



친환경 건축 자재로서의 목재: LCI DB 구축의 중요성

Wood as an Eco-friendly Building Material: The Importance of Establishing an LCI Database

전진우* · 이정훈**

Jin-U Jeon* · Jeonghun Lee**

* Bachelor's Course Student, Dept. of Bio-Based Materials, Chungnam National Univ., Daejeon, South Korea (201903005@o.cnu.ac.kr)

** Corresponding author, Assistant Professor, Department of Bio-based Materials, Chungnam National Univ., Daejeon, South Korea (jh.lee@cnu.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: With the intensification of climate change, global initiatives to reduce carbon emissions are gaining momentum. A key approach to mitigating carbon emissions is the sustainable utilization of wood, particularly through its application in the construction sector. Life Cycle Assessment (LCA) is indispensable for quantifying the environmental benefits of timber-structured buildings. To conduct such evaluations effectively, comprehensive databases on construction materials are essential; however, South Korea lacks sufficient research on wood products to support these evaluations. **Method:** International databases, such as Ecoinvent and Environmental Product Declarations (EPD), were examined, along with South Korean resources, including domestic Environmental Product Declarations and reports from the Korea Forest Service, to analyze differences and identify research needs. **Result:** The comparative analysis highlights that international LCI databases are extensively developed, providing detailed step-by-step data on wood product manufacturing processes, with a diverse range of wood products registered in the EPD system. In contrast, South Korean databases are limited to individual products, with fewer registered items, underscoring a critical gap. The lack of a comprehensive LCI database impedes thorough environmental evaluations. Consequently, future research should focus on establishing and regularly updating an LCI database for construction wood products to enable rigorous quantitative assessments and comparisons of the environmental benefits associated with sustainable wood use.

KEYWORD

목재
공학목재
목구조 건축물
전과정평가

Timber
Engineered Wood
Wooden Structures
Life Cycle Assessment

ACCEPTANCE INFO

Received Nov. 18, 2024

Final revision received Dec. 5, 2024

Accepted Dec. 11, 2024

© 2024. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

급격히 진행되는 기후 변화로 인해 환경 문제가 전 세계적으로 중대한 이슈로 대두되고 있다. 기후 변화에 관한 정부간 협의체(The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 기후 변화 대응을 위한 국제적 논의의 장을 제공해 왔으며, 1995년부터 매년 당사국 총회(Conference of Parties, COP)가 개최되고 있다. 이러한 국제적 노력의 일환으로, 탄소 배출 저감을 위해 산림 자원의 중요성이 강조되고 있으며, 산림 면적의 확장과 목재의 지속 가능한 활용이 기후 변화 대응에 필수적인 요소로 확인되고 있다.

목재의 활용 방식으로는 펄프, 펠릿, 구조재, 가구 등 다양한 방법이 있으며, 그중에서도 목재를 건축자재로 활용하여 목구조 건축물을 짓는 방법이 주목받고 있다. 이는 목재를 장기간 사용함으로써 탄소를 효과적으로 저장할 수 있기 때문이다. 목재를 활용한 주요 건축 자재로는 집성재, 교차층층목재(Cross Laminated Timber, CLT), 합판, 적층베니어목재(Laminated Veneer Lumber, LVL) 등이 있다. 여러 국가들이 목재를 사용한 건축물의 건설을 추진하고 있으며, 이러한 목구조 건축물의 환경적 이점을 정량적으로 평가하기 위

한 방법으로 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)가 활용된다. LCA 평가는 ISO 14040 기준을 따르고 있으며, 국내에서도 LCA 평가를 위해 LCI DB 구축이 진행되고 있다. 본 연구는 목구조 건축물의 LCA 평가를 위한 준비 단계로서, 현재 국내외 LCI DB의 현황을 비교하고 향후 필요한 연구 방향을 고찰할 것이다.

1.2. 연구의 방법

목구조 건축물 LCA 평가에 활용할 목재 제품 LCI Database 구축을 위해, 해외와 국내의 LCI DB를 선정하여 목재 제품 LCI DB의 구축 현황을 분석할 것이다. 분석 대상 제품은 건축 재료로 사용되는 목재 제품으로 한정하며, 선정된 각각의 Database에서 목재 제품과 관련된 정보를 목록화 할 것이다. 이를 바탕으로 각각의 목록을 비교하고, 선행 연구들을 검토하여 국내에 필요한 목재 제품 LCI DB 구축 방안을 제시하고자 한다.

해외 LCI DB 중 지역적 경계가 전세계로 설정되어 있어 많은 나라에서 가장 많이 사용하고 있는 스위스의 'Ecoinvent'와 스웨덴에서 설립하여 운영되어 오고 있는 '국제 EPD 시스템(The International EPD System)'를 분석할 것이며, 국내 LCI DB로는 환경부의 '환경성적표지' 인증을 받기 위해 구축하고 있는 국가 LCI DB와 산림청에서 구축한 목재 LCI DB를 분석할 것이다.

2. 목구조 건축물

2.1. 목구조 건축물의 정의 및 이점

목구조 건축물이란 건물의 주요 구조부(뼈대)가 목재로 구성된 구조(가구식 구조체)를 의미한다. 목구조 건축물에는 크게 통나무 구조 방식, 중목구조 방식, 기둥-보 구조 방식, 경량목구조 방식이 포함된다.

목구조 건축물의 주재료인 목재는 친환경성, 인체 무해성, 공사 기간 단축, 차음 성능 등의 다양한 장점을 지니고 있다. 그중에서도 목재의 가장 큰 장점은 높은 비강도이다. 목재의 세포벽을 구성하는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스는 벌집 모양으로 배열되어 비강도를 높게 만든다. 비강도가 높다는 것은 내진 성능이 우수하다는 장점이 있다[1]. 또한, 목재는 재생 가능한 자원으로, 온실가스 배출을 줄일 수 있는 친환경 건축 자재로 평가된다. 이러한 장점 덕분에 여러 국가에서 목재를 건축에 활용하고 있다. 목재는 콘크리트와 같은 다른 재료보다 열전도율이 낮아 단열 성능이 우수하며, 내진 및 내풍 성능 또한 뛰어나다. 더불어 목재는 조습 능력을 갖추고 있어 실내 습도를 자연스럽게 조절하고, 실내 공기질을 개선하는 데 기여한다[2].

2.2. 목구조 건축물 사례

목구조 건축의 친환경적인 특성으로 인해 많은 국가에서 건축물에 목재를 사용하는 추세가 확대되고 있다. 일본에서는 2010년에 ‘공공건축물 목재이용 촉진에 관한 법률’을 제정하여 공공건축물에서 목재의 사용을 장려하고 있으며, 미국에서는 2017년 3월 7일에 ‘Timber Innovation Act (목재 혁신법)’을 제정하여 목조 건축물의 상업화와 기술 발전을 도모하고 있다[3].

최근에는 Mass Timber를 활용한 고층 목조 건축 사례가 증가하고 있으며, 전 세계적으로 많은 연구와 노력이 진행되고 있다. Fig. 1. 은 현재 세계에서 가장 높은 목조 건축물인 노르웨이의 ‘미에스토르네(Mjøstårnet) 호텔’이며, 높이는 85.4m, 층수는 18층 규모이다. 또한, 스위스에서는 ‘로켓앤타이거리(Rocket&Tigerli)’ 프로젝트를 통해 284ft (약 86.6m) 높이의 건물을 포함한 4개의 목조 건축물을 2026년에 완공할 예정이다.

국내에서는 2020년 11월 9일부터 ‘건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(약칭 : 건축물구조기준규칙)’에서 목구조 건축물의 높이 제한이 삭제되면서, 용도와 규모에 따라 구조와 화재 안전성에 대한 승인을 받으면 고층 목구조 건축이 가능해졌다. Fig. 2.는 현재 국내에서 가장 높은 목구조 건축물을 보여주며, 대전에 위치한 지상 7층, 27.6m 높이의 ‘산림복지종합교육센터’이다. 또한, 대전 유성구에는 지상 7층 규모의 ‘한국임업진흥원 신청사’가 건설될 예정이다.

국내에서는 목구조 건축물을 건설할 때 국산 목재만을 사용하려는 노력이 이어지고 있다. 앞서 언급한 두 건물 모두 국산 목재를 활용한 건축물이며, 구조용 집성재와 CLT와 같은 건축 자재가 많이 사용되고 있다. 또한, ‘공공건축물의 목재이용 촉진에 관한 법률안 발의’ 등을 통해 건축물에서 목재 사용을 확대하기 위한 법적 기반 마련에도 힘쓰고 있다.



Fig. 1. Mjøstårnet hotel
(<https://www.moelven.com/mjostarnet/>)



Fig. 2. General forest welfare education center
(<https://www.kmbeam.co.kr/case/case.php?ptype=view&idx=657&page=1&code=case>)

이처럼 다양한 목구조 건축물의 건설됨에 따라, 환경적 이점을 정량적으로 평가하기 위한 LCA 평가가 진행되고 있다.

3. 전과정평가

3.1. 정의

전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 환경영향평가 방법 중 하나로, 제품의 전 과정에 걸쳐 투입물과 배출물로 인해 발생하는 잠재적 환경 영향을 정량적으로 산출하고 평가하는 방법론을 의미한다. 이 방법론은 1960년대에 제품의 환경성을 비교하고 평가하기 위해 개발되었으며, 1997년 ISO 14040 규격이 공포된 이후 관심이 증가하여 다양한 분야에서 적용 사례가 늘고 있는 추세다. 국내에서도 2016년부터 친환경 건축물 인증 제도인 ‘녹색 건축 인증(G-SEED)’에서 전과정평가를 가산 항목으로 포함하여 적용하고 있다[4,5].

LCA는 Fig. 3.에 나타난 바와 같이 목적 및 범위 정의, 전과정 목록 분석(Life Cycle Inventory Analysis, LCI), 전과정 영향평가(Life Cycle Impact Assessment, LCIA), 그리고 전과정 해석의 단계로 구성된다. 목적 및 범위 정의 단계는 LCA의 수행 목적을 설명하고 평가 대상의 범위를 명확히 규정하는 단계이다. 전과정 목록분석은 각 공정에 대한 데이터를 수집하고 취합하여 분석하는 과정으로, 단위 공정을 설정하고 시스템 공정도를 작성한다. 이 단계에서는 시스템 경계 내의 모든 단위 공정에 대해 데이터를 수집해야 하며, 수집되는

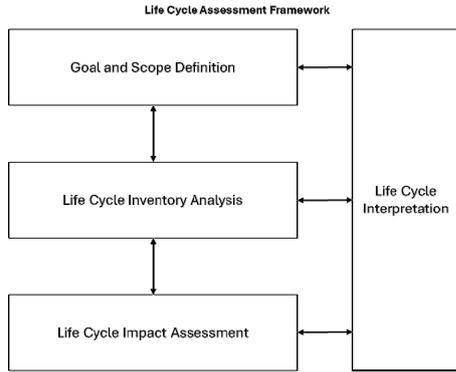


Fig. 3. Life cycle assessment framework

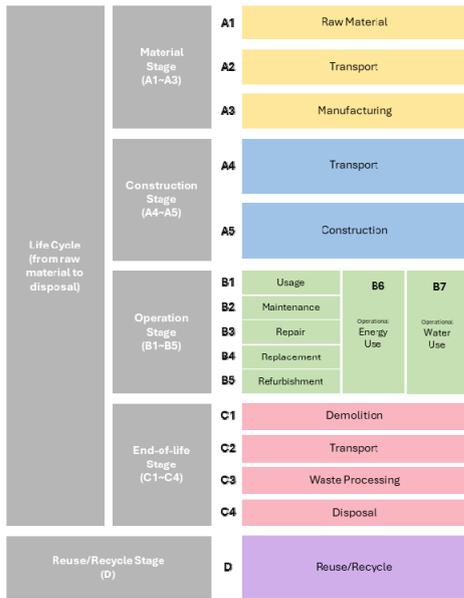


Fig. 4. Life cycle of building

데이터 유형으로는 투입 에너지, 투입 원료, 보조 투입물, 기타 물리적 투입물과 제품, 부산물 및 폐기물, 자연으로의 배출물, 방출물 등이 포함된다. 해당 단계에 따라 각 국가에서는 고유의 LCIDB를 구축하고 있으며, 스위스의 Ecoinvent DB가 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있다. 각 DB는 지리적 경계를 가지고 있으며, 제품 및 서비스의 투입물과 산출물의 정보가 구축되어 있다. 국내에서는 한국환경산업기술원에서 국가 LCIDB를 구축하고 있다. 전과정 영향평가 단계에서는 목록 데이터를 활용하여 각 환경영향 범주에 따른 환경영향을 평가한다. 대표적인 환경영향 범주에는 지구온난화, 오존층 감소, 자원감소, 산성화 등이 있으며, 그중 지구온난화 항목만을 평가하는 경우, 전과정 탄소 배출량(Life Cycle CO₂, LCCO₂)이라고 칭한다. 마지막으로 전과정 해석 단계는 LCA 전 과정에서 도출된 결과를 분석하고 결론을 도출하는 과정으로, 각 단계의 결과를 종합적으로 검토하여 수행된다. 이와 같은 전과정평가 과정은 개별 단계들이 상호 연계되어 수행될 수 있다[6].

본 연구는 전과정 목록분석(LCI) 단계에서 목구조 건축물에 대한 국내·외 데이터를 조사하고, 해당 연구의 필요성을 분석하는 것을 목표로 한다.

3.2. 건축물 전과정평가

국내에서 시행 중인 ‘녹색건축인증(G-SEED)’에 따르면, 건축물의 전과정에서 발생하는 지구온난화 물질에 대한 평가는 자재 생산 단계, 시공 단계, 사용 단계, 폐기 및 재활용 단계로 구분된다. Fig. 4.는 건축물의 전생애주기를 시각적으로 표현한 그림이다[6,7]. 구체적으로, A1~A3 단계는 건축 자재를 생산하는 과정이며, A4~A5 단계는 생산된 자재를 현장에서 건축물로 시공하는 과정을 나타낸다. B1~B5 단계는 완공된 건축물이 사용 및 운영되는 단계를 의미하며, C1~C4 단계는 사용이 완료된 건축물을 철거하고 폐기하는 과정을 포함한다. D 단계는 철거된 자재를 재사용하거나 재활용하는 단계를 의미한다.

홍태훈 외 2인(2012)은 전과정평가(LCA) 방법을 활용하여 건축물의 환경영향 평가 방법에 대한 연구를 수행하였고[8], 최두성, 전홍찬(2013)은 공동주택을 대상으로 탄소배출 평가기준 및 평가방법을 단순화된 LCA 방식을 통해 구축하는 연구를 진행하였다[9]. 서성모 외 2인(2014)은 탄소성적표지인증을 받은 건축자재의 현황과 탄소 배출 특성을 분석한 연구를 발표하였다[10]. 이처럼 많은 연구자들이 건축물의 친환경성을 전과정평가를 통해 평가하고자 하는 연구를 지속적으로 수행하고 있으며, 이를 뒷받침하기 위해 건축재료 관련 데이터베이스도 꾸준히 추가 및 관리되고 있다.

서론에서 언급했듯이, 국내에서 목구조 건축물의 높이에 대한 제한이 없어지면서 대형화 및 고층 목구조 건축물의 계획과 건설이 활발해지고 있으며, 이에 따라 목구조 건축물에 대한 LCA의 중요성도 더욱 부각되고 있다.

장운성 외 6인(2016)은 국산 구조용 집성재의 환경부하를 정량화하기 위해 전과정평가를 수행하였으며[11], 장운성 외 5인(2017)은 목구조주택의 온실가스 배출량을 평가하기 위한 간이 전과정평가 틀을 개발하는 연구를 진행하였다[12].

또한, 목재를 활용한 건축물 리모델링도 가능하다. 김소현 외 4인(2024)은 BIM과 LCA를 이용하여 건축물의 리모델링에 따른 온실가스 배출량을 Wood panel과 Metal panel 등을 비교 분석하는 연구를 수행하였다[13]. 이처럼 목구조 건축물의 친환경성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, LCA를 통한 분석이 중요한 도구로 자리 잡고 있다.

3.3 Environmental Product Declaration (EPD)

Environmental Product Declaration (EPD)는 ISO 14025 표준에 따른 ISO 유형 III의 환경 선언이다. 환경 제품 선언이라고도 불리며, 제품 및 서비스의 수명 주기에 따른 환경 영향을 투명하고 검증된 방식으로 제공하여, 비교 가능한 정보를 제공하는 역할을 한다. EPD는 LCA를 기반으로 한 최종 보고서 형태이며, 제품의 전체 생애 주기에 걸친 환경 성과를 평가할 수 있도록 한다. EPD 프로그램의 틀 내에서 작성되며 등록된다. 전세계적으로 International EPD System에 가장 많은 제품이 등록되어 사용되고 있으며, 국내에서는 ‘환경성적표지’라는 명칭으로 제품들이 등록되어 있다. 등록된 EPD는 라이브리리를 통해 누구나 무료로 다운로드를 할 수 있다.

Table 1. Wood-related database at Ecoinvent

Database	Type	Data name	Unit	
Ecoinvent	Silviculture and other forestry activities	Land already in use, annual cropland to forest, intensive	kg	
		Land already in use, pasture, man made to forest, intensive	kg	
		Land use change, forest, intensive	kg	
	Logging	Clefting/splitting of energy wood	hour	
		Debarking, hardwood, azobe	m ³	
		Debarking, hardwood, meranti	m ³	
		Debarking, softwood, in forest	kg, m ³	
		Delimiting, with excavator-based processor	hour	
		Forwarding, forwarder	hour	
		Hardwood forestry, azobe, sustainable fores management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, beech, sustainable forest management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, birch, sustainable forest management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, eucalyptus ssp., planted forest management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, meranti, sustainable forest management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, mixed species, sustainable forest management	kg, m ³	
		Hardwood forestry, oak, sustainable forest management	kg, m ³	
		Harvesting, forestry harvester	hour	
		Harvesting/bundling, energy wood harvester	hour	
		Skidding, skidder	hour	
		Softwood forestry, mixed species, boreal forest	kg, m ³	
		Softwood forestry, paraná pine, sustainable forest management	kg, m ³	
		Softwood forestry, pine, sustainable forest management	kg, m ³	
		Softwood forestry, spruce, sustainable forest management	kg, m ³	
	Sawmilling and planning of wood	Bark chips production	kg	
		Beam, raw, air drying to u=20%	kg	
		Beam, raw, kiln drying to u=10%, 20%	m ³	
		Board, raw, air drying to u=20%	m ³	
		Board, raw, kiln drying to u=10%, 20%	m ³	
		Lath, raw, air drying to u=20%	m ³	
		Lath, raw, kiln drying to u=10%, 20%	m ³	
		Planing, beam, u=10%, 20%	m ³	
		Planing, board, u=10%, 20%	m ³	
		Planing, lath, u=10%, 20%	m ³	
		Power sawing	m ³	
		Sawing and planing	m ³	
		Sawnwood production	m ³	
		Slab and siding	m ³	
		Suction	m ³	
		Wood preservation, dipping/immersion, solvent-based preservative	m ³	
		Wood preservation, hot/cold dipping, creosote	m ³	
		Wood wool production	m ³	
		Manufacture of veneer sheets and plating materials	Cross-laminated timber production	m ³
			Fibreboard production	kg, m ³
	Fibreboard production		kg, m ³	
	Glued laminated timbe		kg, m ³	
	Glued solid timber production		kg, m ³	
	Laminated timber element production, for outdoor use		kg, m ³	
	Medium density fibreboard production, uncoated		m ³	
	Oriented strand board production		kg, m ³	
	Particleboard production		kg, m ³	
	Particleboard production, uncoated, from virgin wood		kg, m ³	
	Plywood production		kg, m ³	
	Structural timber production		kg, m ³	
	Three and five layered board production		kg, m ³	
	Tubular particleboard production		m ³	
	Wood wool boards production, cement bonded		m ³	
	Manufacture of builders' carpentry and joinery		Door production	m ²
Engineered wood joist production (I-joist)		m		
Window frame production, wood		m ²		
Wood cladding production, softwood		m ² , m ³ , kg		

Table 2. Wood-related database at the international EPD

Database	Product category	Product
EPD	Construction	Plywood
		Cross Laminated Timber (CLT)
		X-LAM
		Glulam (MCA, CCA et al)
		Glued Laminated Timber
		Laminated Veneer Lumber (LVL)
		Medium Density Fiberboard (MDF)
		Particle Board (PB)
		Sylva (TM) CLT Rib
		Chipboard
		PLX portal
		Finnjoist (I-Joist)
		Wood tube stud
		Wood stud
		Pine wood parts
		Bottom products (End grain wood flooring, strip parquet et al)
		Open panel/Timber frame /Gable panel
		AMROC panel
		Cladding
		Tabla aserrada de pino radiata
		Graded structural timber
		VigoPlyL
		Classic sawn
		Classic planed
		Compact panel
		Shiluvit hardwood, Softwood

는 국제 EPD 시스템과 마찬가지로 ISO 14025 표준에 따른 Type 3 환경선언에 해당한다. 이 제도는 2001년 2월에 본격적으로 시행되었으며, 제품 및 서비스의 원료 채취, 생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기 등 전 과정에 걸친 환경성을 계량적으로 표시하여 환경성과를 제고하는 목적을 가지고 있다. 국내에서는 탄소발자국, 물발자국, 오존층 영향, 산성비, 부영양화, 광화학 스모그, 자원발자국 등의 환경 평가 범주를 선정하여 평가를 진행하고 있다. 한국환경산업기술원은 제품에 대한 환경 성적을 산정하는 데 필수적인 기초 데이터를 제공하기 위해, ISO 14044 절차에 따라 국가 LCI 데이터베이스(DB) 정보망을 개발하고 있다. 1998년 12월부터 LCI DB를 구축을 시작하여, 현재까지도 데이터를 꾸준히 추가하고 있다. 국내 LCI DB는 환경으로부터 채취하는 에너지 자원과 광물자원 등의 목록과, 환경으로 배출되는 대기 배출물, 수계배출물, 폐기물 등의 목록으로 구성되며, 이를 환경 영향 평가에 활용한다. 현재 총 747개의 LCI DB가 구축되어 있으며, 물질 및 부품 제조 분야 540개, 가공 공정 6개, 수송 103개, 폐기 98개로 이루어져 있다. Table 3.은 국가 LCI DB의 범주별 개수를 보여준다.

국내 LCI DB는 ‘환경기술산업 윈스톱 서비스’ 홈페이지에서 확인할 수 있으며, 환경부와 산업통상자원부에서 개발한 DB만을 제공하고 있다. 확인할 수 있는 목재 제품과 관련된 DB에는 파티클보드, 파

Table 3. Number of environmental product declaration LCI DB

Life cycle stage	Data categories	Number	Life cycle stage	Data categories	Number	
Manufacture of materials and components	Construction materials	61	Machining process	Plastics processing	1	
	Rubber	8		Parts machining	4	
	Metal	81		Other processing	1	
	Basic components	20	Transportation	Land transport	45	
		Basic chemicals		175	Air transportation	2
	Water resources	47		Ocean transportation	56	
	Energy	97	Disposal	Landfill	23	
	Pulp & Paper	9		Incineration	29	
	Plastic	8		Recycling	31	
	Other	34		Other	15	
	Total	747				

티클보드용 폐목재 재활용, 폐목 매립, 폐목 소각, 폐목 재활용 등이 포함되며 해당 평가계수에서 합판의 데이터를 확인할 수 있다[14]. 데이터베이스에는 보고서와 투입물 및 산출물의 정보가 구축되어 있다. 평가계수는 종류에 따른 환경 평가 결과만 확인할 수 있다.

5.2 국립 산림 과학원 및 한국 임업진흥원

국가 LCI DB에서는 국립 산림 과학원 및 한국 임업진흥원에서 구축한 데이터를 확인할 수 없으므로, 본 연구에서는 한국 임업진흥원의 보고서를 참고한다.

국립 산림 과학원은 2013년 12월에 ‘전과정평가를 통한 국산 원목의 수종별 온실가스 배출량 산정’의 연구 자료를 발행했다. 이 연구에서는 낙엽송, 잣나무, 소나무, 리기다소나무, 편백, 상수리나무(참나무류) 등 총 6가지의 수종에 대한 온실가스 배출량을 산정하였다. 원목 1m³ 생산을 단위로 하였으며, 양묘, 조림, 육림, 벌채, 수집의 단계를 시스템 경계로 설정하여 분석하였다[15].

한국 임업진흥원은 2017년에 ‘목재 국가 LCI DB 구축 보고서(2017_ver)’를 발행하였다. 이 보고서에는 총 15개의 목재 제품에 대한 환경영향평가 DB가 구축되어 있다. 건축 자재용 목재 제품으로는 난연 목재, 섬유판, 파티클보드, 방부목재, 합판, 목질 바닥재, 목재 플라스틱 복합재(Wood Plastic Composit, WPC), 제재목, 배향성 스트랜드 보드(Oriented Strand Board, OSB), 집성재가 포함되어 있다[16]. 또한, 보도자료에 따르면 2024년에 합판, 목질 바닥재, 방부목재, 난연목재, WPC가 갱신되었음을 확인할 수 있다. 산림청에 따르면 MDF, PB가 LCI DB에 새롭게 추가되었으며, CLT 벽체와 목재패널에 대한 DB도 현재 구축 중이다[17,18]. Table 4.는 국내 목재 제품과 관련하여 구축된 DB의 종류를 보여준다.

이러한 정보는 목재 제품의 LCA를 위한 기초 데이터로서 중요한 역할을 하며, 목재 자원의 지속 가능성과 환경 영향을 평가하는 데 필수적인 자료를 제공한다.

Table 4. LCI DB types of domestic wood products

Database	Data name
National LCI DB	Particle Board (PB)
	Plywood
	Recycling waste wood for particleboard
	Waste wood landfill
	Waste wood incineration
	Waste wood recycling
National institute of forest science	Wood chip (For pulping)
	Molded charcoal
	Charcoal
	Wood Briquette
	Wood pellet
	Lumber
	Fire retardant treated wood
	Firberboard
	Particle board (PB)
	Pressure-Treated lumber
	Plywood
	Wood-based flooring board
	Wood Plastic Composites (WPC)
	Oriented Strand Board (OSB)
	Glulam
	Medium density fiberboard
	Cross Laminated Timber (CLT)
	Wood panel

6. 결론

6.1 데이터베이스 구성

Ecoinvent DB를 보면 Fig. 5와 같이 제품 제조 과정 중에서도 내부 단위공정에 따라 투입되는 투입물을 구분하고, 활동별로 데이터베이스를 모두 구축한 모습을 볼 수 있다. 예를 들어, 구조용 교차 집성재 생산 과정에서 원목의 제재 및 샌딩 등의 과정에 대한 데이터를 구분하여 구축된 모습을 확인할 수 있다. 그러나, 국내의 국가 LCI DB를 보면, 목재 제품 생산 과정의 투입물 및 산출물에 대한 데이터가 구축되어 있지만 단위 공정별 투입물 및 산출물을 하나로 합친 데이터로 단위 공정별 데이터는 따로 구축되어 있지 않다.

따라서, 추후 목재 제품 데이터베이스를 구축할 때 공정별 단위 공정의 데이터도 추가로 구축해 놓을 필요성이 있다. 데이터베이스가 단위 공정별로 자세하게 구축한다면 향후 제품 개발과 연구에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

6.2 탄소 저장 효과

목재 사용의 이점 중 탄소 저장에 대해 설명하기 위해 LCA 평가를 통한 정량적인 표현이 필요하다. 또한, 더반 기후 변화 협약 당사국총회(COP)에 따라, '자국에서 수확한 원목을 수확하여 생산한 국산 원목을 국내에서 가공한 목재 제품이 지닌 탄소'만을 탄소 축적량으로 인정하고 있다. 따라서, 국산 목재의 사용이 더욱 중요해졌으며 목재에 저장된 탄소량을 산정하는 방식이 중요해졌다. 국내에서 '2006 IPCC 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인'에 따라 탄소 저장

량 표시제도를 시행하여 목재 제품 내 이산화탄소 저장량을 표시하고 있지만 LCA 평가 내에서의 표현은 아직 시행되지 않고 있다.

국제 EPD 시스템의 목재 제품의 EPD 평가 보고서를 보면 목재의 탄소 저장에 관해 EN 16485의 규정을 따르고 있음을 알 수 있다. 해당 규정에 따라, 원자재 생산(A1) 단계에서 목재는 탄소를 저장하며 가공 및 사용 단계를 거쳐 폐기(C3) 단계에서 탄소를 배출하는 것으로 표현된다. 저장량과 배출량의 값은 같기 때문에 총합에서는 표현이 되지 않으며 단계별 LCA 평가 표 및 비교란을 통해 표현된다. 또한, 목재의 재활용(D) 단계에서 재활용을 통한 탄소 저장효과도 나타낸다. 따라서, 국내에서도 목재 제품에 대한 LCA 연구를 진행할 때 단순히 투입물 및 산출물에 대한 데이터를 구축할 뿐만 아니라 탄소 저장에 대해 고려하는 것이 필요할 것으로 판단된다. EN 16485 규정을 참고하여 단계별 평가에서 탄소 저장의 효과를 나타내고, 목재 제품에 따른 반감기와 저장량을 언급하는 것이 필요하다.

또한, 윤새민 외 3인(2024)의 연구에 따르면, 목재 제품의 LCI 데이터베이스 최신화함에 따라 탄소 저장 효과가 증가하고 탄소 발자국이 감소하는 경향을 보였다[17]. 따라서, 제품별로 DB를 구축한 후에도 투입 물질이 변하거나 새로운 공정이 개발되면 주기적인 최신화가 필요하다.

현재, 공공건축물에 목재 제품을 사용하여 건축하는 등의 목재 활용이 증가하고 있으며, 특히 현대 목구조 건축물에서는 공학목재가 많이 사용되고 있다. 공학목재는 일반 목재를 가공하여 구조적 성질을 강화한 건축재료로, 이를 통해 대규모 및 고층 목구조 건축물의 설계와 건설이 가능해졌다. 공학목재의 종류로는 구조용 집성판(Cross-Laminated Timber, CLT), 구조용 집성재(Glue-Laminated Timber, GLT), 못접합 구조용 집성판(Nail-Laminated Timber, NLT) 등이 있다[1]. 산림청은 2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC) 달성을 위한 산림부문 추진 전략으로, 국산 목재를 활용한 공학목재 등을 통해 목구조 건축물을 확대할 계획이다.

건축물에 목재를 사용하는 이점을 분석하기 위해서는 LCA가 필수적이다. 특히, 목구조 건축물의 LCA 평가를 위해서는 구조체로 사용되는 구조용 목구조를 포함한 다양한 목재 제품들의 DB가 필요하다. 그러나, 해외에는 많은 제품과 활동에 대해 많은 데이터베이스가 구축되어 있지만 국내에선 대표적인 제품에 대한 일부 DB만이 구축되어 있다. 목재의 지속적인 활용을 하고 이점을 정량적으로 평가하기 위해서는 추가적인 데이터베이스 구축이 필요할 것으로 보인다. 특히, 국산재를 사용하는 목재 제품에 대한 데이터베이스를 구축하여 탄소 저감의 효과에 대해 나타내는 것이 중요해 보인다.

국산 목재 제품들에 대한 데이터베이스 구축과 주기적인 최신화가 이루어진다면, 앞으로 건설될 많은 목구조 건축물에 대한 LCA 평가가 원활하게 이루어질 것이며, 목구조 건축물의 환경적 이점을 정량적으로 평가하고 비교하는 것이 가능해질 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(RS-2024-00400728)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

[1] 김윤미, 중·고층 하이브리드 목조 건축물의 유형 분석 및 구조적 특성 연구, 명지대학교 석사학위논문, 2023. // (Y.M. Kim, Classification and structural characteristics of the mid and high-rise hybrid timber building, Master's thesis, Myongji University, 2023.)

[2] 전영진, 주요구조부가 목재로 된 해외 목조건축물의 건축적 특징, 대전대학교 석사학위논문, 2023. // (Y.J. Jeon, Architectural characteristics of overseas wooden buildings with major structures, Master's thesis, Daejin University, 2023.)

[3] 윤인숙, 건축물의 목재이용 촉진에 관한 법제연구, 한국법제연구원, 2021, p.71. // (I.S. Yoon, The legal research on promoting the use of wood in buildings, Korea Legislation Research Institute, 2021, p.71.)

[4] 권순길, 장윤성, 최환호, 전과정평가(LCA)를 이용한 건축자재별 환경영향 비교 분석 건축용 목재 및 콘크리트 종류별 중심으로, 대한환경공학회지, 제46권 제10호, 2024.10, pp.570-581. // (S.G. Kwon, Y.S. Chang, H.H. Choi, Comparative analysis of environmental impact of each building material using Life Cycle assessment (LCA) Focusing on types of construction wood and concrete, Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 46(10), 2024.10, pp.570-581.)

[5] 정환삼, 김성호, 김태운, LCA를 통한 국내 발전기술의 글로벌 환경성 평가, 에너지공학, 제14권 제2호, 2005.06, pp.140-146. // (W.S. Chung, S.H. Kim, T.W. Kim, Global environmental impacts assessment of power generation technologies with LCA method, Journal of Energy Engineering, 14(2), 2005.06, pp.140-146.)

[6] 한국건설기술연구원, 녹색건축 인증기준 해설서: 신축 주거용 건축물 (G-SEED 2016-7 v1), 2023, p.487. // (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, The green building certification standards handbook: Newly constructed residential (G-SEED 2016-7 v1), 2023, p.487.)

[7] 송창현 외 3인, 건축물 전생애주기 기반 탄소 배출량 산정 평가 방법, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 제42권 제2호, 2022, pp.516-517. // (C.H. Song et al., Evaluation of carbon emissions based on building life cycle assessment, Proceeding of the Architectural Institute of Korea Conference, 42(2), 2022, pp.516-517.)

[8] 홍태훈, 지창운, 정광복, 전과정평가(LCA) 방법을 이용한 건축물에 대한 환경영향 평가 방법, 한국건설관리학회 논문집, 제13권 제5호, 2012.09, pp.84-93. // (T.H. Hong, C.Y. Ji, K.B. Jeong, Environmental impact assessment of buildings based on Life Cycle Assessment (LCA) methodology, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 13(5), 2012.09, pp.84-93.)

[9] 최두성, 전홍관, 공동주택을 대상으로 한 탄소배출 평가기준 구축 및 평가방법 개발, 한국생태환경건축학회지, 제13권 제5호, 2013.10, pp.79-88. // (D.S. Choi, H.C. Chun, A study on the evaluation criteria of carbon emission and the development of the evaluation method in apartment house, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 13(5), 2013.10, pp.79-88.)

[10] 서성모, 채창우, 이강희, 탄소성적표지인증 제품 중 건축자재의 인증 현황 및 탄소배출특성 분석에 관한 연구, 한국생태환경건축학회지, 제14권 제1호, 2014.02, pp.101-111. // (S.M. Seo, C.U. Chae, K.H. Lee, The study on certification status and carbon emission characteristic of building products among carbon labeled products, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 14(1), 2014.02, pp.101-111.)

[11] 장윤성 외 6인, 국산 구조용 집성재의 환경부하 정량화를 위한 온실가스 배출량 분석, 목재공학, 제44권 제3호, 2016.05, pp.449-456. // (Y.S. Chang et al., Assessment of carbon emission for quantification of environmental load on structural glued laminated timber in Korea, Journal of the Korean Wood Science and Technology, 44(3), 2016.05, pp.449-456.)

[12] 장윤성 외 5인, 목조주택 온실가스 배출량 평가를 위한 간이 전과정평가 툴 개발, 목재공학, 제45권 제5호, 2017.09, pp.650-660. // (Y.S. Chang et al., Evaluation of gas emission for wooden house using simplified life cycle assessment tool, Journal of the Korean Wood Science and Technology, 45(5), 2017.09, pp.650-660.)

[13] 김소현 외 4인, BIM과 LCA를 이용한 건축물 리모델링에 따른 온실가스 배출량 분석 -건축물 외장재를 중심으로-, 한국생태환경건축학회지, 제24권 제1호, 2024.02, pp.77-82. // (S.H. Kim et al., Analysis of greenhouse gas emissions from building remodeling using BIM and LCA -Focused on building exterior materials-, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 24(1), 2024.02, pp.77-82.)

[14] 정인태, 전과정목록(LCI) DB 국내외 현황, 오토저널, 제46권 제5호, 2024.05, pp.16-20. // (I.T. Jeing, Status of domestic and foreign Life Cycle Inventory (LCI) databases, Auto Journal, 46(5), 2024.05, pp.16-20.)

[15] 박주생 외 6인, 전과정평가를 통한 국산 원목의 수종별 온실가스 배출량 산정, 국립산림과학원, 2013. // (J.S. Park et al., Estimation of greenhouse gas emissions of Korea major timbers using life cycle assessment, Korea Forest Research Institute, 2013.)

[16] 한국임업진흥원, 목재 국가 LCI DB 보고서, 2018. // (Korea Forestry Promotion Institute, National LCI database report for wood products, 2018.)

[17] 윤세민 외 3인, 목재제품 전과정목록(LCI) 데이터베이스 최신화에 따른 탄소저장효과 비교, 한국목재공학회 추계학술발표대회, 2024. // (S.M. Yoon et al., Comparison of carbon effects following the update of the life cycle inventory DB for wood products, Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Autumn Conference, 2024.)

[18] 김건호 외 3인, 공공 목조건축물의 외벽구성에 따른 탄소배출저감효과, 한국목재공학회 추계학술발표대회, 2024. // (K.H. Kim et al., Carbon emission reduction effect according to the exterior wall composition of public wooden building, Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Autumn Conference, 2024.)