emissions during construction		Annual GHG emissions during operation		Annual operational emissions (stationary combustion + electricity use)	
		No. of reports	Mean emissions (tCO ₂ eq/yr)	No. of reports	Mean emissions (tCO ₂ eq)	No. of reports	Mean emissions (tCO ₂ eq/yr)	No. of reports	Mean emissions (tCO ₂ eq/yr)
Tourism complex development	30	30	1,601	30	3,558	27	15,009	25	14,841
Sports facility establishment	30	30	3,830	30	10,885	23	28,899	21	21,500
Earth, stone, sand, gravel, and mineral extraction	30	24	5,920	22	141,484	-	-	-	-
Particular area development	30	29	5,339	28	37,300	26	329,325	25	299,911
Harbor development	30	27	18,040	27	60,785	11	192,008	8	203,804
River use and development	23	22	3,709	22	11,228	1	379	-	-
Railroad construction	30	30	21,099	30	85,649	25	26,391	23	28,449

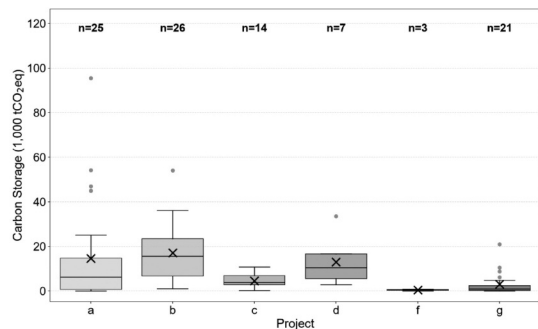
Note: For earth and stone, sand, gravel, and mineral extraction projects, emissions generated during the extraction period were classified as construction-phase emissions.

토석등의 채취 사업은 채취 기간 동안 운영되는 공사 장비의 배출량이 합산됨에 따라 공사 시 총 배출량이 가장 많은 사업으로 나타났다. 철도 건설 사업은 공사 시 총 배출량이 두 번째로 많은 사업으로 나타났다. 다만 공사 시 총 배출량의 최대값은 철도 건설 사업에서 확인되었으며, 공사 시 연간 배출량도 철도 건설 사업에서 가장 크게 나타났다.

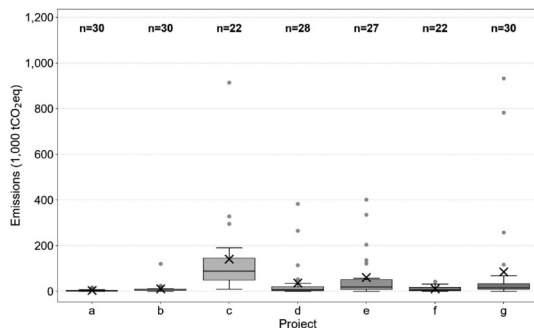
운영 시 연간 배출량이 가장 많은 분야는 특정지역 개발 사업(329,325tCO₂eq/yr)이었으며, 항만 건설 사업(192,008tCO₂eq/yr)이 두 번째로 연간 배출량이 많은 사업으로 나타났다. 운영 시 고정연소 및 전기사용 배출량만을 기준으로 평가한 경우에도 이와 유사한 수준으로 나타났다.



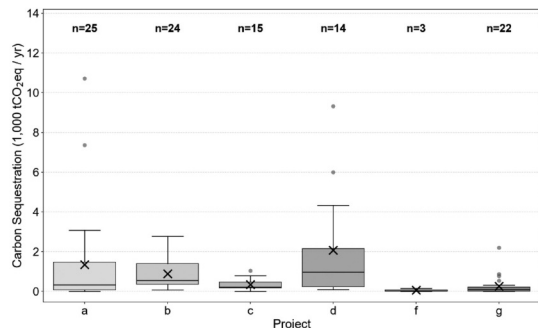
(i) Annual GHG emissions during construction



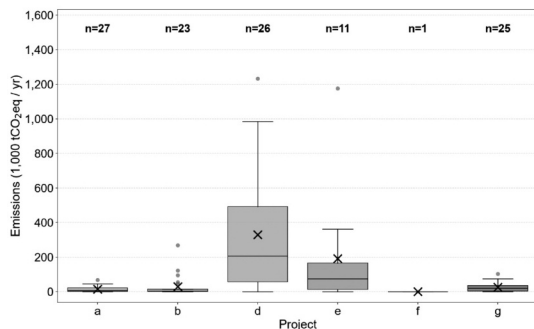
(iv) Carbon storage loss from damaged trees



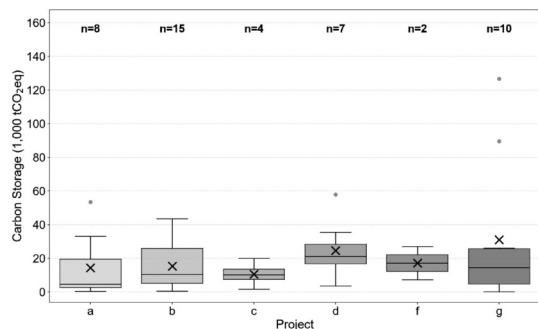
(ii) Total GHG emissions during construction



(v) Annual carbon sequestration loss from damaged trees



(iii) Annual GHG emissions during operation



(vi) Carbon storage loss from land-use change

Note: The project types corresponding to labels a–g are as follows: a = tourism complex development; b = sports facility establishment; c = earth and stone, sand, gravel, and mineral extraction; d = particular area development; e = harbor development; f = river use and development; g = railroad construction

Figure 1. GHG emissions and lost carbon storage and sequestration by project type

3. 사업별 탄소흡수원 손실 특성 분석

사업 시행에 따른 탄소흡수원 손실 특성을 파악하기 위해 훼손수목에 따른 탄소저장량 및 탄소흡수량, 그리고 토지이용변화에 따른 탄소저장량을 분석하였다(Table 7, Figure 1 (iv)~(vi)). 훼손수목에 따른 탄소저장량은 사업으로 인해 훼손되는 수목이 가지고 있던 탄소저장량을 의미한다. 훼손수목에 따른 탄소저장량 손실은 체육시설 설치 사업에서 평균 17,056tCO₂eq로 가장 많았으며, 관광단지 개발 사업이 14,644tCO₂eq로 뒤를 이었다. 해당 사업들은 대규모의 사업 면적(평균 1백만 m² 이상)과 높은 산림면적률(81.8%, 70.6%)에 따라 훼손수목이 다량 발생하였다. 이에 따라 훼손수목으로 인한 탄소저장량 손실도 크게 나타났다. 특정지역 개발 사업에서는 산림면적률이 평균 35.6%로 비교적 낮은 수준이나, 평균 사업 면적이 체육시설 설치 및 관광단지 개발 사업의 2배 이상으로 나타나 탄소저장량 손실도 평균 13,046tCO₂eq로 높은 수준을 보였다.

훼손수목에 따른 탄소흡수량은 수목이 훼손되지 않았다면 매년 흡수할 것으로 예상되는 탄소흡수량을 의미하며, 단발적 손실인 탄소저장량과 달리 매년 지속적으로 발생하는 영향에 해당한다. 특정지역 개발 사업의 연간 탄소흡수량 손실은 2,069tCO₂eq/yr로 가

장 높게 나타났다.

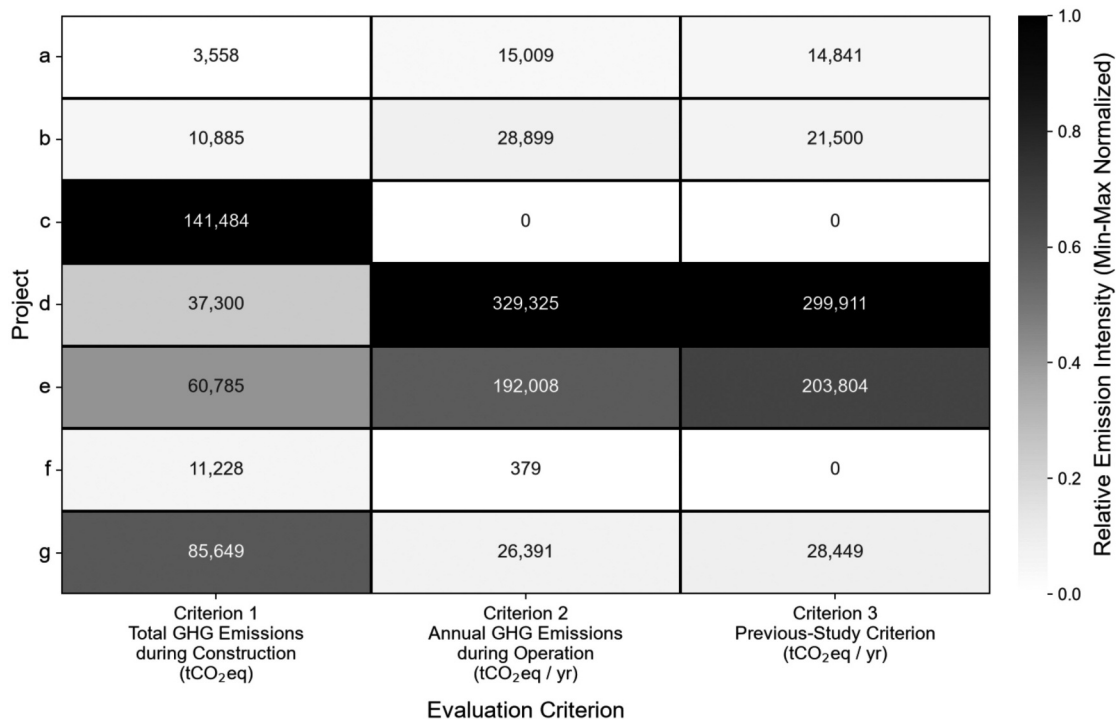
토지이용변화에 따른 탄소저장량 손실은 토지이용변화에 따른 토양의 유기탄소 축적량 변화이며(MOE, 2015), 단발적으로 발생하는 손실량에 해당한다. 철도 건설 사업에서 평균 31,043tCO₂eq로 토지이용변화에 따른 탄소저장량 손실이 가장 크게 나타났다.

4. 기준안별 확대 필요 사업 도출

세 가지 온실가스 영향 평가 기준안(공사 시 총배출량 기준, 운영 시 연간배출량 기준, 선행연구 기준)을 적용하여 사업 유형별 온실가스 영향 수준을 비교하고, 이를 바탕으로 기후변화영향평가 확대가 필요한 사업을 도출하였다(Figure 2). 이때 기준안 간 정량적 비교의 일관성을 확보하기 위해 훼손수목 및 토지이용변화에 따른 탄소저장량 손실과 탄소흡수량 손실은 1안(공사 시 총배출량 기준)과 2안(운영 시 연간배출량 기준)의 산정에서 제외하였다. 공사 시 총배출량 기준(1안) 측면에서는 토석 채취 기간을 공사 기간으로 간주한 토석 채취 사업이 평균 141,484tCO₂eq로 가장 많은 배출량을 보였다. 토석 채취 기간은 평균 20.4년으로, 다른 사업 유형의 평균 공사 기간인 2.5~5.6년보다 최대 8배 이상 길어 공사 시 총 배출량도 매우 크게 나타났다. 철도

Table 7. Carbon sink loss characteristics by project type

Project	No. of EIA reports analyzed	Carbon storage loss from damaged trees		Annual carbon sequestration loss from damaged trees		Carbon storage loss from land-use change	
		No. of reports	Carbon storage (tCO ₂ eq)	No. of reports	Carbon sequestration (tCO ₂ eq/yr)	No. of reports	Carbon storage (tCO ₂ eq)
Tourism complex development	30	25	14,644	25	1,342	8	14,399
Sports facility establishment	30	26	17,056	24	890	15	15,361
Earth, stone, sand, gravel, and mineral extraction	30	14	4,570	15	338	4	10,581
Particular area development	30	7	13,046	14	2,069	7	24,665
Harbor development	30	-	-	-	-	-	-
River use and development	23	3	464	3	56	2	17,183
Railroad construction	30	21	3,036	22	262	10	31,043



Note: The project types corresponding to labels a–g are as follows: a = tourism complex development; b = sports facility establishment; c = earth and stone, sand, gravel, and mineral extraction; d = particular area development; e = harbor development; f = river use and development; g = railroad construction

Figure 2. GHG emission characteristics by project type

건설 사업은 평균 배출량이 85,649tCO₂eq로 다른 사업 유형에 비해 공사 시 배출량이 높은 것으로 나타났다. 철도는 차량 또는 항공기에 비해 여객 1인당 온실가스 배출량이 낮아 탄소중립 관점에서 권장되는 교통수단이나, 철도 건설 사업은 공사 단계에서 온실가스 배출량이 상대적으로 크게 발생하므로 공사 시 배출량 저감 측면의 관리가 필요하다.

운영 시 연간배출량 기준(2안) 분석 결과, 특정지역 개발 사업과 항만 건설 사업에서 연간 배출량은 각각 약 30만tCO₂eq/yr, 20만tCO₂eq/yr에 달해 다른 사업 유형에 비해 온실가스 영향이 매우 크게 나타났다. 운영 시 고정연소 및 전기사용에 따른 배출량만 평가한 선행 연구 기준(3안)으로 평가한 결과 또한 각각 299,911tCO₂eq/yr, 203,804tCO₂eq/yr로 나타나 기존 온실가스 다배출 그룹의 기준을 상회하는 수준임을 확인하였다.

이러한 결과를 종합하면, 온실가스 영향 특성에 따

라 기후변화영향평가 대상 확대가 필요한 사업 유형이 구분된다. 공사 시 총배출량 기준(1안) 측면에서는 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업과 철도 건설 사업이 주요 관리 대상으로 도출된다. 운영 시 연간배출량 기준(2안) 측면에서는 기존 온실가스 다배출 그룹을 상회하는 특정지역 개발 사업과 항만 건설 사업이 우선적인 확대 대상 사업으로 판단된다.

5. 고찰

분석 결과는 기후변화영향평가 대상 사업 확대 기준에 대해 세 가지 시사점을 제공한다.

첫째, 현재 기후변화영향평가 대상에서 제외된 분야 중에서도 온실가스 배출 영향이 상대적으로 큰 사업 유형이 존재함을 확인하였다. 특히 특정지역 개발 및 항만 건설 사업은 운영 시 온실가스 배출량이 현행 대상 사업 수준을 상회하는 경향을 보여, 현행 대상 기준에서 충분히 고려되지 않은 온실가스 배출 영향이 존재

할 수 있음을 시사한다. 따라서 이들 사업 유형은 향후 기후변화영향평가 대상 확대를 검토함에 있어 우선적으로 고려될 필요가 있다.

둘째, 현행 대상 사업 선정 기준에서 충분히 고려되지 않았던 공사 시 온실가스 배출의 중요성을 확인하였다. 철도 건설 사업은 운영 시 배출량은 상대적으로 낮으나, 공사 단계에서 높은 배출 특성을 보였다. 이는 사업 전 과정(Life cycle)을 고려한 온실가스 영향 평가의 필요성을 시사하며, 운영 단계 배출량 중심의 현행 대상 선정 기준만으로는 일부 사업의 온실가스 영향을 충분히 평가하기 어려울 수 있음을 보여준다. 따라서 공사 단계 배출량이 큰 사업 유형에 대해서는 공사 시 배출 특성을 반영한 평가 및 관리 기준을 검토할 필요가 있다.

셋째, 탄소저장량 및 탄소흡수량 분석을 통해 탄소흡수원 손실이 중요한 환경 영향 요소로 작용할 수 있음을 확인하였다. 특히 체육시설 설치 및 관광단지 개발 사업은 산림 훼손에 따른 탄소흡수원 감소가 크게 나타났다. 이는 향후 기후변화영향평가에서 배출량뿐 아니라 탄소흡수원 변화를 함께 고려하는 평가 기준의 필요성을 시사하며, 토지이용변화와 산림 훼손에 따른 탄소저장·흡수 기능의 감소를 평가 체계에 반영할 필요가 있음을 보여준다. 다만 탄소저장량 및 탄소흡수량 산정 자료가 제한적인 점을 고려할 때, 흡수원 보전 측면의 관리 기준을 마련하기 위해서는 산정 방법의 표준화와 관련 자료의 축적이 병행될 필요가 있다.

이러한 분석 결과를 종합할 때, 기후변화영향평가 대상 사업의 확대는 단계적으로 검토될 필요가 있다 (Choi, 2024; Han, 2022). 기존 대상 사업을 중심으로 제도 운영의 안정성을 확보하는 '제도 정착 단계'를 거친 이후, 일정 규모 이상의 온실가스 배출 또는 탄소흡수원 손실이 예상되는 사업을 중심으로 평가 대상을 점진적으로 확대하는 방안을 고려할 수 있다. 특히 본 연구에서 도출된 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업, 철도 건설 사업, 특정지역 개발 사업 및 항만 건설 사업은 배출 규모 및 발생 특성 측면에서 향후 확대 검토 대상 사업으로 고려될 수 있다. 이 중 특정지역 개발 사업과 항만 건설 사업은 운영 단계의 배출량이 기존 온실가스 다배출 그룹의 기준을 상회한다는 점에서 우선적인

확대 검토 대상이 될 수 있으며, 철도 건설 사업과 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업은 공사 단계 배출량 관리 측면에서 별도의 검토가 필요한 사업 유형으로 판단된다. 또한 체육시설 설치 및 관광단지 개발 사업과 같이 산림 훼손에 따른 탄소흡수원 손실이 큰 사업 유형에 대해서는, 사업 입지에 따른 산림 훼손 정도 등 탄소흡수원 영향을 반영할 수 있는 세부 기준 마련에 대한 추가적인 논의가 필요할 것으로 판단된다.

이러한 접근은 기후변화영향평가 제도의 적용 범위를 점진적으로 확장하는 데 기여할 수 있으며, 사업 전 과정에서 온실가스 배출과 탄소흡수원 변화를 보다 체계적으로 고려하는 기반을 마련하는 데 의미가 있을 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 환경영향평가서 내 온실가스 항목의 정량적 분석을 통해 현행 기후변화영향평가 대상에서 제외된 사업 유형의 온실가스 배출 및 탄소흡수원 손실 특성을 정량적으로 분석하고, 이를 토대로 대상 사업 확대 가능성을 검토하였다. 사업 유형에 따라 공사 시와 운영 시 온실가스 배출 구조가 상이하게 나타났으며, 일부 사업에서는 현행 대상 사업 기준을 상회하는 온실가스 배출이 확인되었다. 또한 산림 훼손이 수반되는 사업의 경우 탄소흡수원 손실이 중요한 영향 요소로 작용함을 확인하였다.

이러한 분석을 통해 본 연구는 기후변화영향평가 대상 사업 선정 기준이 운영 시 배출량 중심으로 설정된 기존 접근의 한계를 보완하고, 공사 시 배출 및 탄소흡수원 변화를 포함한 통합적 영향 분석의 필요성을 제시하였다. 특히 사업 유형별 배출 특성에 따라 공사 시 배출 비중이 높은 사업과 운영 시 연간배출량이 큰 사업이 구분될 수 있음을 확인하였으며, 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업, 철도 건설 사업, 특정지역 개발 사업 및 항만 건설 사업이 향후 기후변화영향평가 대상 확대 검토 대상이 될 수 있음을 제시하였다. 또한 체육시설 설치 및 관광단지 개발 사업과 같이 산림 훼손에 따른 탄소흡수원 손실이 큰 사업 유형에 대해서는 배출량 중심의 기준뿐 아니라 흡수원 변화에 대한 고려

가 필요함을 확인하였다. 이러한 결과는 기후변화영향평가 제도의 적용 범위를 보다 정교하게 설정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 사업 전 과정에서의 온실가스 영향 관리 체계 구축에 기여할 가능성을 보여준다.

본 연구는 7개 사업 유형별로 최대 30건의 평가서를 대상으로 분석을 수행하였다는 점에서 분석 대상의 범위가 제한적이며, 환경영향평가서별 온실가스 배출량 및 탄소흡수원 산정에 대한 기재 수준의 차이가 분석 결과에 일부 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 그럼에도 본 연구는 현행 기후변화영향평가 비대상 사업에 대한 논의를 개별 사례나 제도적 필요성 차원에서 머무르지 않고, 실제 협의가 완료된 환경영향평가서 자료에 기반하여 검토하였다는 점에서 의의가 있다. 향후에는 모든 환경영향평가 대상 사업 유형에 대해 신규 협의 사례를 지속적으로 축적하고, 공사 시 배출량, 운영 시 연간배출량, 탄소흡수원 손실 및 입지 특성을 비교 가능한 방식으로 산정·관리할 수 있는 기준을 마련할 필요가 있다. 이러한 후속 연구는 기후변화영향평가 대상 사업 확대의 우선순위를 보다 객관적으로 설정하고, 사업 특성을 반영한 평가 기준을 정교화하는 데 기여할 수 있을 것이다.

사사

본 연구는 기후에너지환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 ICT기반 환경영향평가 의사결정 지원 기술 개발사업(과제번호: RS-2020-KE000774)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- 최승훈. (2024). 기후변화영향평가의 법제 개선방안 - ‘기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법’ 등 관계 법령의 검토를 중심으로 -. 저스 티스, 204, 458-490.
- Choi, S. H. (2024). Proposing improvements for Climate Change Impact Assessment legislation. *The Justice*, 204, 458-490. <https://doi.org/10.29305/tj.2024.10.204.458>
- 한민지. (2022). 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색 성장 기본법에 따른 기후변화영향평가의 의의와 향후과제. *환경법연구*, 44(1), 101-137.
- Han, M. J. (2022). The implications and Challenges of Climate Change Impact Assessment according to the Framework Act on Green Growth, carbon neutrality for response to climate crisis. *Environmental Law Review*, 44(1), 101-137. <https://doi.org/10.35769/elr.2022.44.1.004>
- 한상운, 마아랑. (2021). 탄소중립기본법의 의미와 향후 법적 과제. *법과정책연구*, 21(4), 123-146.
- Han, S. U., & Ma, A. R. (2021). The meaning of the Framework Act on Carbon Neutrality and future legal tasks. *Journal of Law and Politics Research*, 21(4), 123-146. <https://doi.org/10.17926/kaolp.2021.21.4.123>
- 정현모, 김해란, 김덕엽, 장인영, 강성룡. (2022). 환경영향평가 온실가스 항목 내 훼손수목의 탄소저장량 평가 개선을 위한 제언. *생태와 환경*, 55(4), 330-340.
- Jeong, H. M., Kim, H. R., Kim, D. Y., Jang, I. Y., & Kang, S. R. (2022). A study of improvement on estimation methodology of carbon storage amount by damaged trees for Environmental Impact Assessment. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 55(4), 330-340. <https://doi.org/10.11614/KSL.2022.55.4.330>
- 김요섭, 한민지, 최고봉, 김민철. (2022a). 기후변화영향평가 제도 도입과 탄소배출 산업 관점의 논의. *에너지공학회 논문집*, 31(1), 9-15.
- Kim, J. S., Han, M. J., Choi, G. B., & Kim, M. C. (2022a). A brief review on Climate Change Impact Assessment (CCIA). *Journal of Energy Engineering*, 31(1), 9-15. <https://doi.org/10.5855/ENERGY.2022.31.1.009>
- 김유미, 조한나, 최현진, 이지예, 이영수, 송영일. (2022b). 기후위기 대응을 위한 기후변화영향평가의 시작. *KEI 포커스*, 10(12).
- Kim, Y. M., Cho, H. N., Choi, H. J., Lee, J. Y., Lee, Y. S., & Song, Y. I. (2022b). The beginning of climate

- change impact assessment for climate crisis response. *KEI Focus*, 10(12). https://www.kei.re.kr/board.es?mid=a10102020000&bid=0028&act=view&list_no=58115&nPage=1&b_list=10&orderby=&dept_code=&tag=&list_no_arr=&keyField=&keyWord=
- 한국환경연구원. (2022). 기후변화영향평가 관련 추진 체계 마련 연구.
- Korea Environment Institute. (2022). *A study on establishing an implementation framework for Climate Change Impact Assessment*. https://www.kei.re.kr/elibList.es?act=view&c_id=760169&elibName=research report&mid=a10101030000
- 이준서. (2021). 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색 성장 기본법의 제정 의의와 그 이행을 위한 향후 과제. *환경법연구*, 43(3), 243-277.
- Lee, J. S. (2021). The significances and challenges of the Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth to cope with climate crisis. *Environmental Law Review*, 43(3), 243-277. <https://doi.org/10.35769/elr.2021.43.3.007>
- 환경부. (2015). 온실가스 항목 환경영향평가등 평가지침. Ministry of Environment. (2015). *Evaluation guidelines for greenhouse gas items in Environmental Impact Assessment, etc.*