

트럭 버스용 타이어(TBR)에 대한 탄소발자국 산정 및 비교

곽인호 · 위대형 · 장선미* · 김봉근*
(주)에스오알지 지속가능전략연구소, (주)한국타이어애편테크놀로지

A Study on the Quantify and Comparison of Carbon Footprint of Truck Bus Radial (TBR)

Inho Kwak · Daehyung Wie · Sunmi Jang* · Bonggeun Kim*
ENDIRECTION Co., Ltd.
*Hankook Tire & Technology Co., Ltd.

ABSTRACT: As the importance of environmental strategy is gaining weight, a number of tire manufacturers are quantifying the environmental aspect of a product in order to reduce the environmental impact of the product and devise an environmental strategy for the product. In this study, the environmental impact of truck bus radial(TBR) tire was quantified using Life Cycle Assessment(LCA) and Carbon footprint which are the two of the main methods for assessing environmental impact.

Key words: TBR, tire, Carbon Footprint, LCA

요약문: 기업의 지속가능전략 수립 시 환경적 전략 수립의 중요성이 강조됨에 따라 여러 타이어 제조업체에서는 타이어 제조 시 환경영향요인 저감, 제품환경전략 수립을 위해 제품의 환경성을 정량적으로 평가하고 있다. 본 연구는 대표적인 환경성 평가 tool인 LCA(Life Cycle Assessment)와 Carbon footprint 기법을 이용해 트럭버스타이어(TBR) 제품에 대한 환경영향을 정량적으로 분석하였다.

주제어: TBR, 타이어, 탄소발자국, 전과정평가

1. 서론

기후변화, 지속가능한 발전 및 경영, ESG경영 등의 사회적 화두는 기업에게 새로운 역할을 요구하고 있다. 특히, 사회 전반적인 측면에서 환경에 대한 고려가 필수적으로 여겨짐에 따라 기업의 전략적인 의사결정도 기존의 기술적, 경제적인 측면에서 더 나아가 환경적인 측면을 포함할 수 밖에 없다. 이에 따라 대부분의 기업들은 경제적 가치를 넘어 사회적, 환경적 가치 창출을 위한 여러 전략을 수립해 ESG경영체제로 전환을 도모하고 있다.

기업 입장에서 동일한 제품군 중 어느 제품이 환경에 미치는 영향이 적은 제품인지를 파악하거나 동일 용도의 대체 제품 중에 어떤 제품이 환경친화적인지를 결정하고 판단하는 과정은 매우 어려운 일이다. 동일 기능의 제품이라도 사용하는 원료, 생산 방법, 운송 수단, 사용 방법, 폐기 및 재활용 방법에 따라 서로 다른 환경영향이 발생하므로 제품의 환경성을 파악할 때는 제품의 전과정에서 발생하는 환경영향을 총체적으로 평가하여야 한다. LCA(Life cycle assessment)기법은 특정한 제품이나 서비스의 전과정에서 발생하는 환경영향과 자원 및 에너지소비량 등을 객관적이고 정량적으로 파악할 수 있는 기법으로 제품의

전과정에 걸친 친환경성을 평가하기 위한 도구로 사용되고 있다.

타이어는 유일하게 차량과 주행도로에 맞닿아 있는 부품으로 자동차의 연비에 많은 영향을 주며, 장착되는 차종에 따라 승용차용타이어(PCR, passenger car radial), 트럭 버스용타이어(TBR, truck bus radial)로 구분되며, TBR의 경우 Retread(타이어의 마모된 tread부분을 교체하는 활동)를 통하여 최초 사용후 재생타이어로 수명이 연장되어 사용된다. 특히 승용차와 경상용차에 대하여 2025년까지 LCA를 기반으로 하는 규제 도입, 발생하는 CO₂를 평가 및 데이터 보고에 대한 방안을 포함하여 EU Regulation 2019/631에서 전과정 탄소배출량 산정을 언급함¹⁾에 따라 다양한 카메이커에서 자동차의 LCA 및 탄소발자국 산출을 위하여 타이어업체에 타이어 생산에서 폐기까지의 전과정 탄소발자국의 산정 결과를 요구하고 있다. 이에 따라 타이어 제조업체에서는 회전저항이 작으면서 내마모성, 제동력 등 품질도 뛰어난 친환경 타이어를 개발하기 위해 역량을 집중하고 PCR 제품을 대상으로 전과정탄소발자국을 산출하고 있으나 TBR 제품에 대해서는 아직 그 사례가 부족하다.

따라서, 본 연구에서는 LCA 기법과 탄소배출량 산정

기법을 적용해 국내에서 생산되어 유럽에 판매되는 TBR 제품에 대해서 탄소발자국을 산출하였고, 사용 후 제품에 대해서 retread된 타이어와의 상호 비교를 수행하였다.

2. 분석 방법

2.1 전과정평가(LCA)

LCA는 환경영향평가(Environmental Impact Assessment), 위험성 평가(Risk Assessment), 그리고 비용편익분석(Cost Benefit Analysis) 등과 함께 대표적인 의사결정 지원 도구 중의 하나로 원료 취득에서부터 제품 생산, 운송, 사용 및 폐기까지의 제품의 전과정에서 환경에 미치는 영향을 평가하는 방법이다. 즉, 어떤 제품, 공정, 활동과 관련된 환경적 부담을 사용된 물질 및 에너지 그리고 환경에 배출된 오염물질들의 규명을 통하여 정량화하고, (이러한 에너지, 물질의 사용과 환경배출의 영향을 평가하여) 환경 개선을 위한 기회를 찾아 평가하는 일련의 과정을 의미한다.

LCA의 궁극적인 목표는 각종 환경 문제에 직면하고 있는 기업체 및 행정 기관, 소비자들의 입장에서 환경적으로 건전하고 지속 가능한 발전을 실현하기 위하여 제품, 재료 등의 원료·자원의 획득, 제조 공정, 유통, 소비 활동, 폐기로 인한 자원 및 에너지 소비 그리고 환경오염부하를 최소화하고 이에 따른 환경개선방안을 모색하는데 있다.

LCA는 Fig. 1에 나타난 것과 같이, ISO 14040시리즈에서 규정하고 있는 목적 및 범위 설정(Goal Definition and Scope), 목록분석(Inventory Analysis), 영향평가(Impact Assessment), 결과해석(Interpretation)의 4단계와 보고(Reporting) 및 검토(Critical Review)로 구성된다.^{2) 3)}

2.2 탄소발자국(Carbon Footprint)

탄소발자국은 Fig. 2에 나타난 것과 같이, 제품의 life

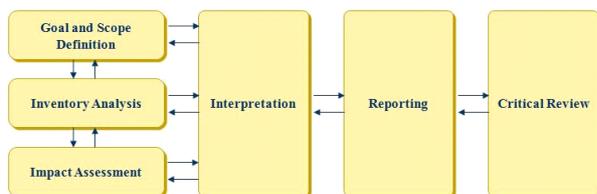


Fig. 1. LCA framework

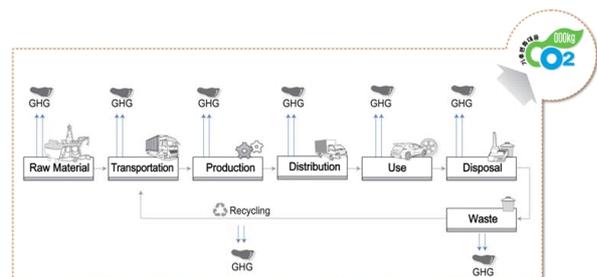


Fig. 2. 탄소발자국의 개념

cycle 전과정에 걸쳐 배출원(직접, 간접 포함)을 통해 배출되는 온실가스의 총량을 CO₂-e로 표현한 것으로⁴⁾ 전과정에서 활동량 데이터를 수집한 다음 수입한 활동량 데이터에 해당하는 탄소배출계수를 수집해 각각의 활동량 데이터에 해당하는 탄소배출계수를 곱하여 계산된다.

2.3 타이어 제품의 탄소발자국 산정 방법

타이어 제품에 대한 LCA 및 탄소발자국은 다음과 같은 2가지 기준을 적용하여 산정하고 있다. 첫 번째는 세계지속가능발전협의회(WBCSD, The World Business Council for Sustainable Development)내 지속가능한 타이어산업의 글로벌 포럼인 타이어산업프로젝트(TIP, Tire Industry Project)를 통하여 제정된 UL EPD (Environmental Product Declaration) 및 International EPD 취득을 위한 「Product Category Rules(PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for the Product Category: Tires, Version 3.05」(이하 TIP PCR v3.05)을 적용⁵⁾하는 것이고, 두 번째는 일본자동차타이어협회(JATMA, The Japan Automobile Tyre Manufacturers Association)가 제정하여 공표한 「Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines Ver 3.0.1」를 활용하는 방식⁶⁾이다. Michelin, 한국타이어, 금호타이어 등은 TIP에 포함되어 있어 UL EPD PCR 제정에 2015년부터 참여하고 있으므로 본 연구에서는 해당 기준을 적용하여 탄소발자국을 정량화 하였다.

3. TBR 제품에 대한 탄소발자국 산출

3.1 목적 및 범위 설정

3.1.1 목적

본 연구에서 전과정 탄소발자국 산출 목적은 타이어제품 전과정에 걸친 탄소발자국을 산출하고 관련 케미커의 정보 공개 요구 및 Retread된 타이어에 대한 신제품 대비 탄소발자국 저감에 대한 효과 산출이다.

3.1.2 연구 대상 제품

본 연구의 대상은 TBR 제품 중 한국타이어 금산 공장에서 생산되고 Mercedes-Benz Actros, MANTGX 차량에 장착되어 유럽에서 수명 499,000 km 동안 사용되는 타이어 제품 1개이며, 세부 규격과 기능 및 기능단위는 Table 1과 같다.

3.1.3 시스템 경계

전과정 탄소발자국 산출을 위한 시스템 경계는 원료취득 및 생산 → 원부자재 수송 → 제품 제조 → 사용 → 폐기 및 재활용의 전과정을 포함하였고, 각각의 데이터 수집 방법과 기준은 TIP PCR v3.05의 기준을 적용하였고, 각 단계별 시간적 지역적 범위는 Table 2와 같다. 모든 시간적 경계는 2022년 1년간 데이터를 취합하고 분석하는 것

Table 1. 연구 대상 제품 개요

제품명	• AH51
규격	• 315/70R22.5 • 60.89 kg
주요 판매지역	• 유럽
장착차종	• Mercedes-Benz Actros, MAN TGX
기능	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차의 하중을 지지하며 지탱하는 기능 • 노면에서 발생이 되는 다양한 충격을 완화하는 기능 • 자동차의 동력, 제동력 등을 노면에 전달하여 자동차의 운동을 유지하는 기능 • 자동차의 진행 방향 전환 및 유지를 하는 기능
기능단위 (F.U)	• 한국타이어 금산 공장에서 생산되고 Mercedes-Benz Actros, MANTGX 차량에 장착되어 유럽에서 수명 499,000km 동안 사용되는 타이어 제품1개

제품 사진



Table 2. 시스템 경계

시간적 범위	원료 취득	• 2022년 기준 1년간 데이터
	수송	• 2022년 기준
	제조	• 2022년 기준
	유통	• 2022년 기준
	사용	• 2022년 기준
지역적 범위	폐기 및 재활용	• 2020년 기준
	원료 취득	• 전 세계 대상
	수송	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 및 국외 협력업체에서 한국 타이어 금산공장까지의 거리 • 국외 협력업체에서 국외 항구까지의 거리는 제외
	제조	• 한국타이어 금산공장
	유통	• 물류센터 및 판매업체까지의 거리 (국외 항구에서 판매업체까지 제외)
	사용	• 유럽지역에서 운영
	폐기 및 재활용	• 유럽에서 폐기 및 재활용

으로 설정하였으나 ETRMA가 제공하는 폐타이어의 폐기 및 재활용과 관련한 통계가 2020년 기준으로 공표되어 있어 해당 부문은 2020년 자료를 활용하였다.

3.2 전과정 목록분석

3.2.1 원료취득 및 생산 단계

원료취득 및 생산 단계는 대상 제품이 생산되는 공정으로 공급되는 협력업체로부터 실제 자료를 조사하여 이용하는 것과 TIP PCR v3.05에서 정한 이차 데이터인 LCI

Table 3. 원부자재 투입량(TBR 1개 기준)

구분	투입 중량(kg)	비율(%)
천연고무	23.99	39.4
스틸코드	13.73	22.6
카본블랙	13.60	22.3
합성고무	3.11	5.1
Zinc Oxide	1.40	2.3
기타	5.07	8.3
합계	60.89	100.0

DB를 활용하는 방법을 동시에 적용하였으며, 전체 투입 물질 중 99.78%(60.8 kg)의 투입물질에 대하여 탄소발자국을 정량화 하였다.

3.2.2 원부자재 수송

원부자재 수송은 대상 타이어제품의 원부자재를 납품하는 국내외 협력업체에서 대상 제품 생산 공장으로서의 수송을 고려했으며. 해상수송, 육로수송을 포함해 1년간 원부자재의 수송량과 표준거리 및 연료소비량을 이용해 톤키로법을 통해 산정하였고, 그 이하 재운송과 상하차 과정은 포함하지 않았다. 그 결과 선박을 통하여 수송은 160.1 tkm, 육로 수송은 15.1 tkm로 나타났다.

3.2.3 제품 제조 단계

협력업체에서 입고된 원재료를 이용해 타이어를 제조하고 제품 출하까지의 모든 제조공정 및 유틸리티와 환경설비를 포함해서 자료를 수집하였고, 시방기준 데이터에 투입물질 중량 비율과 제품 수율정보를 활용하여 원부자재 투입물질을 보정하고, 탄소배출원별로 대상 제품 1개당 전력사용량, LNG 사용량 등을 정량화하였다.

3.2.4 제품 유통 단계

대상 제품은 전량 유럽에 수출되어 사용되므로, 물류센터를 거쳐 해외 수송을 위한 부산항까지의 육로 수송과 부산항에서 선박을 통해 유럽 등지의 외항으로의 수송까지 포함하여 고려하였고, 유럽내 항구까지의 거리는 Searate 운송거리⁷⁾를 활용하여 적용하였고, 유럽내 세부 판매 비율은 Fig. 3에 나타난 비율을 적용하였다. 그 결과, 선박을

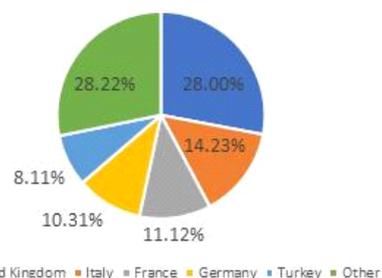


Fig. 3. 유통 비율

통한 수송은 1,114 tkm, 육로를 통한 수송은 15 tkm로 나타났다.

3.2.5 사용 단계

사용 단계는 TIP PCR v3.05에서 정하는 기준에 따라 자료를 수집하고 가속저항, 회전저항에 따른 에너지 소비와 차량 주행중 tread 마모로 인한 분진 발생을 고려하였다.

3.2.6 폐기 및 재활용 단계

폐기 및 재활용 단계는 ETRMA의 2020년 기준 물질재활용 56.2%, 열적재활용 40.5%, 매립 3.3%를 적용하였고, 폐기단계에서는 최종처리에 대한 영향(운송 포함)만 반영하였다.

3.2.7 전과정 목록분석

전과정 목록분석은 각 단계별 투입물질, 유틸리티 사용량 등의 gtoG 데이터에 TIP PCR v3.05에서 제공하는 EF 3.0 기준 탄소배출계수와 econinvent v3.9.1의 EF 3.0 기준 탄소배출계수를 활용하였다.

3.3 TBR 제품 전과정 탄소배출량 산출

TBR 제품의 전과정 탄소배출량 산정 결과는 5,875 kgCO₂-e/개로 나타났고, 사용단계 탄소배출량이 95%를 차지해 배출량 비중이 가장 높았으며, 원료취득 및 생산, 제품 제조, 폐기 및 재활용단계 순으로 탄소배출량이 높게 나타났다. 사용단계를 제외하면 원료취득 및 생산단계 탄소배출량이 가장 높게 나타났다.

사용단계의 탄소배출량 중 차량의 연료소비량에 주된 영향을 미치는 타이어의 회전저항에 대해서는 타이어업계에서 지속적으로 회전저항 감소를 위한 다양한 연구가 이루어지고 있으나, 장착 차종, 차량의 상태, 운전자의 운전 습관 등 다양한 영향인자에 따라 변화할 수 있고, 타이어

Table 4. TBR 1개 탄소발자국 산출 결과

(단위: kgCO ₂ -e/개, %)		
Life Cycle	탄소배출량	비율(%)*
원료 취득 및 생산	107.28	1.83 (36.98)
원부자재 수송	4.58	0.08 (1.58)
제품 제조	98.66	1.68 (34.01)
제품 유통	14.46	0.25 (4.99)
사용	5,584.94	95.06
폐기 및 재활용	65.10	1.11 (22.44)
총합	5,875.03	100.00

* ()은 사용단계를 제외한 수치

Table 5. 원료 취득 및 생산단계 탄소배출량(TBR 1개 기준)

(단위: kgCO ₂ -e/개, %)		
구분	탄소배출량	비율(%)
천연고무	20.05	18.69
스틸코드	37.84	35.27
카본블랙	25.54	23.81
합성고무	11.69	10.90
Zinc Oxide	1.10	1.03
기타	11.05	10.30
합계	107.28	100.00

교체 주기에 따라 배출량이 달라질 수 있으므로 본 연구에서는 해당 부문에 대한 분석은 실시하지 않고, 타이어 사용을 제외한 나머지 단계에서 탄소배출량 기여도 분석을 실시하였다.

원료 취득 및 생산단계에서는 스틸코드에 따른 탄소배출량이 37.8 kgCO₂-e/개로 가장 높게 나타났고, 카본블랙, 천연고무, 합성고무 순으로 배출량이 높은 것으로 나타났다. 원료 취득 단계에서 제품의 탄소배출량을 줄이기 위해서는 탄소배출량이 가장 높은 스틸코드에 대해서 저탄소 스틸코드 생산에 대한 기술개발이 요구 된다.

제품 제조 단계에서 탄소는 전력 소비에 의한 탄소배출량이 70.7 kgCO₂-e/개로 가장 높게 나타났으므로 제품 생산시 소비되는 전력을 신재생에너지로 전환하는 RE100 전환이 요구된다. 또한, 폐기 단계에서는 소각에 따른 탄

Table 6. 제품 제조단계 탄소배출량(TBR 1개 기준)

(단위: kgCO ₂ -e/개, %)		
구분	탄소배출량	비율(%)
전력	70.72	71.68
LNG	27.53	27.91
휘발유	<0.00	<0.00
경유	0.03	0.03
상수도	0.03	0.03
공업용수	0.16	0.17
소각	0.18	0.18
매립	<0.00	<0.00
합계	98.66	100.00

Table 7. 폐기단계 탄소배출량(TBR 1개 기준)

(단위: kgCO ₂ -e/개, %)		
구분	탄소배출량	비율(%)
폐타이어 수송	0.60	0.92
매립	0.02	0.03
소각	64.48	99.05
합계	65.10	100.00

소배출량이 64.5 kgCO₂-e/개로 가장 높게 나타났으므로, 소각을 회피하고 재활용을 늘리는 방안에 대한 고민이 요구된다.

4. Retread TBR 과 신품 TBR 제품에 대한 탄소 발자국 비교

4.1 분석 조건

TBR은 수명이 다했을 시 물질재활용, 열적재활용 등의 재활용 활동 이외 재생타이어로 불리는 타이어 반제품 중 tread 부분을 교체하여 운영하는 retread tire로 사용이 가능하다. Retread란 수명이 다한 타이어 트래드를 교체하여 수명을 연장할 수 있게 하는 제조기법이다. 따라서 본 연구에서는 수명이 다한 TBR 타이어를 retread를 통해 재사용시 탄소발자국을 산출하고 신품 대비 탄소배출량의 감소량을 분석하였다. 세부 분석 조건은 Table 8 및 9와 같다. Retread 시 타이어의 다른 부분은 그대로 두고 트래드 부분만 교체하는 것이므로 신품 중 약 38.9%의 원자재만 신규로 투입되고, 제조 시에도 트래드와 다른 부분을 접착하는 과정만 거치므로 전력사용량은 약 10% 수준에 불과하다. 또한, retread는 수명이 다한 타이어를 대상으로 하므로 전체 폐기 및 재활용을 제외하고 제품의 수명이 2번 반복되는 것으로 설정하였다.

4.2 탄소발자국 비교

신품 TBR의 탄소발자국과 retread TBR의 탄소발자국

Table 8. Retread TBR의 원료취득 및 생산, 제품 제조단계 투입량

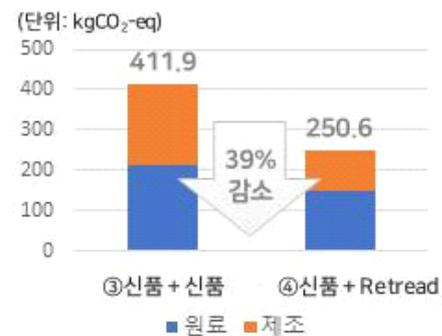
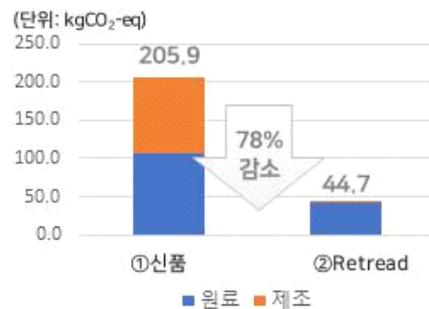
구분	투입량	단위	
원료취득 및 생산	천연고무	13.46	kg
	카본블랙	6.44	kg
	합성고무	1.04	kg
	Silica	0.63	kg
	Zinc Oxide	0.53	kg
	기타	1.61	kg
	소계	23.70	kg
제품 제조	전력	11.09	kWh
	NG	0.58	m ³

Table 9. Retread TBR 과 신품 TBR 세부 분석 조건

구분	세부 내용
시나리오	1) 신품장착후 499,000 km*2회 주행 2) 499,000 km 1회는 신품 적용, 2회차는 retread TBR 적용
가정 사항	• Retread TBR의 수명은 신품과 동일함. • 사용단계 환경영향은 신품과 retread 모두 동일함.
비교 범위	• 원료 취득 및 생산 단계와 제조단계만 비교

Table 10. 신품 및 Retread TBR 탄소발자국 비교

구분	원료취득 및 생산	제조	합계
신품(①)	107.28	98.66	205.94
Retread(②)	43.20	1.48	44.69
감소율 [(②-①)/①]	59.73%	98.50%	78.30%
신품+신품(③)	214.56	197.33	411.89
신품+retread(④)	150.48	100.15	250.63
감소율 [(④-③)/③]	29.86	49.25	39.15



(1개제품 생산 및 제조시 비교(상), 2번 수명기간 운영에 따른 시나리오 비교(하))

Fig. 4. 신품 및 Retread TBR 탄소발자국 비교

비교결과는 Table 10 및 Fig. 4와 같다. 신품대비 retread TBR은 원료 및 제조 단계에서 78%의 탄소가 감축되는 것으로 나타났고, TBR의 기대수명인 499,000 km를 2번 운영하는 동안 신품만을 장착하여 운영했을 때와 최초 신품을 장착하고 2번째는 retread TBR을 장착하여 운영했을시 원료 및 제조단계에서 탄소배출량은 약 39% 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구는 타이어 제품의 LCA 및 탄소발자국 산정을 위해 만들어진 TIP PCR v3.05에 준하여 한국타이어에서 생산 및 제조하는 트럭버스용 타이어 중 AH51(315/70R22.5)

제품에 대해서 전과정 단계별 탄소배출량을 산정하고 주요 기여도 분석을 통한 결과 및 retread 타이어와의 탄소발자국을 비교하였다. 그 결과 신제품 TBR인 AH51를 Mercedes-Benz Actros, MANTGX에 장착하여 유럽에서 499,000 km 주행후 폐기시 전과정 탄소발자국은 5,875 kgCO₂-e/개로 분석되었으며, 사용단계에서 약 95%의 탄소가 배출되는 것으로 분석되었다. 사용단계를 제외했을시 원료취득 및 생산, 제조단계에서 탄소배출량 순으로 분석되었고, 제조단계에서 전력의 사용, 원료취득 및 생산단계에서 스틸코드, 카본블랙, 천연고유, 합성고무 등의 영향이 크므로 사용단계 배출량을 줄이는 노력 이외 기여도가 높은 물질에 대한 탄소발자국 감소를 위한 노력이 요구된다.

또한, Retread TBR과 탄소발자국 비교 결과 원료 취득 및 생산 단계와 제조 단계에서 신제품 TBR 대비 약 78%의 탄소가 저감되는 것으로 나타났으며, 499,000 km를 2번 운행시 1차로 신제품을 장착하여 운행하고 2번째는 retread TBR을 장착하여 운행시 신제품 TBR만을 사용했을 때 대비 약 39%의 탄소배출량이 감소하는 것으로 나타났다.

Retread TBR은 동일 수명 기준으로 신제품 대비 탄소감축효과가 높은 것으로 나타났으나 동일 수명을 운영할 수 없고, 사용단계에서 회전저항의 영향 등이 변화할 수 있으므로 추후 지속적인 연구를 통하여 사용단계를 포함하여 재분석이 요구된다.

최근 자동차 제조사 및 대형 리테일러의 탄소발자국 제

출 및 배출량 기준 준수 요구가 증가하고, 제품의 납품시 계약 필수 요건이 되고 있음에 따라 지속적인 LCA 수행과 함께 다양한 제품군에 대한 탄소발자국 산출이 필요하다.

REFERENCES

- 1) Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO₂ emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011, (2023.03.12.).
- 2) International Organization for Standardization (ISO), ISO14040, in Environmental management -Life cycle assessment - Principles and framework 2006: Geneve. (2006).
- 3) International Organization for Standardization (ISO), ISO14044, in Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. 2006: Geneve. (2006).
- 4) Wright, L., Kemp, S., Williams, I. Carbon footprinting: towards a universally accepted definition. Carbon Management, 2(1), pp. 61-72. (2001).
- 5) Product Category Rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for the Product Category: Tires, Version 3.05 (2022).
- 6) Japan Automobile Tyre Manufacturers Association(JATMA), Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines Ver 3.0.1(2021).
- 7) Searate 운송거리(<https://www.searates.com/kr/>), 2023. 08.24 접속.