

하위흐름을 포함한 전과정에서의 국산 사과 탄소발자국 산정

노훈*† · 정순철** · 이지선*** · 송가람***

*에코네트워크(주) 지속가능성사업본부 팀장, **에코네트워크(주) 지속가능성사업본부 부문장,

***에코네트워크(주) 지속가능성사업본부 선임연구원

Carbon Footprint Calculation of Domestic Apple Including Downstream Processes

Noh, Hun*† · Jung, Soon Chul** · Lee, Ji Seon*** · Song, Ga Ram***

*Team Leader, Sustainability Division, Econetwork Co., Ltd, Seongnam, Korea

**General Manager, Sustainability Division, Econetwork Co., Ltd, Seongnam, Korea

***Consultant, Sustainability Division, Econetwork Co., Ltd, Seongnam, Korea

ABSTRACT

This is a preliminary study for development of a national LCI Database that should be established to reduce greenhouse gas emissions in the agricultural sector, and that considers distributions, use, and disposal stages, which were limited in evaluation due to the absence of data that guarantee representatives. The subjects of the study were apples, and the life cycle assessment was conducted under the assumption of fresh food (agricultural products processed products). Especially considering the difference in distribution process form production to consumer, the production regions were calculated separately in Gyeongsangbuk-do (Yeongju, Andong, Uiseong) and Chungcheongbuk-do (Cheongju). Accordingly, the result shows that the distribution phase has the largest impact on the life cycle for the apple. Since it is difficult to clearly measure the transport distance of the distribution stage, the carrying cost in the distribution process was used as indirect data, and the disposal stage was calculated by setting a scenario in consideration of apple peels, etc. The results of this study are intended to be used as an example of calculating GHG emissions for downstream processes of domestic agricultural products, prior to estimating and regulating the carbon footprint of imported agricultural products in line with the global issue of imposing carbon tax on imported goods between countries.

Key words: Environmental Product Declaration, Life Cycle Assessment, System Boundary, Greenhouse Gas, Global Warming, Low Carbon Agriculture

1. 서론

1.1. 배경

최근 기후·환경의 변화에 관하여 탄소중립 이슈가 전 세계적으로 노력해야 하는 중요한 목표로 이슈화됨에 따라, 우리나라의 2030년 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution: NDC)를 현행 2018년 대비 26.3% 감축에서 40% 감축으로 대폭 상향 조정해 추진(Joint ministries, 2021) 하기로 하였으며, 목표달성을 위해 탄소중립·녹색성장 기본법

제정 및 탄소중립 시나리오를 설계하는 등 전방위 산업군의 노력을 계획하고 있다.

이에 연계하여 ESG 경영이나 탄소국경 매커니즘 등에서 온실가스 배출원 확인 및 저감의 범위가 Scope 1, 2에서 Scope 3까지 확대 및 산업군 확대가 예상됨으로써 종래에 탄소배출이 없는 산업구조의 정착을 목표로 하면서 전과정 관점(Life cycle perspective)에 관한 관심이 증가하고 있다. 이러한 관점에서의 환경성 평가방법론으로는 전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA)가 있으며, 이 방법론을 활용한 국내 인증제도는 다음과 같다.

†Corresponding author : nohhun@econetwork.com (13494, 660, Daewangpangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea. Tel. +82-70-8822-0264)

ORCID 노 훈 0000-0002-5688-9940
정순철 0000-0002-0666-7178

이지선 0000-0003-4429-8788
송가람 0000-0002-9111-8922

- 산업부문 : 한국환경산업기술원 ‘환경성적표지제도’
- 임업부문 : 한국임업진흥원 ‘탄소저장량표시제도’
- 농업부문 : 농업기술실용화재단 ‘저탄소농축산물인증제도’

위 제도는 전과정 관점(Life Cycle Perspective)에서 환경측면(Environmental aspect)을 정량화하는 전과정평가를 방법론으로 채택했으며, 원료취득부터 폐기까지의 5단계로 구성된 전과정(Life Cycle)을 고려하여 환경영향(Environmental impact)을 확인한다. 하지만 전과정 중 일부 단계에 국한된 신뢰성이 담보될 수 있는 데이터의 부재 및 타 산업군과의 제품시스템 중복 등으로 인해 임업부문 및 농업부문의 경우, 제조전단계에서부터 제조단계까지로 시스템경계를 설정하고 있다.

특히, 농업부문은 제도 설계부터 농산물을 가공식품의 원료로 간주함으로써 가공식품을 중심으로 상위흐름(upstream)에 해당하는 환경영향만을 취급(Foundations of agri, tech, commercialization & Transfer, 2020), 농산물의 시스템경계는 해외 연구사례에서도 빈번하게 설정되어있는 Cradle to gate 시스템경계임을 확인했다.

하지만 국가통계(통계청)에서 확인할 수 있듯, 농산물 생산량 대비 가공량은 10%도 되지 않으며, 가공식품 해당 여부 판단 매뉴얼(식품의약품안전처)에 명시된 첨가물 및 가공처리(절단/건조/절입/세척 등) 여부가 가공식품 결정요인이므로 가공처리는 가공식품의 제조전단계 이후의 공정으로써 판단하였다.

이렇듯 농산물의 환경영향을 전과정 관점에서 파악하고자 한다면, 가공식품의 원료가 아닌 농산물을 별도로 구분하여 유통과 사용(섭취 등 식용) 및 폐기까지의 하위흐름(downstream)을 포함하는 시스템경계의 확장이 필요하다.

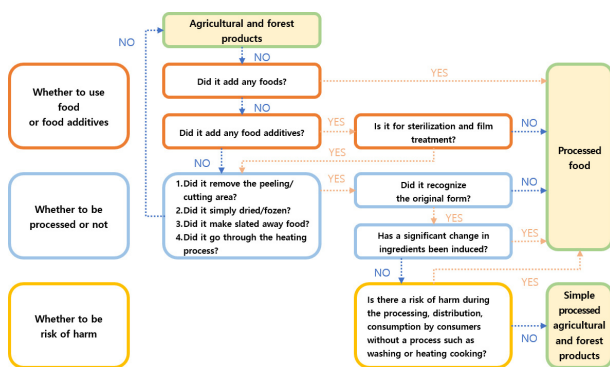


Fig. 1. Guide to determine whether processed food (Ministry of Food and Drug Safety, 2016)

본 연구는 사과품목을 대상으로 수행된 농산물의 전과정평가 사례연구로써 해외 전과정평가 관련 이슈에 비춰볼 때, 시스템경계의 확장을 고려하여 농업부문 제도개선 및 세분된 LCI 데이터베이스 개발에 관한 선행연구 필요를 목적으로 수행되었다.

1.2. 연구범위 및 연구대상

1.2.1. 연구범위

본 연구에서는 객관적인 결과를 도출하고자, 목적 및 범위 정의부터 전과정 영향평가의 특성화 결과도출까지를 연구범위로 설정하였으며, 유사 연구사례와 마찬가지로 ‘지구온난화(Global Warming)’를 대상 영향범주로 지정하였다.

1.2.2. 연구대상

농업부문의 전과정평가는 그 평가결과의 활용성이 낮았기에 다양한 농산물 중에서도 가장 범용적인 연구대상 선정을 위하여 유관 인증제도에서의 인증취득 비중을 활용하였다. 2021년 현재, 저탄소 농축산물 인증제도에서 취급하고 있는 농산물은 61개 품목이며, 참고문헌에서의 2017년 인증취득 분석결과를 인용하면(Korea Environmental Industry & Technology Institute, 2018), 농산물 유통업체 중심의 판매전략으로써 과수의 인증취득 비중이 높았다. 최근 인증현황(2021년)에 따르면, 비중이 높은 상위 10개 품목은 그림과 같이 사과부터 자두에 이르며, 농산물별 비중은 인증 취득수×대상 농가수로 계산하였다.

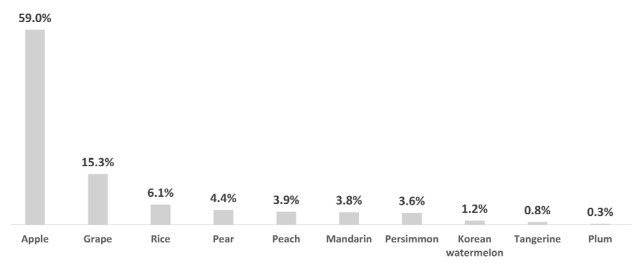


Fig. 2. Status of top items for certification acquisition (2021)

2021년 유효한 전체 인증 1,092건 및 6,094호를 고려할 때, 전체 59.0%를 차지하는 사과를 본 연구의 대상 농산물로 선정하였다.

1.3. 사전연구

◦ 전과정평가법을 이용한 사과의 탄소발생량 산정과 저감 연구(Lee et al, 2014)

첫 번째 사전연구는 사과의 생산시스템에 대하여 투입·산출물을 정량화하였으며, 실질적인 농자재의 제조와 사과 재배단계 그리고 농자재 폐기를 시스템경계에 포함하였다.

Table 1. Summary of preliminary research 1

Functional unit	Apple 1kg
System boundary	
Note	<ul style="list-style-type: none"> - Direct emission calculation : IPCC 1996 Guideline applied - Excluding transportation of raw materials to production phase

◦ 저탄소 농축산물 인증제도(사과) (Foundation of agri, tech, commercialization & transfer, 2020)

두 번째 사전연구는 저탄소 농축산물 인증제도의 운영에서 사과에 대한 세부지침이며, 사과의 원료 채취부터

제조까지를 시스템경계에 포함하고 유통 및 사용, 폐기 등은 제외하고 있다. 다만, 농가 내 창고 보관 등의 저장은 포함하되 사과 특성을 고려한 예냉에서의 저온저장은 제외하였다.

Table 2. Summary of preliminary research 2

Functional unit	Apple 1 kg
System boundary	
Note	<ul style="list-style-type: none"> - Direct emission calculation : IPCC 2006 Guideline applied - Excluding transportation of raw materials to production phase

◦ Life cycle assessment (LCA) of apple (Davida Johansson, 2015)

세 번째 사전연구는 사과의 생산 및 생산 이후 공정(분류, 포장 및 저온저장(cold storage)부터 소매까지의 유통을 시스템경계에 포함하였다. 세부 연구내용으로써 스웨

덴의 경우, 전체 배출량 중 83.3%가 생산 이후에서 발생했으며, 이탈리아는 생산 이후 공정이 산정에서 에너지 소모가 없었기에 유통단계가 46.6%의 배출량을 차지함을 확인하였다.

Table 3. Summary of preliminary research 3

Functional unit	Apple 1 kg
System boundary	
Note	<ul style="list-style-type: none"> - Direct emission calculation : change to fossil → electricity - Including transportation of raw materials to production phase (scenario)

◦ Life cycle assessment of apples at a country level the case study of Italy (Filippo, 2016)

네 번째 사전연구는 사과와 생산부터 유통(해외판매)까

지를 시스템경계에 포함하였다. 생산 이후의 배출량이 75.0%의 배출량을 차지함을 확인하였다.

Table 4. Summary of preliminary research 4

Functional unit	Apple 1 kg
System boundary	
Note	<ul style="list-style-type: none"> - Direct emission calculation : simulation, fuel consumption → distance - Including transportation of raw materials to production phase (scenario)

◦ International EPD PCR (International EPD, 2019)
다섯 번째 사전연구는 사과를 포함한 농산물의 원료(비료, 육묘, 농업용수 등)의 생산부터 포장 폐기물 처리 등

의 폐기단계까지를 시스템경계에 포함한다. 특이사항으로는 비료 사용에 의한 암모니아, 아산화질소 등의 직접배출량 배출계수를 제시하고 있다.

Table 5. Summary of preliminary research 5

Functional unit	Apple 1 kg
System boundary	
Note	<ul style="list-style-type: none"> - Direct emission calculation : IPCC 2006 Guideline applied - Including transportation of raw materials to production phase (scenario) - Transportation from final production, storage of the product to distribution platform - Customer or consumer use of the product - End of life processes of any wasted part of the product

2. 본론

2.1. 전과정평가 방법론

전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)는 국제표준(International Standard)으로 채택된 제품의 환경성을 평가하는 방법론이며, 수행절차는 다음과 같이 4단계로 구성되어 있다(ISO, 2006a).

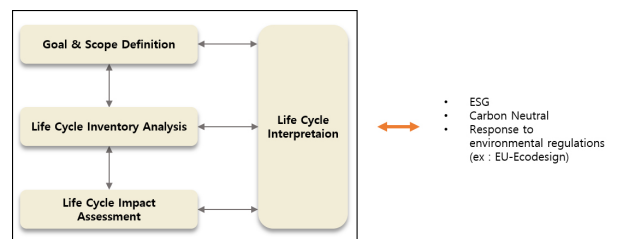


Fig. 3. ISO 14040 Life cycle assessment framework

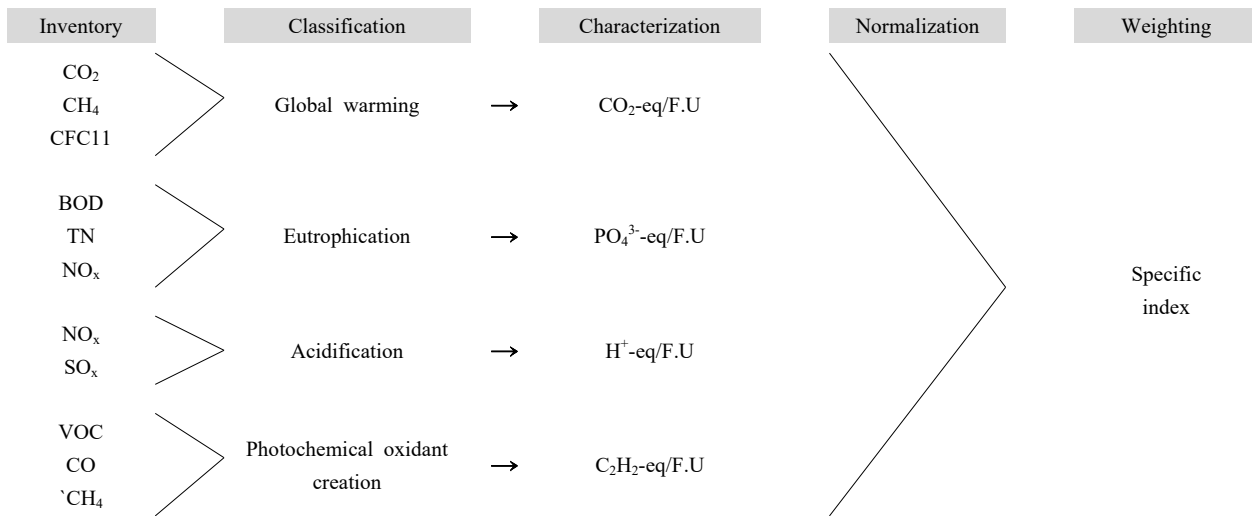


Fig. 4. Framework of impact assessment (APEC, 2004)

2.1.1. 목적 및 범위 정의

- 전과정평가 대상(제품)을 제조 및 생산함에 관하여 파악된 투입/산출물을 이해하기 쉬운 상대적 가치로 정량화할 수 있도록 기능단위를 설정하고,
- 제품시스템을 정의함으로써 데이터 수집범위를 지정하는 절차이다.

2.1.2. 전과정 목록분석

- 정의된 제품시스템 관련 투입/산출물 데이터의 수집 및 계산절차를 의미하며,
- 단일제품 생산공정이 아닌 경우, 투입/산출물 간의 관계를 고려하여 물리적 가치 등을 기준삼아 할당함으로써, 정량화하는 절차이다.

2.1.3. 전과정 영향평가

- 전과정 목록분석 결과는 영향범주별 분류화 및 특성화 절차를 수행하여 영향평가가 결과로 도출된다.
- 특성화 이후의 ‘정규화’ 및 ‘가중치 부여’는 규정되어 있지 않으며, 주관성이 반영되는 절차이기에 선택적으로 수행된다.

2.1.4. 전과정 해석

- 전과정 영향평가의 결과에 대하여 완전성, 민감도, 일관성 검사로 주요 이슈 도출,
- 정의된 목적 및 범위에 부합하지 않는 결과가 도출되

었을 경우, 본 단계를 토대로 시스템경계 확장이나 축소 그리고 제외기준 변경 등을 조치할 수 있는 진 단절차와 같다.

2.2. 연구수행

2.2.1. 기능단위(Functional Unit)

농산물의 기능은 ‘가공식품의 원료’가 아닌 ‘가공 없이’ 그대로 섭취 및 소비되는 비가공 농산물로 구분할 수 있으며, 기능단위는 생산량(1 kg)으로 설정하였다.

기능단위 설정에서 참고한 전과정평가 방법론 기반의 농업부문 인증제도에서는 농산물 재배면적(1,000 m², 10 a)을 기준으로 운영 중이나, 관련된 국가통계를 고려하여 1 kg로 변경이 가능하고 하위흐름에서는 농산물 유통량(kg)을 기준으로 데이터를 수집할 수 있기 때문이다. 또한, 해외 농산물 전과정평가에서도 폐기단계까지를 모두 고려 하더라도 기능단위를 생산량(1 kg)으로 설정하는 점을 참고하였다.

2.2.2. 시스템경계

농산물의 가공유무에 따라 시스템경계는 다음의 그림과 같이, 2가지로 구분하였고, 가공식품 제품시스템에서의 농산물이 비가공 농산물 제품시스템에 속하기에 본 연구는 모든 전과정 단계를 포함하고 있는 비가공 농산물을 지정 하고 시스템경계는 농자재 생산부터 폐기단계까지로 판단 하였다.

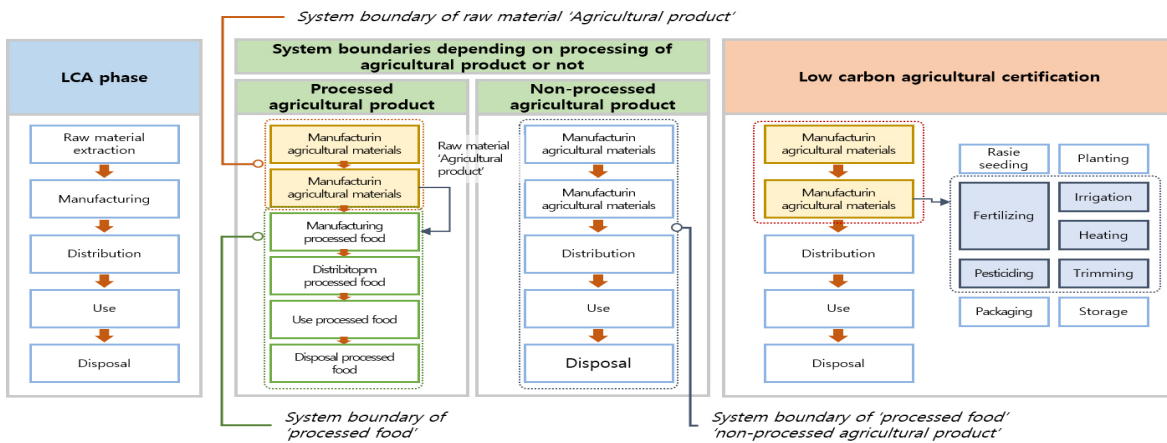


Fig. 5. System boundaries depending on processing of agricultural products or not

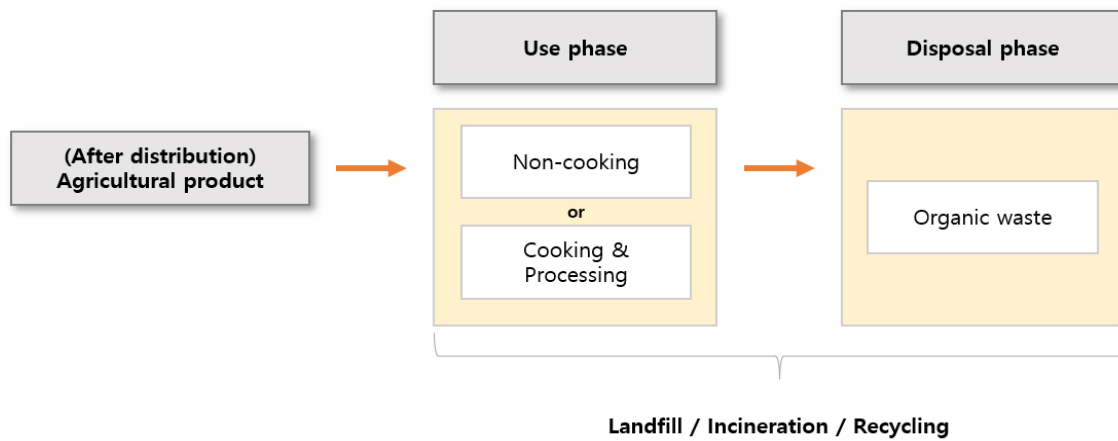


Fig. 6. Disposal phase of agricultural products (After the distribution phase)

단, 비가공 농산물의 사용단계는 외식업에서의 조리 및 가공과 개별 소비자의 기호에 따라, 첨가물이 추가되거나 폐기물이 발생하는 등 정량화하기 어려우므로 폐기단계에서 원물 그대로 폐기되는 것으로 가정하였다.

2.2.3. 데이터 품질

연구에서의 수집 데이터 품질조건은 다음과 같으며, 제조 단계 및 유통단계는 최신 기준의 수집 가능 데이터를 활용함에 따라, 시간적 범위가 일치하지는 않으나, 연간 데이터를 활용하였기에 매년 데이터가 유사한 것으로 가정했다.

Table 6. Data quality requirement

Category	Raw material extraction	Manufacturing	Distribution		Use and Disposal
Time-related coverage		2018	2018		
Geographical coverage	Secondary data (Unable to collect the primary data)	Gyeongsangbuk-do, Chungcheongbuk-do	Gyeong-buk	Yeongju Andong Uiseong	Secondary data (Unable to collect the primary data)
Technology coverage			Chung-buk	Chungju	
		Selection of random farms from conventional farms to smart farms (regional average)			

2.2.4. 데이터 수집과 LCI DB 활용

데이터는 지역별 농산물 재배환경 및 유통망 차이를 고려하여 제조 및 유통단계는 지역통계를 활용하였으며, 제조전단계 및 폐기단계는 현장 데이터 수집의 어려움으로 LCI DB를 활용하였다.

◦ 제조전단계

상위흐름 즉, 비료를 비롯한 4개 투입물(비료/작물보호제/에너지/기타자재)별 생산 데이터는 해당 투입물별 배출계수를 수집 및 산정하였다.

◦ 제조단계

사과 생산 관련 데이터는 지역별 소득자료조사 통계(Rural Development Administration, 2018)를 확인하였다. 신선식품임을 고려하여, 가공식품에 해당하는 세척공정은 제외하였다. 사과 수확 이후의 포장 및 세척공정은 관련 데이터 확보가 불가하여 산정에서 제외하였다.

◦ 유통단계

유통은 생산자로부터 도매시장 등을 거쳐 소비자에게 전달되는 수송을 의미하며, 본 연구에서는 경북(영주, 안동, 의성) 및 충북(충주)의 유통을 확인하였다. 유통단계에서의 저장은 저장고 운영에 관한 연구자료를 참고하였으며, 포장공정은 농수산 유통정보(KAMIS)의 품목별 유통실태 자료를 참고하

여 수확 및 선별 판매까지 PVC 상자로 이동하는 것으로 가정, PVC 상자는 유통단계에서 지속순환하는 재활용품으로써 포장공정에 의한 환경영향은 없는 것으로 가정하였다.

유통단계의 환경영향 산정은 배출계수를 기준으로 농산물 운송량과 거리를 수집하여 온실가스 배출계수(kgCO₂-eq/kg·km)를 적용하는 방법과 농산물 수송에 따른 연료사용량을 바탕으로 직·간접 온실가스 배출계수(kgCO₂-eq/kg)를 적용하는 방법이 있다.

이 중 첫 번째 방법의 경우, 생산자부터 최종 소비자에 이르는 수송거리가 다양한 판매처(직거래, 도매시장 등)로써 확인 및 정량화가 불가능하기에 본 연구에서는 두 번째 산정방법으로써, 농산물 품목별 유통실태 자료에서 언급하고 있는 유통비용 중 출하/도매/소매단계별 운송비 원단위(원/kg)와 지역별 생산량(kg)을 토대로 전체 운송비를 도출하고 지역별 경우 평균가격(L/원)으로 나누어 수송단계에서의 유류 사용량을 계산했다(Korea National Oil Corporation, 2021). 유종은 경우로 가정하였다.

충북지역의 수송 데이터는 충주지역을 확인했으며, 이는 2019년 충북지역의 사과 생산량 52,376 t 중 충주 34,081 t으로 65.1%에 해당하기에 충주가 충북을 대표한다고 판단하였다.

경북지역의 수송 데이터는 의성, 영주, 안동지역을 확인했으며, 이는 2019년 경북지역의 사과 생산량 338,085 t 중 의성 47,351 t, 안동 59,418 t, 영주 92,888 t으로 합계가 59.1%에 해당하기에 언급된 3개 지역이 경북을 대표한다고 판단하였다.

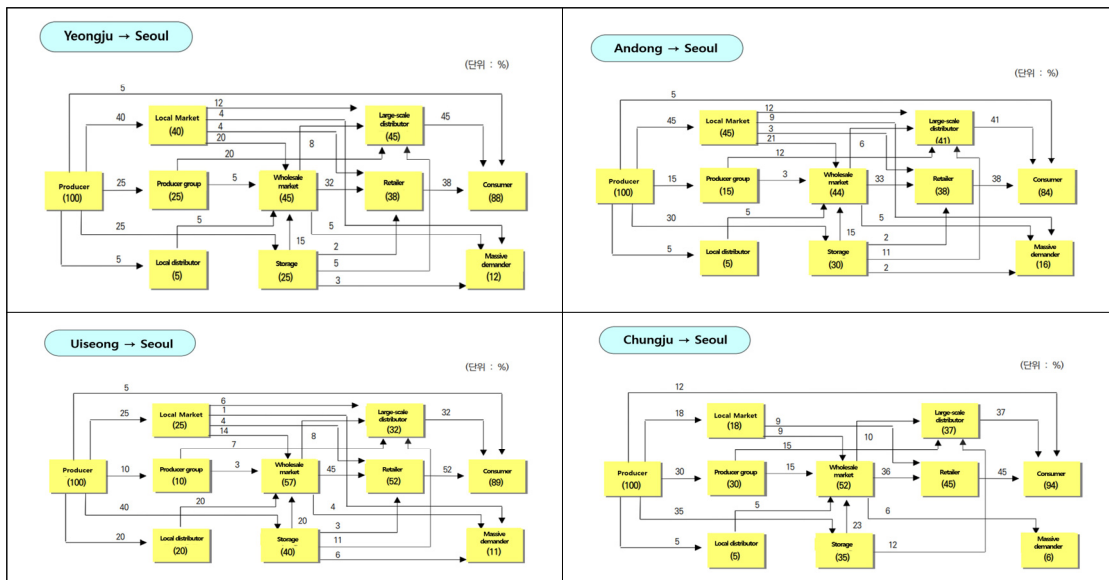


Fig. 7. Distribution route of apple by region (Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2019)

Table 7. The amount of diesel used to transport apples at the Chungcheongbuk-do (Chungju)

2019	Carrying cost	Shipping phase	Wholesale phase	Retail phase	Total
		800 won/10 kg	204 won/10 kg	30,000 won/500 kg	-
Productivity	1,965 kg	157,200 won	40,860 won	117,900 won	315,186 won
Diesel average cost	1,333 won/L	118 L	30 L	88 L	236 L
The amount of diesel transported per kilogram of apples					2.58E-01 L/kg

Table 8. The amount of diesel used to transport apples at the Gyeongsangbuk-do (Uiseong)

2019	Carrying cost	Shipping phase	Wholesale phase	Retail phase	Total
		900 won/10 kg	204 won/10 kg	30,000 won/500 kg	-
Productivity	1,937 kg	174,303 won	39,509 won	116,202 won	330,014 won
Diesel average cost	1,328 won/L	131 L	30 L	87 L	248 L
The amount of diesel transported per kilogram of apples					1.28E-01 L/kg
The proportion of distribution					60%

Table 9. The amount of diesel used to transport apples at the Gyeongsangbuk-do (Andong)

2019	Carrying cost	Shipping phase	Wholesale phase	Retail phase	Total
		850 won/10 kg	204 won/10 kg	30,000 won/500 kg	-
Productivity	1,862 kg	158,304 won	37,993 won	111,744 won	308,041 won
Diesel average cost	1,330 won/L	119 L	29 L	84 L	232 L
The amount of diesel transported per kilogram of apples					1.25E-01 L/kg
The proportion of distribution					70%

Table 10. The amount of diesel used to transport apples at the Gyeongsangbuk-do (Yeongju)

2019	Carrying cost	Shipping phase	Wholesale phase	Retail phase	Total
		900 won/10 kg	204 won/10 kg	30,000 won/500 kg	-
Productivity	2,725 kg	245,275 won	55,596 won	163,517 won	464,387 won
Diesel average cost	1,340 won/L	183 L	41 L	122 L	346 L
The amount of diesel transported per kilogram of apples					1.27E-01 L/kg
The proportion of distribution					75%

Table 11. The revised amount of diesel used to transport apples at Gyeongsangbuk-do

Category	Productivity ratio	Relative productivity ratio	Transport diesel	(Revised) Transport diesel
Uiseong	14.0%	23.7%	2.67E-01 L/kg	6.32E-02 L/kg
Andong	17.6%	29.8%	2.66E-01 L/kg	7.92E-02 L/kg
Yeongju	27.5%	46.5%	2.64E-01 L/kg	1.23E-01 L/kg
Gyeongsangbuk-do	100.0%	-	-	2.65E-01 L/kg

저장은 저온저장을 의미하며, 참조문헌에 기재된 내용을 참고하여 다음의 저장 전력 시나리오를 바탕으로 계산하였다(Rural Development Administration National Institute of Agricultural Sciences, 2016).

Table 12. Electricity usage scenario for storing agricultural products

Category	Note
The amount of apple storage	10,810 kg
Electricity usage	2,185.893 kWh (85,687 won / 39.2 won/kWh)
Input unit for storage	0.202 kWh/kg

2.2.5. 폐기 시나리오

폐기단계는 국가표준식품 성분 DB (Rural Development Administration, 2021)를 참고하여 사과의 평균 폐기율을 고려 및 유기성 폐기물로 처리되는 것으로 가정되었으며, 유기성 폐기물의 처리방법별 비율은 환경부의 ‘전국 폐기물 발생 및 처리현황’을 적용(Ministry of Environment, 2020)하였다.

Table 13. Disposal rate by apple variety

Category	Fuji apple	Granny Smith apple*	Jonatan apple	Average
Apple	12%	13%	18%	14.3%

* ‘Apple, Granny Smith, peeling Raw’

Table 14. Disposal scenario of agricultural products

Category	Volume-rate disposal system : Combustibility	Seperate garbage : Food waste	Total	Ratio
Landfill	328.9	149.6	478.5	3.0%
Incineration	958.9	336.8	1,295.7	8.2%
Recycle	350.1	13,773.1	14,123.2	88.8%
Total	1,637.9	14,259.5	15,897.4	100.0%

2.2.6. 데이터 수집결과

수집한 데이터는 기능단위 기준으로 정량화하였으며, 전과정 단계별로 다음과 같다.

Table 15. The result of data collection (Summary, Chungcheongbuk-do)

LCA phase	Category	Name	Input/Output
Raw material extraction	Fertilizer	Animal compost	7.23E-02 kg/kg
		Calcium sulfate	4.59E-03 kg/kg
		Urea	9.18E-04 kg/kg
	Pesticide	Insecticide	8.71E-05 kg/kg
		Energy	Electricity
		Diesel	1.43E-02 kg/kg
	∴	∴	∴
Manufacturing	Energy	Direct emission (CO ₂)	1.66E-02 L/kg
	Fertilizer	Direct emission (N ₂ O)	2.22E-03 kg/kg
	∴	∴	∴
Distribution	Energy	Storage (35%)	7.08E-02 kWh/kg
		Distribution (65%)	1.03E-01 kg/kg
		Direct emission (CO ₂)	1.20E-01 L/kg
Disposal	Apple peels, etc	Landfill	4.31E-03 kg/kg
		Incineration	1.17E-02 kg/kg
		Recycle	1.27E-01 kg/kg

Table 16. The result of data collection (Summary, Gyeongsangbuk-do)

LCA phase	Category	Name	Input/Output
Raw material extraction	Fertilizer	Animal compost	8.98E-01 kg/kg
		Calcium sulfate	4.45E-02 kg/kg
		Urea	6.00E-03 kg/kg
	Pesticide	Insecticide	6.32E-05 kg/kg
		Energy	Electricity
		Diesel	1.43E-02 kg/kg
	∴	∴	∴
Manufacturing	Energy	Direct emission (CO ₂)	1.66E-02 L/kg
	Fertilizer	Direct emission (N ₂ O)	1.34E-03 kg/kg
	∴	∴	∴
Distribution	Energy	Storage (30%)	6.08E-02 kWh/kg
		Distribution (70%)	1.09E-01 kg/kg
		Direct emission (CO ₂)	1.27E-01 L/kg
Disposal	Apple peels, etc	Landfill	4.31E-03 kg/kg
		Incineration	1.17E-02 kg/kg
		Recycle	1.27E-01 kg/kg

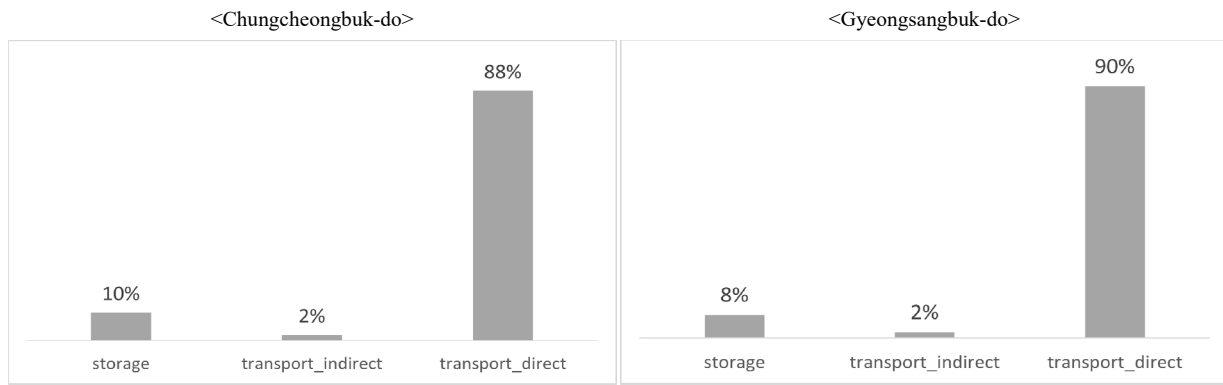


Fig. 8. CO₂ emission through the distribution step (percentage)

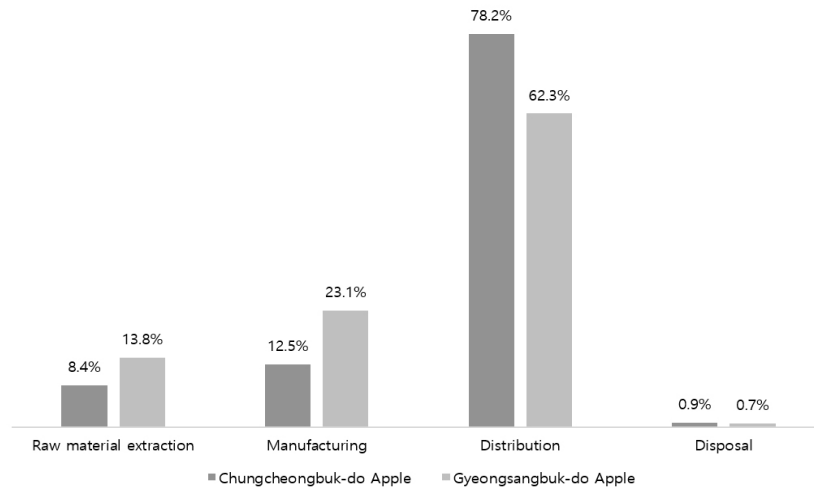


Fig. 9. CO₂ emission through the whole life cycle by region (percentage)

2.3. 연구결과

사과의 영향평가 방법론은 IPCC 2006 Guideline을 참고했으며, 활용된 배출계수는 환경부 및 산업통상자원부 등 국가 LCI 데이터베이스와 해외 Ecoinvent 2.0을 참고하였다. 산정결과, 지역과 무관하게 유통단계에서의 배출량 기여도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 중에서도 수송에서의 유류 사용에 의한 직접연소가 주요 배출량 증가원인으로 파악되었다.

그 밖에도 제조단계는 지역간 편차가 있는 것으로 확인되었다. 이는 사과 생육환경 즉, 온도나 토양(질소질) 등에 따라 좌우되는 비료 및 에너지 사용량 편차로 인한 것으로 추정되며, 그 근거로 농촌진흥청에 따른 사과재배 기상환경 8 ~ 11℃에 반해, 통계청에 따른 행정구역별 2018

년 기온이 충북 11.9℃, 경북 12.7℃로써 경북지역이 상대적으로 고온으로써 이를 대처하기 위한 농자재 사용이 많았을 것으로 판단되기 때문이다.

3. 결론

3.1. 고찰

연구목적에 고려할 때, 연구과정에서 파악한 다음 2가지의 데이터 확보 문제해결이 요구된다. 첫 번째, 개발된 LCI DB가 주로 저탄소 농축산물 인증제도에서 활용됨을 고려할 때, 적어도 언급한 61개의 농산물에 대한 유통 데이터 파악이 필요하지만, 현행의 수집가능한 농산물 품목은 41개이므로 지역 대표성이 확보된 데이터의 관리 및 수집이 필요하다.

두 번째, 전과정평가는 자연계로부터 비료를 비롯한 농자재를 생산하는 단계에서 농산물이 폐기되어 다시 자연계로 방출되는 전과정을 고려해야 한다. 이 관점에서 본 연구에서는 지역적 대표성이 확보된 데이터의 부재로 누락된 농자재 생산으로부터 제조(생산)까지의 수송거리가 추가되어야 완전한 전과정이 고려되었다고 판단할 수 있을 것이다.

3.2 결론

기후위기라는 문제 앞에서 많은 국가가 탄소중립을 위한 노력을 강구하고 있으며, 특히 EU에서 2021년 탄소국경조정메커니즘(CBAM; Carbon Border Adjustment Mechanism)을 제안하였으며, 이에 는 확장된 EU ETS(Emissions Trading System)처럼 산정 범위가 scope 1과 2를 포함하고 있다. 2021년 발표된 EU 탄소국경조정메커니즘 정책 제안(EU commission, 2021a)에서 EU 역내 수입 물품에 대한 탄소국경세 대상으로 5개 제품이 선정되었으며, 2022년 초에 대상 제품군의 확장 추세가 이어질 것으로 보인다. 또한, 복합제품(complex goods)의 경우에는 내재 탄소 배출량(embedded carbon emissions)을 고려할 것을 언급하고 있으며, 최근 발표된 탄소국경조정메커니즘 개정안(EU commission, 2021b)에서는 제품의 직·간접배출뿐만 아니라, 제품의 상위흐름(upstream)까지 확장하여 내재 배출량을 포함해야 하며, 이에 대한 산정방법론 개발의 필요성을 언급하고 있다. 이에 따라, 단순히 제품의 생산 제품단을 넘어 전과정(공급망)에 걸친 탄소배출 현황의 분석·관리의 필요성이 대두됨에 따라, 탄소국경조정메커니즘은 Scope 3로 확대가 예상된다. 이처럼 탄소국경조정메커니즘에서의 핵심 이슈가 제품 전과정에서의 탄소 배출량 산정이며, 제품군 확대에 따라 농산물이 해당 제도에 포함될 경우, 사전연구 및 본 연구결과에서처럼 농산물은 유통단계에서의 배출량 관리가 가장 중요하게 취급될 것이다. 이에 따라, 현행의 농산물 LCI DB 개발에서도 농산물의 목적과 전과정평가에서의 기능을 세분화하여 계획을 수립이 필요하며, 국내에서 생산함에 따른 농산물의 수송 거리가 수입 농산물의 수송 거리보다 짧다는 점에서 농산물의 탄소 배출량 비교 시, 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 결과물(논문)은 농촌진흥청 연구사업(공동연구번호 : PJ014797042021)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

References

- Asia-Pacific Economic Cooperation, Ministry of Trade, Industry and Energy. 2004. The practice guidelines of ISO 14040 series.
- Davida Johansson. 2015. Life cycle assessment (LCA) of apples - A comparison between apples produced in Sweden, Italy and Argentina. Swedish University of Agricultural sciences.
- European Commission. 2021a. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council establishing a carbon border adjustment mechanism.
- European Commission. 2021b. Draft report on the council for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism.
- Filippo. 2016. Life cycle assessment of apples at a country level the case of Italy. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector Life; 2014 Oct 8~Oct 15; San Francisco, USA : LCA food.
- Foundation of Agri, Tech, Commercialization & Transfer. 2018. Introduction of Low Carbon Certification Label.
- Foundation of Agri, Tech, Commercialization & Transfer. 2020. Common guidelines for calculating greenhouse gas emissions from agricultural products.
- International EPD. 2019. Fruits and Nuts : product category classification UN CPC 013.
- ISO. 2006a. ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.
- ISO. 2006b. ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.
- Joint ministries. 2021. 2030 Nationally Determined Contribution (NDC) Enhanced Proposal
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2019.

- Distribution status by items.
- Korea Environmental Industry & Technology Institute. 2018. Current Status and prospects of Low Carbon Certification Label.
- Korea National Oil Corporation. 2021. Average Selling price by region.
- Lee, D. B., Jung, S. C., So, K. H., Kim, G. Y. and Jeong, H. C. 2014. A Study on Carbon Footprint and Mitigation for Low Carbon Apple Production Using Life Cycle Assessment. Korea Journal of Climate Change Research.
- Ministry of Environment. 2020. Status of waste generation and treatment.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016. Manual for determining whether processed food is applicable.
- Rural Development Administration. 2018. Agricultural and livestock income data book (Kyeongsangbuk-do & Chungcheongbuk-do).
- Rural Development Administration. 2021. Korean Food Composition Table.
- Rural Development Administration National Institute of Agricultural Sciences. 2016. Development of technology in CA container, pre-drying, and storage for improveing quality of agricultural produce. Korea: Rural Development Administration. Final Report.