

공공데이터를 활용한 농업 부문 간접 온실가스 배출량 산정 및 분석: 전력 사용량 중심으로

박건진^{*†} · 김필수^{**} · 김정^{**} · 김상범^{***} · 남재작^{****} · 김호정^{*****}

^{*}(주)이아이랩 연구사업본부장, ^{**}(주)이아이랩 팀장, ^{***}국립농업과학원 농업연구관, ^{****}한국정밀농업연구소 연구소장, ^{*****}(주)이아이랩 대표이사

Calculation and analysis of indirect GHG emissions in the agricultural sector using public data: Focusing on electricity usage

Park, Geonjin^{*†} · Kim, Pilsu^{**} · Kim, Jeong^{**} · Kim, Sangbeom^{***} · Nam, Jaekak^{****} and Kim, ho jung^{*****}

^{*}Head of Research Division, EI LAP INC., Gunpo, Korea

^{**}Team Leader, EI LAP INC., Gunpo, Korea

^{***}Agricultural Research Institute, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea

^{****}Director of Research, Korea Precision Agriculture Research Institute, Suwon, Korea

^{*****}CEO, EI LAP INC., Gunpo, Korea

ABSTRACT

In the domestic agricultural sector, the trend toward electrification of energy sources is rapidly increasing due to the impact of high oil prices and the spread of smart technologies. It is thus necessary to understand the current status of indirect greenhouse gas (GHG) emissions in the agricultural sector. In this study, indirect GHG emissions from the agricultural sector due to electricity use were estimated using public data (Input-Output tables, statistics, etc.) published in other sectors, and found to be 7.3 million tons CO₂eq. (2020). Specifically, indirect GHG emissions by agricultural and livestock sectors were 1.4 million tons CO₂eq. in the vegetable sector, 0.8 million tons CO₂eq. in the fruit sector, 1.0 million tons CO₂eq. in the pig sector, and 0.9 million tons CO₂eq. in the Korean beef sector. In addition, the indirect GHG emissions per cultivated area in the cultivation sector (tons CO₂eq./ha) were 23.245 tons CO₂eq./ha for the floriculture sector and 6.395 tons CO₂eq./ha for the vegetable sector, and the indirect GHG emissions in the livestock sector (CO₂eq./slaughtered animal) were 1.13609 tons CO₂eq./slaughtered animal for the Korean cattle/beef cattle sector and 0.05720 tons CO₂eq./slaughtered animal for the pig sector. The indirect GHG inventory of the agricultural energy sector prepared based on the results of this study is expected to be used to inform carbon neutrality and energy neutrality transition policies in the agricultural energy sector.

Key words : Agriculture, Electrical Energy, Scope 2, Indirect Emissions, Carbon Neutrality

1. 서론

최근 생산 인구 구조의 변화,¹⁾ 기후위기 등의 문제에 직면해 있는 국내 농업 부문은 안정적 식량 생산뿐만 아니라 시대적 뉴노멀(New Normal)인 탄소중립으로의 이행이 중요해지고 있다. 이에 정부에서는 농작물 재배 기술

과 가축 사양관리 기술의 개선, 가축분뇨 활용 확대 등 비에너지 부문의 이행뿐만 아니라 에너지 부문에서도 에너지원의 전환²⁾과 재생에너지 공급 확대 등을 통하여 농업의 저탄소 구조 전환을 추진하고 있다(Korean Government, 2023).

농업 부문 현황 및 전망을 고려한 맞춤형 탄소중립 정

[†]Corresponding author : hotan@eilap.com(15850, Rm1107-103, SK Ventium, 166, Gosanro, Gunposi, Gyeonggi-do, Korea. Tel. +82-31-429-7334)

ORCID 박건진 0000-0003-0223-1999

김상범 0000-0002-3718-0426

김필수 0000-0003-0260-5110

남재작 0000-0002-4409-1982

김정 0009-0000-5718-0004

김호정 0000-0007-7336-1244

책 추진을 위해서는 보다 상세한 농업 부문별 에너지 이용 현황 자료 및 지역별 부문별 직접, 간접 온실가스 배출량 정보가 필요하다. 그러나 ‘에너지 총조사 보고서’ 및 ‘국가 온실가스 인벤토리 보고서’ 등 국가 승인 통계 자료를 살펴보면, 농림어업 부문의 정보를 통합하여 제공하고 있어 농업 정책의 기초자료로 활용하기에는 한계가 있다. 최근 연구된 농업 부문의 에너지 이용 현황과 온실가스 배출량 정보는 일부 작물 및 축종을 대상으로 표본조사를 실시하여 생산하거나 통계청의 ‘농산물생산비조사’ 및 농촌진흥청의 ‘농축산물 소득조사’³⁾의 데이터를 분석하여 추정하고 있는 상황이다(Jeong et al., 2022; Kim et al., 2018). 이에 Kim et al. (2021)은 농업 부문 최종에너지 소비 및 에너지 전환 등과 관련된 기본적인 통계 체계를 구축하고 세부 데이터 축적이 필요하다고 하였으며, Choi (2021)는 에너지 총조사 시 농림어업 부문에서는 표본 크기, 조사 내용 등에 대한 개선과 타 통계와의 차이에 대한 원인 분석이 필요하다고 하였다.

또한, 글로벌 무역시장에서도 점차 생산품 라이프사이클 전반⁴⁾에 대한 배출량 산정 및 공시 의무화⁵⁾가 추진되고 있다(ISSB, 2023). 국내 농업 분야에서도 농축산물의 생산 과정의 저탄소 활성화를 위하여 품목별, 축종별 온실가스 배출량 정보를 활용한 저탄소 농축산물⁶⁾ 인증제도(MAFRA, 2020)를 시행하고 있기 때문에 지속적으로 농업 부문의 품목별, 축종별 에너지 소비량과 원단위 배출량 등의 정보 생산 및 제공이 필요한 상황이다.

이러한 대내외 환경 변화 속에서 국내 농림어업 부문의 에너지 소비량(천toe)은 2022년 기준 국가 전체 에너지 소비량 중 약 2.6%로 작은 비중(%)을 차지하고 있다(MOTIE, 2024). 다만, 화석연료 소비는 감소하고, 전력 소비량은 지속적으로 증가하는 등 에너지원의 변화가 급속하게 진행되고 있다. 지속적인 농가 수 감소 대비 농작업 기계화 증가, 산지유통시설 확대, 시설 재배의 증가, 가축

사육두수의 증가 등(Statistics Korea, 2020c)을 고려한다면, 농업의 규모화, 농업의 스마트화 진전 및 시설농업의 발달, 농업법인의 증가 등이 고르게 영향을 미쳤을 것으로 추측하고 있다(Kim et al., 2021). 특히, 정부에서 적극 추진하고 있는 원예 스마트팜, 축산 스마트팜 등 첨단 농업 기술의 보급 활성화(MAFRA, 2025)는 농업 에너지 부문의 전기화(Electrification) 확산을 가속화시킬 전망이다.

이에 본 연구에서는 농업 부문 전력 소비와 관련된 공공데이터의 융합을 통하여 품목, 축종 등 농업 부문별 간접 온실가스 배출량을 산정하고, 저탄소 농축산물 인증제도, 기후 공시 의무화에 대응할 수 있는 지표로 원단위 간접 온실가스 배출량을 산정하고자 하였다. 또한, 농업에너지 이용 효율화를 위한 농업 부문 ‘에너지 전환’ 및 ‘에너지 절감’을 위한 지원 사업 추진 시 품목별, 축종별 우선순위 선정 등에 필요한 시설별 원단위 간접 온실가스 배출량을 산정하는 등 농업 에너지 부문 탄소중립 정책 추진에 필요한 기초 정보를 제공하고자 하였다.

2. 전력 사용 현황 및 선행 연구 고찰

2.1. 농림어업 부문 전력 소비 추이

농림어업 부문의 전력 소비량 관련 통계 자료는 한국에너지공단에서 생산하고 있는 ‘에너지 총조사’ 자료(MOTIE, 2024)와 한국전력공사에서 공개하고 있는 계약종별⁷⁾ 전력 사용량 통계 자료(Electric Power Data Open Portal System, 2024)가 있으며, 본 연구에서는 농림어업 부문 전력 사용 추이를 파악하고자 3년 주기 표본 조사 방식의 ‘에너지 총조사’ 자료보다는 매월 생산, 공개되고 있는 한국전력공사의 농사용 전력 사용량 통계 자료를 활용하여 분석하였다.

Table 1과 같이 2007년부터 2021년까지 15년의 계약종별 사용량을 분석 결과 농림어업용 전력 소비량(농사용

1) 고령화, 청년 인구의 감소 등으로 농업 생산 인력이 부족하고, 농촌 지역의 소멸이 진행되고 있다.

2) 등유, 석유 등 화석연료 기반의 에너지원에서 전기·수소 등의 친환경에너지원으로 전환을 말한다.

3) 농업경영 진단 및 설계 등 농가소득 증대를 위한 경영개선 연구·지도 기초자료로 활용하고자 농촌진흥청에서 매년 지역별 일부 농축산물을 대상으로 표본조사 방식으로 추진되고 있다.

4) Scope 1의 직접 배출량 부문뿐만 아니라 Scope 2, 3의 간접 배출량 부문까지 포함한다.

5) 국제지속가능성기준위원회(ISSB)에서는 환경·사회·지배구조(ESG) 관련 첫번째 공시 기준(기후분야의 지속가능성 공시기준)을 확정, 25년부터 의무 공시 시행을 추진하고 있다.

6) ‘저탄소 농축산물’이란 저탄소 농업기술 등을 활용하여 생산 전과정에서 발생하는 온실가스의 배출량이 해당 품목의 평균 온실가스 배출량 보다 적은 농축산물을 말한다.

7) 한국전력공사에서는 전기 사용 계약 시 전기 사용 용도에 따라 주택용 전력, 일반용 전력, 교육용 전력, 산업용 전력, 농사용 전력, 가로등, 예비 전력, 임시 전력으로 구분하여 계약하고 있다. 농사용 전력은 양수, 배수 펌프 및 수문조작에 사용하는 전력인 농사용 전력(갑)과 농축수산물의 생산 및 보관 등에 사용하는 전력인 농사용 전력(을)로 구분하여 적용한다.

Table 1. Usage trends by type of power contract

(Unit: 10³MWh, %)

Year	Residential	General	Educational	Industrial	Agricultural	Street lighting	Midnight power	SUM
2007	55,681	82,208	5,304	194,936	8,215	2,794	19,467	368,605
2008	57,877	86,820	5,783	203,429	8,869	2,847	19,391	385,017
2009	59,427	89,609	6,465	207,114	9,671	2,954	19,121	394,362
2010	63,200	97,402	7,453	232,529	10,654	3,081	19,690	434,008
2011	63,524	99,498	7,568	251,339	11,232	3,145	18,607	454,911
2012	65,484	101,584	7,860	257,933	12,776	3,158	17,620	466,415
2013	65,815	102,189	7,947	265,277	13,866	3,156	16,496	474,745
2014	64,457	100,753	7,438	272,383	14,505	3,221	14,658	477,414
2015	65,618	103,671	7,691	273,366	15,702	3,341	14,074	483,464
2016	68,057	108,616	8,079	278,809	16,580	3,462	13,416	497,018
2017	68,544	111,298	8,316	285,969	17,251	3,557	12,811	507,746
2018	72,895	116,933	8,678	292,998	18,504	3,582	12,558	526,147
2019	72,639	116,224	8,561	289,239	18,882	3,571	11,379	520,495
2020	76,303	113,637	7,515	278,659	19,029	3,507	10,616	509,268
2021	79,915	119,550	8,423	291,333	20,603	3,444	10,162	533,431
Aver. rate(%)	14.2%	22.0%	1.6%	55.1%	3.1%	0.7%	3.3%	100.0%
CAGR*(%)	2.4%	2.5%	3.1%	2.7%	6.3%	1.4%	-4.2%	2.5%

*CAGR: Compound annual growth rate (%)

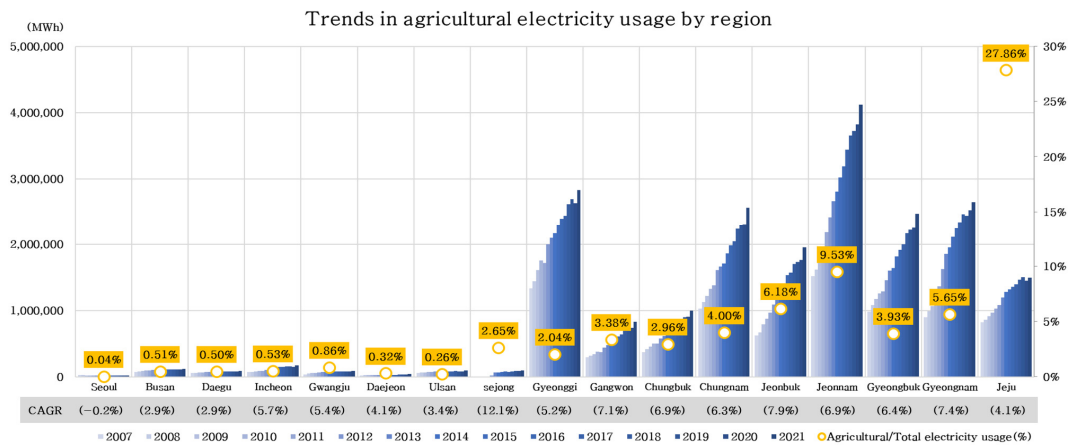


Fig. 1. Trends in agricultural electricity usage by region (2007 ~ 2021)

전력 사용량)은 총 전력 사용량 대비 평균 3.1%로 낮은 비중(%)을 차지하고 있으나, 2007년 2.2%에서 2021년 3.9%로 연평균 6.3%의 증가율을 보여 다른 계약종별 전력소비량 증가율(%)보다 높은 비율(%)로 증가한 것으로 나타났다. 특히, 시도 단위별로 분석한 결과 특별광역시 농사용 전력 사용량 비중(%)은 평균 0.4% 수준이나 농업 및 어업 활동 등이 주요 산업 구조인 시도의 경우 농

사용 전력 사용량 비중(%)이 평균 4.4% 수준으로 나타났다. 지방자치단체별로 차이가 많아 제주특별자치도의 경우 농사용 전력 사용량 비중(%)이 평균 27.9%로 가장 높았으며, 이후 전라남도 9.5%, 전라북도 6.2%, 경상남도 5.7% 순으로 높은 것으로 분석되었다. 또한, 농사용 전력 사용 연평균 증가율(%)은 전라북도가 7.9%로 가장 높았으며, 경상남도 7.4%, 강원도 7.1%, 전라남도 6.9%, 충

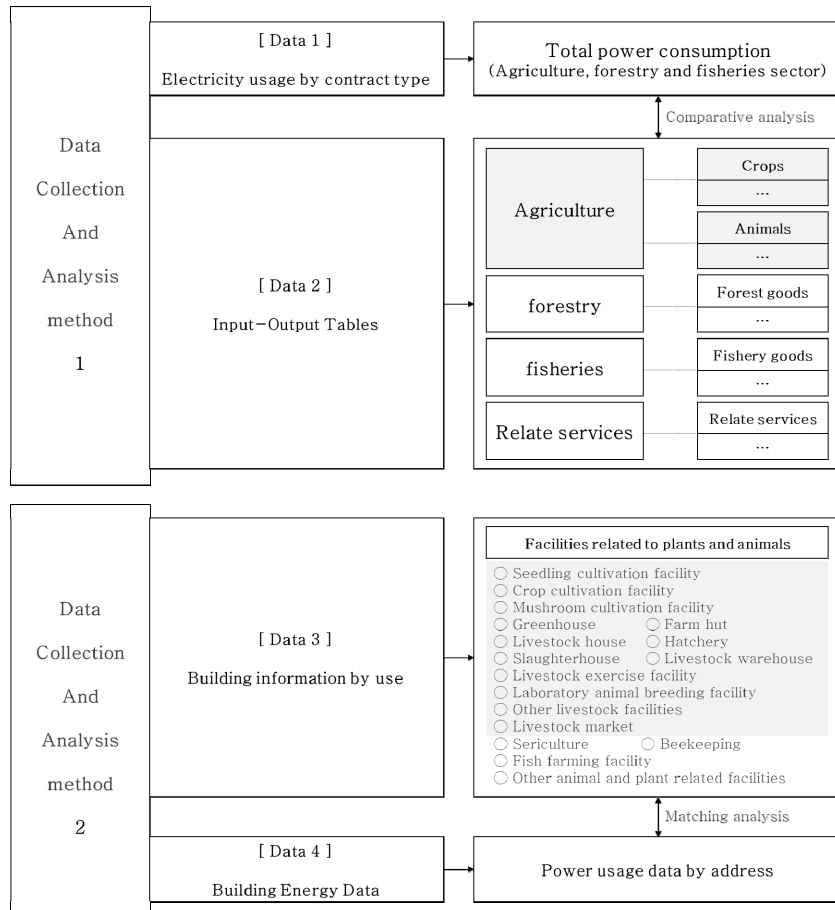


Fig. 2. Data collection and analysis methods

청북도 6.9%의 순으로 농사용 전력 사용량이 급증한 것으로 분석되었다.

2.2. 선행 연구 동향

농업 에너지 부문의 전기화 추세에 따라 부문별 에너지 소비량 현황 파악을 위한 관련 연구가 진행되어 왔다. 다만 초창기 연구는 농가소득 안정을 위한 기초자료 생산이 목적으로 Jeong et al. (2010)은 5개 품목을 대상으로 전화 설문조사 형태로 에너지 사용실태를 조사하고, 에너지 가격 변동에 농업 경영에 미치는 영향을 분석하였다. Kim et al. (2013)은 통계청의 ‘농산물생산비조사’ 및 농촌진흥청의 ‘농축산물 소득조사’의 원자료를 활용하여 일부 작물 및 축종을 대상으로 에너지원별 이용 실태를 추정하고, 에너지 소비가 농업 생산에 미치는 영향 및 대응 방향에 대하여 분석하였다.

최근에서야 농업 에너지 부문의 탄소중립 및 신재생에

너지 보급 방향 등과 농림어업 부문 에너지 관련 제도 개선에 관련한 연구가 진행되었다. Jung (2019)은 국내 농업 부문 에너지사용 실태와 농사용 전기요금의 낮은 단가 체계에 따른 경제·환경적 영향을 분석하고 재생에너지 보급 확대를 중심으로 한 농업부문 에너지 전환의 중요성을 강조하였다. Jeong et al. (2022)은 ‘에너지 총조사’ 등의 통계자료를 기초로 에너지 이용현황을 분석하고, 농사용 전력 및 면세유 등 농업부문 에너지 관련 제도를 검토하여 관련 정책의 개선 방향을 제시하였다.

선행 연구 결과에서 주목할 점은 농업 부문은 화석연료에서 전력으로의 에너지 전환과 친환경농업기계 보급 확대 및 에너지 소비 효율화를 추진하기 위해서는 현재 미흡한 에너지 소비 현황에 대한 상세 조사 체계 구축 및 기초자료 생산이 필요하다고 강조하고 있다는 점이다.

3. 연구 방법

3.1. 농업 부문 전력 소비 관련 데이터의 수집 및 분석 방법

본 연구에서는 선행 연구와 같이 표본 조사 방식의 농업 부문별 에너지 소비량 관련 통계 자료 대신 Fig. 2와

같이 타 분야에서 생산, 공개되고 있는 공공데이터를 중심으로 활동자료를 수집하고, 분석하였다. 먼저 농림어업 부문의 전력 소비 총량은 한국전력공사에서 운영하고 있는 전력데이터 개방 포털시스템의 계약종별 전력사용량 중 농사용 전력 사용량 자료를 활용하였다. 그리고 농업 부문별 상세 분석은 농축수산물 상품별로 생산 시 투입된 상품과의 거래관계를 기록한 한국은행의 산업연관표⁸⁾ 중

Table 2. Output and input commodity sector classifications (based on agricultural, forestry and fishery goods)

Output commodity	Input commodity
(A) Agricultural, forestry and fishery goods	...
(01) Crops	(D) Electricity, Gas and Steam supply
(011) Grains and other edible crops	(45) Electricity supply
(0111) Rice	(450) Electricity supply
(0112) Wheat and Miscellaneous grains	(4501) Hydropower
(0113) Beans	(4502) Thermal power
(0114) Potatoes	(4503) Nuclear power
(012) Vegetables and fruits	(4504) Self generation
(0121) Vegetables	(4505) New and Renewable energy
(0122) Fruits	(46) Gas, steam, hot water supply
(019) Other crops	...
(0191) Floriculture	
(0192) Medicinal crops	
(0193) Leaf tobacco	
(0194) Natural rubber	
(0195) Seeds	
(0196) Other edible crops	
(0199) Other non-edible crops.	
(02) Animals	
(021) Cattle	
(0211) Dairy	
(0212) Cattle	...
(029) Other animals	
(0291) Pig	
(0292) Poultry	
(0299) Other animals	
(03) Forest goods	
...	
(04) Fishery goods	
...	
(05) Agri., fore. and fish. related services	
...	

Source: Bank of Korea Economic Statistics System (2024)(Author reconstruction).

8) 산업연관표는 일정기간 동안 산업간 거래관계를 일정한 원칙에 따라 행렬형식으로 기록한 통계표로서 별도 상품분류 기준을 적용하여 소득순환과 산업간 생산물 순환을 모두 나타내는 통계이다.

Table 3. Facilities related to plants and animals

Categories	Subcategories	
Crop cultivation facilities	○ Seedling cultivation facility	○ Crop cultivation facility
	○ Mushroom cultivation facility	○ Greenhouse
	○ Farm hut	
Livestock facilities	○ Livestock house	○ Hatchery
	○ Slaughterhouse	○ Livestock warehouse
	○ Livestock exercise facility	○ Laboratory animal breeding facility
	○ Livestock market	○ Other livestock facilities
Other	○ Sericulture	○ Beekeeping
	○ Fish farming facility	○ Other related facilities

Source: V-World (2024)(Author reconstruction)

Table 4. Emission factors for the power sector

Classification	CO ₂ (t CO ₂ /MWh)	CH ₄ (kg CH ₄ /MWh)	N ₂ O (kg N ₂ O/MWh)	CO ₂ eq. (t CO ₂ eq./MWh)
Emission factor	0.4567	0.0036	0.0085	0.4591

Source: GIR (2018)

2020 실측표_생산자가격_기본부문_상품별 국산거래표 (Bank of Korea Economic Statistics System, 2024)를 활용하였으며, Table 2와 같이 농축산물 상품⁹⁾별 투입된 전력 상품의 투입 금액과 농사용 전기 평균 판매단가를 활용하여 상품별 에너지 소비량을 추정하였다.¹⁰⁾ 또한, 농업 부문은 재배사, 축사 등 시설 중심으로 전력 소비가 이루어지기 때문에 Table 3과 같이 국토교통부에서 공개하고 있는 용도별 건물정보(V-World, 2024)와 건물 에너지 데이터(Construction data private open system, 2024)를 활용하여 농업 관련 시설(건물)별 전력 사용량을 분석하였다.

3.2. 간접 배출량 산정 방법

농업 부문의 전력 사용에 따른 간접 배출량 산정은 산업연관표의 농림어업 생산품 분류 기준 중 수산물 및 농림어업 서비스를 제외한 농산물, 축산물, 임산물 품목 부문의 전력 소비로 인한 투입 금액(원)과 당해년도 농사용 전력 판매 단가(원/kWh)를 사용하여 부문별 전력 사용량을 추정한 후 Table 4와 같이 2018년 승인된 전력 배출계

수를 적용하여 간접 배출량을 산정하였다.

3.3. 원단위 간접 배출량 분석 방법

농업 부문의 ESG 추진 및 기후 공시 의무화에 따른 식품 공급망 이슈 대응 등을 위해서는 농축산물 상품에 대한 직접 및 간접 부문을 포함하는 원단위 배출량(kg CO₂eq./kg, kg CO₂eq./판매량 등)이 필요하다. 그러나 아직까지 국내에서는 화석연료 기반의 직접 배출량 산정과 감축에만 치중되어 있으며, 저탄소 농산물 인증제에서는 재배면적 또는 1기작 단위로 농산물 원단위 배출량을 산정하고 있다(KOAT, 2023). 따라서 본 연구에서는 앞서 기술한 전력 사용에 따른 농업 부문별 간접 배출량과 농축산물 생산과 소비 관련 통계자료¹¹⁾를 활용하여 농업 부문별 원단위 간접 배출량을 산정하였다. 다만, 관련 통계의 유무, 농산물 재배시기, 가축 사육기간 등에는 상품별 차이가 있기 때문에 당해년도 상품별 생산 기준(생산량, 사육두수 등)이나 소비 기준(도축두수, 판매량 등) 등으로 분석하였다.

9) 산업연관표의 농업부문 분류기준은 작물은 벼, 맥류 및 잡곡, 콩류, 감자류, 채소, 과일, 화훼작물, 약용작물, 잎담배, 천연고무, 종자, 기타 식용작물로 분류하였고, 축산물은 낙농, 축우, 양돈, 가금, 기타 축산으로 분류하였다. 또한, 임산물은 영림, 원목, 식용 임산물, 기타 임산물로, 수산물은 수산어획, 수산양식으로 분류하였다. 이외 농림어업 서비스 부문이 포함되어 있다.

10) 산업연관표의 최신 자료가 2020년으로 비교 분석 및 배출량 산정은 2020년을 기준으로 분석하였다.

11) 농작물 생산통계, 화훼재배 현황, 인삼약용 기본통계, 축산물등급판정통계연보, 가축동향조사, 도축실적 등의 통계자료를 활용하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 전력 사용량 관련 자료의 비교

산업연관표는 각 산업계에서 생산활동을 위해 사용한 중간재의 투입액을 기준으로 작성되기 때문에 앞서 기술한 Table 2와 같이 분류된 산업연관표_농림어업 생산품 부문별 전력 공급 투입 총액과 한국전력공사에서 공개하고 있는 자료 중 농사용 전력(계약종별) 요금 총액과 농림어업 부문(업종별) 전기요금 총액을 비교하였다. 분석 결

과 Table 5와 같이 연도별로 차이는 있으나 산업연관표_농림어업 부문 전력 관련 투입금액 대비 농사용 전력 요금(계약종별)은 평균 101.7%, 농림어업 부문 전기요금(업종별)은 평균 95.5% 수준으로 나타났다. 한국전력공사에서는 농림어업 활동에 직접적으로 사용하는 경우에만 상대적으로 저렴한 농사용 전력을 공급하고 있으며, 농어민의 경우 영농비 절감을 위하여 농림어업 활동에 필요한 전력은 대부분 농사용 전력을 사용하고 있다. 이러한 상황에서 산업연관표_농림어업 부문 전력 관련 투입금액 대비 농사용 전력 요금(계약종별)이 평균 101.7%라는 분석

Table 5. Comparison of electricity bills by data type

(Unit: million won, %)

Year	A	B	C	B/A (%)	C/A (%)	C/B (%) ¹²⁾
2015	738,403	739,959	703,440	100.2	95.3	95.1
2016	807,726	783,694	741,950	97.0	91.9	94.7
2017	736,071	817,104	772,534	111.0	105.0	94.5
2018	832,641	873,643	825,368	104.9	99.1	94.5
2019	806,013	897,256	840,150	111.3	104.2	93.6
2020	1,022,527	917,569	839,070	89.7	82.1	91.4
SUM, Aver.	4,943,381	5,029,224	4,722,512	101.7	95.5	93.9

A: Electricity bills in input-output tables, B: Electricity bills in contract type, C: Electricity bills in industry classification

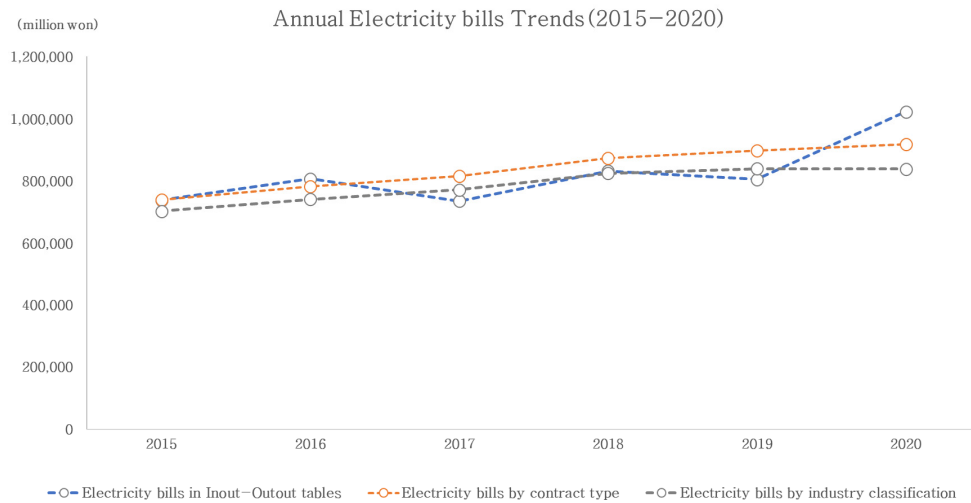


Fig. 3. Annual electricity bills trends (2015 ~ 2020)

12) 농사용 전력 요금 대비 농림어업 부문 전기요금의 비율(%)은 평균 93.9% 수준으로 자료간 차이가 발생한 주요 원인은 첫째, 농업생산기반시설(양배수장 등)의 운영 주체가 한국농어촌공사 및 지방자치단체로서 산업분류체계 상 공공행정 부문에 포함되어 있다는 점과 둘째, 산업분류체계 상 농사용 전력을 사용하지 못하고, 일반용 및 산업용 전기로 계약하여 사용하는 농림어업 분야의 업종도 포함되어 있다는 점 등으로 판단된다.

Table 6. Indirect GHG emissions in the agricultural sector and their percentage by sector (%) (2020)

(Unit: ton, ton CO₂eq., %)

Agricultural sector		CO ₂ (ton)	CH ₄ (ton)	N ₂ O (ton)	CO ₂ eq. (ton)	Ratio (%)		
Crops	Rice	638,009	5.03	11.87	641,297	8.7%	52.2%	
	Wheat etc.	152,054	1.20	2.83	152,838	2.1%		
	Beans	78,380	0.62	1.46	78,784	1.1%		
	Potatoes	164,143	1.29	3.06	164,989	2.2%		
Vegetables and fruits	Vegetables	1,396,187	11.01	25.99	1,403,381	19.1%		
	Fruits	770,832	6.08	14.35	774,804	10.5%		
Other crops	Floriculture	99,418	0.78	1.85	99,930	1.4%		
	Medicinal crops	48,273	0.38	0.90	48,522	0.7%		
	Leaf tobacco	13,516	0.11	0.25	13,585	0.2%		
	Natural rubber	0	0.00	0.00	0	0.0%		
	Seeds	198,438	1.56	3.69	199,460	2.7%		
	Other edible crops	238,262	1.88	4.43	239,490	3.3%		
	Other non-edible crops.	15,313	0.12	0.29	15,392	0.2%		
Animals	Dairy	613,581	4.84	11.42	616,742	8.4%		47.8%
	Cattle	939,690	7.41	17.49	944,532	12.9%		
	Pig	1,043,008	8.22	19.41	1,048,383	14.3%		
	Poultry	807,664	6.37	15.03	811,826	11.1%		
	Other animals	90,914	0.72	1.69	91,382	1.2%		
SUM		7,307,682	57.60	136.01	7,345,337	100.0%		100.0%

※GWP (global warming potential): CO₂=1, CH₄=28, N₂O=265

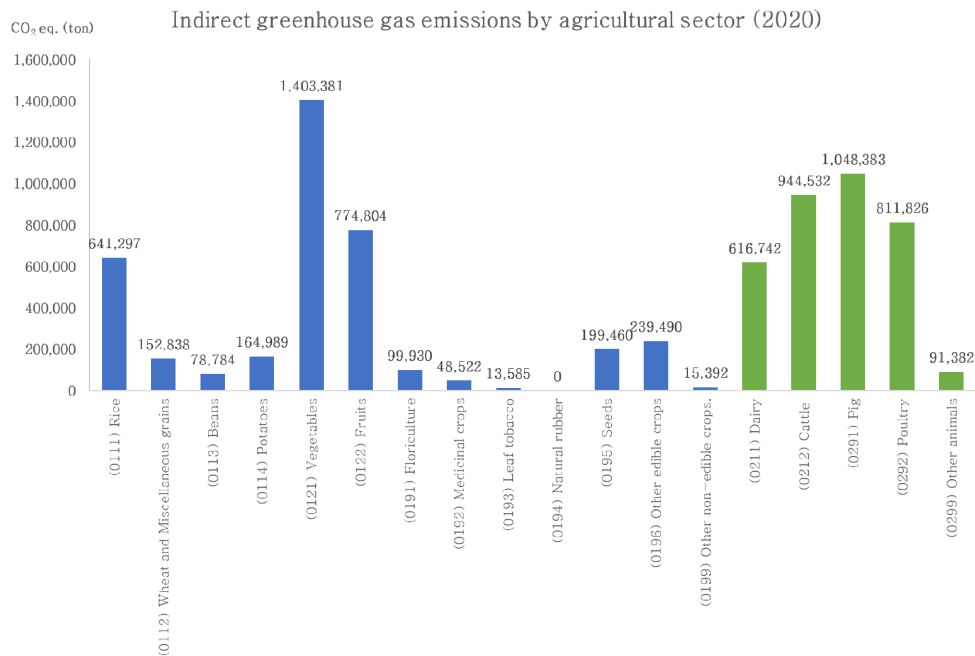


Fig. 4. Indirect GHG emissions in the agriculture sector (2020)

결과는 생산품(농림어업 부문) 구분없이 공개되고 있는 농사용 전력 총량과 생산품(농림어업 부문)별로 구분되어 공개되고 있는 산업연관표 자료를 활용하여 생산품(농림어업 부문)별 전력 사용량 추정이 가능하며, Top-Down Approach (TDA) 방식으로도 농업 부문별 간접 온실가스 배출량 산정이 가능하다는 것을 나타내고 있다.

4.2. 농업부문 간접 온실가스 배출량

2020년 기준 농업부문에서 전력 사용으로 발생하는 간접 온실가스 배출량 산정 결과 약 7.3백만톤 CO₂eq.으로 산정되었다. 이러한 산정 결과는 농업 에너지 부문에서 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출량 약 1.0백만톤 CO₂eq.(MAFRA, 2021)¹³⁾보다 전력 사용으로 인한 간접 온실가스 배출량이 약 7.3배 가량 높다는 의미로 농업 부문에서도 전력 사용에 따른 간접 온실가스 배출량 감축에 관한 대책 수립 및 이행도 필요하다는 것을 나타낸다.

농업 부문 배출량 7.3백만톤 CO₂eq.을 경종과 축산부문으로 분류하면, 경종부문은 3.8백만톤 CO₂eq.(약 52.2%), 축산부문은 3.5백만톤 CO₂eq.(약 47.8%)의 간접 온실가스가 배출되는 것으로 분석되어 경종부문이 좀 더 높은 것으로 분석되었다.

생산품목 기준으로 보면, 경종 부문은 채소 분야가 1.4백만톤 CO₂eq.으로 농업부문 간접 온실가스 배출량 중 약 19.1%(농업부문 중 배출 1위)를 차지하는 것으로 분석되었으며, 이후 과실 분야 0.8백만톤 CO₂eq.(약 10.5%), 벼 분야는 0.6백만톤 CO₂eq.(약 8.7%) 등의 순으로 전력 사용으로 인한 간접 온실가스 배출량이 높은 것으로 분석되었다.

경종 부문 중 채소 분야가 전력 사용으로 인한 간접 온실가스 배출량이 가장 높은 이유는 첫째, 고유가 등으로 시설재배를 위해 소비되는 에너지원이 화석연료에서 전기로 전환되고 있다는 점이다. 일반적으로 시설재배는 냉난방과 같은 시설 내 생육환경 제어 및 모니터링 설비 운영 등으로 논, 밭, 과수 등 노지재배보다 에너지 투입이 상대적으로 더 많다. 국가 통계에 따르면, 1990년 채소 생산 면적(ha) 중 시설 면적(ha)이 차지하는 비중(%)은 12.6%(Statistics Korea, 1990)이었으나, 2020년 24.0%로 증가(Statistics Korea, 2020b)하였으며, 생산량(톤)도 11.7%에서 27.2%로 증가하여 채소의 연중 공급에 크게 기여하고 있다. 특히, 시대별로 재배 품목의 차이가 있지

만, 1990년 시설재배의 단위 면적 당 생산량은 25.42 ton/ha로서 노지 재배의 27.70 ton/ha보다 낮았으나, 2020년에는 단위 면적 당 생산량이 43.94 ton/ha로서 노지 재배의 37.00 ton/ha보다 높은 것은 주목할 필요가 있다. 상기 내용과 같이 시설재배가 증가하고 있는 상황에서 최근 농림축산식품부에서 조사한 결과에 따르면, 2021년 온실의 가온을 위하여 전기를 에너지원으로 하는 면적(ha)이 20.6%(MAFRA, 2021f)로 2019년 9.0%(MAFRA, 2019)보다 크게 증가, 시설 재배에 투입되는 에너지원의 전기화가 가속화되고 있음을 알 수 있다.

둘째, 스마트팜 등 재배기술의 발달로 시설 및 장비 사용이 증가되고 있는 점이다. 스마트팜 등 재배 기술의 발달 및 활용 증가는 필연적으로 에너지 소비를 증가시킨다. 원에 스마트팜에서는 전력으로 구동되는 생육환경의 관측(데이터 수집)을 위한 IoT 기반의 각종 센서와 제어 및 관제 시스템과 온습도 제어, 냉난방, 빛 제어 등을 위한 기계 및 설비 등이 기본적으로 운영(Smartfarmkorea, 2024)되기 때문에 농업 에너지 부문의 전력 소비 증가와 전기화 추세를 가속화시키고 있다. 최근 냉난방비 절감을 위하여 보급되고 있는 지열냉난방시스템도 전력으로 가동되는 히트펌프를 사용한다(MAFRA, 2024b).

축산부문에서는 양돈 부문이 1.0백만톤 CO₂eq.(약 14.3%)로 가장 많이 배출하는 것으로 분석되었으며, 한육우 부문 0.9백만톤 CO₂eq.(약 12.9%), 가금 부문 0.8백만톤 CO₂eq.(약 11.1%), 낙농 부문 0.6백만톤 CO₂eq.(약 8.4%) 순으로 분석되었다. 농림축산식품부에서 조사한 결과(MAFRA, 2024a)에 따르면, 축종별로 차이가 있지만, 대부분의 축사에서는 냉난방을 위한 선풍기, 환풍기, 온풍기, 난방기 등과 소형냉동고, 급이기, 환경제어기 등의 장비 사용이 많으며, 관계 법령 등의 개정으로 가축분뇨 처리시설, 악취저감시설 운영도 증가하고 있다. 여기서 냉난방 관련 시설은 채소 분야와 마찬가지로 고유가의 영향과 저렴한 농사용 전력 공급으로 화석연료 기반에서 전력 에너지 기반의 시설로 전환되고 있으며, 이외 대부분의 장비 및 설비는 전력 에너지로 가동되고 있다. 또한, 축산 스마트팜도 원에 스마트팜과 같이 생육환경의 관리 및 제어, 모니터링 등을 위한 기계 및 설비가 주요 구성요소로서 운영되고 있어(Smartfarmkorea, 2024) 농업 에너지 부문의 전력 소비 증가와 전기화 추세를 가속화시키고 있다.

13) 2018년 기준 온실가스 배출량이다.

Table 7. Indirect GHG emissions per unit by the cultivation sector (2020)

(Unit: ton CO₂eq., ha, ton, 10³ Flower, kg)

Agricultural sector		CO ₂ eq. (ton)	Area (ha)	Production (ton)	Data source	CO ₂ eq. (ton/ha)	CO ₂ eq. (kg/kg)
Crops	Rice	641,297	726,432	4,713,162	A	0.883	0.136
	Wheat etc.	152,838	67,077	273,647	A	2.279	0.559
	Beans	78,784	66,735	98,677	A	1.181	0.798
	Potatoes	164,989	45,861	883,121	A	3.598	0.187
Vegetables and fruits	Vegetables ^{a)}	1,403,381	219,457	8,486,364	B	6.395	0.165
	Fruits	774,804	156,738	1,975,538	A	4.943	0.392
Other crops	Floriculture	99,930	4,299	746,403 ^{b)}	C	23.245	0.134 ^{b)}
	Medicinal crops ^{c)}	48,522	93,444	278,563	D, E	0.519	0.174
	Leaf tobacco	13,585	3,979	9,585 ^{d)}	F	3.414	1.417
	Natural rubber	0	- ^{e)}	- ^{e)}			
	Seeds	199,460	824,300	45,721	G	0.242	4.363
	Other edible	239,490	167,028	- ^{e)}	A	1.434	
	Other non-edible	15,392	56,258	- ^{e)}	A	0.274	

Source: A: MAFRA (2022), B: MAFRA (2021c), C: MAFRA (2021b), D: MAFRA (2021a), E: NIHHS (2024), F: Statistics Korea (2020a), G: MAFRA (2021e)

a) Total field and facility cultivation data.

b) Unit : 10³flower, ton/10³flower.

c) Including special crops, medicinal crops, ginseng, mushrooms, etc.

d) Dry leaf tobacco production.

e) No data available.

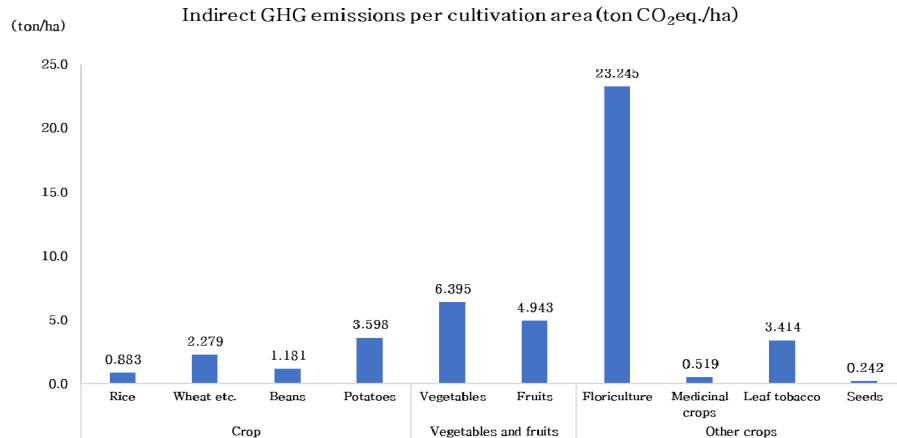
4.3. 농업 부문별 원단위 간접 온실가스 배출량

앞서 분석된 부문별 간접 온실가스 배출량을 활용하여 Table 7 및 Table 8과 같이 농산물 재배면적, 축종별 사육두수 등을 기준으로 하는 원단위 배출량 외에도 새로운 지표로서 농산물 생산량, 축종별 도축두수, 상품별 생산량 등을 기준으로 하는 원단위 배출량을 산정하였다.

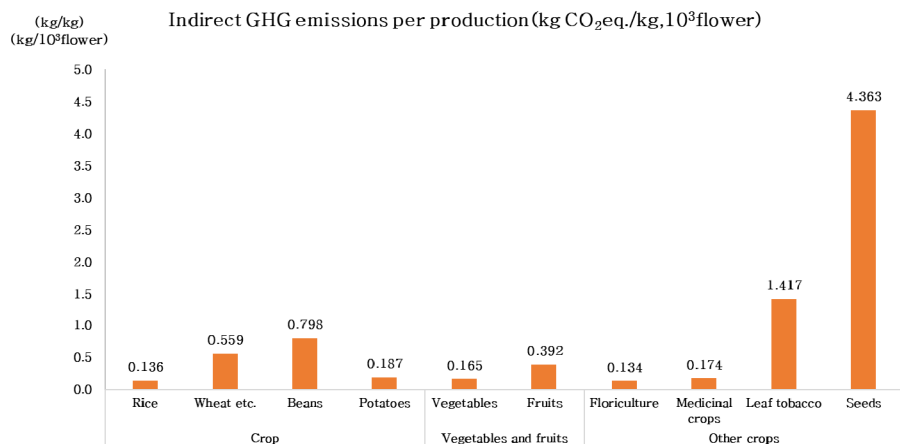
먼저 경종부문의 재배면적 당 간접 온실가스 배출량 (ton CO₂eq./ha)은 화훼 부문과 채소 부문이 각각 23.245 ton CO₂eq./ha, 6.395 ton CO₂eq./ha으로 가장 높았다. 그러나 생산량 당 간접 온실가스 배출량(kg CO₂eq./kg)은 생산품의 보관, 건조 등에 전력 에너지가 많이 소비되고 있는 종자 부문과 잎담배 부문이 각각 4.363 kg CO₂eq./kg 및 1.417 kg CO₂eq./kg으로 가장 높은 것으로 분석되었다. 그리고 두류 0.798 kg CO₂eq./kg, 맥류 및 잡곡 0.559 kg CO₂eq./kg, 과실류 0.392 kg CO₂eq./kg, 서류 0.187 kg

CO₂eq./kg 등의 순으로 높았으며, 화훼류는 0.134 kg CO₂eq./10³Flower로 분석되었다. 채소류의 경우 노지재배와 시설재배의 면적과 생산량 자료는 있으나, 각 재배 방식별 전력 에너지 사용 현황 등의 자료 수집이 어려워 재배 방식의 구분없이 통합하여 산정한 결과 평균 0.165 kg CO₂eq./kg의 간접 온실가스가 배출되는 것으로 분석되었다. 다만, 채소류는 생산 품목도 많으며, 재배 방식, 적용 기술, 장비 및 시설 등이 다양하기 때문에 단순 평균 방식의 본 분석 내용을 채소류의 원단위 간접 온실가스 배출량으로 적용하기에는 한계가 있다.

축산부문은 축산품 소비 기준으로 분석하고자 년간 도축두수, 정육량, 우유 생산량 등을 적용하여 원단위 간접 온실가스 배출량(ton CO₂eq./두수, kg CO₂eq./L)을 산정하였다. 분석 결과 한·육우 부문은 1.13609 ton CO₂eq./도축두수로 가장 높았으며, 양돈 부문은 0.05720 ton CO₂eq./도축두수, 가금(닭과 오리) 부문은 0.00071 ton CO₂eq./도



(a) Based on cultivation area



(b) Based on production

Fig. 5. Indirect GHG emissions per unit by the cultivation sector (2020)

축두수로 분석되었다. 또한, 낙농 부문의 경우 우유 1 L 생산 시 0.29526 kg CO₂eq./L의 간접 온실가스가 배출되는 것으로 추정되었다.¹⁴⁾

또한, 분석 연도 차이는 있지만, 산정하는 방법에 따라 축종별 사육두수당 간접 온실가스 배출량 차이가 많이 나는 것으로 나타났다. 2023년 5개 축종, 약 1만 5천호 사육 농가를 대상으로 시행한 정부 조사 결과(MAFRA, 2024a)에서는 축종별 사육두수당 연간 평균 전력 소비량(kWh/년)은 젓소(1,061), 한·육우(842), 돼지(112), 닭(49), 오리(11)로 분석되었다. 이 조사 결과에 본 연구 방법에 활용된 배출계수를 적용, 간접 온실가스 배출량을 추정할 결

과 젓소는 0.487 ton CO₂eq./두수, 한·육우 0.387 ton CO₂eq./두수, 돼지 0.051 ton CO₂eq./두수, 가금 0.028 ton CO₂eq./두수로 추정되었다. 반면, 본 연구에서 2020년 기준 축종별 사육두수당 간접 온실가스 배출량은 젓소는 1.50497 ton CO₂eq./두수, 한·육우 0.28078 ton CO₂eq./두수, 돼지 0.09464 ton CO₂eq./두수, 가금 0.00425 ton CO₂eq./두수로 산정되어 정부 조사 결과와는 차이가 있는 것으로 분석되었다.

이러한 차이는 배출량 산정하는 방법론 차이로 정부에서 추진한 조사 방법은 BUA (Bottom-Up Approach) 방식이며, 본 연구는 TDA (Top-Down Approach) 방식이다.

14) 정육량 기준으로는 소고기(정육량 236,685 ton)는 3.9907 kg CO₂eq./kg이었으며, 돼지고기(정육량 1,097,821 ton)는 0.9550 kg CO₂eq./kg으로 분석되었다.

Table 8. Indirect GHG emissions per unit by the livestock sector (2020)

(Unit: ton CO₂eq., number of animals, L)

Animals	CO ₂ eq. (ton)	Raise	Slaughter, milk	Data Source	(Raise) CO ₂ eq.	(Slaughter) CO ₂ eq.
		(number of animals, 10 ³ L)			(ton/num.)	(ton/num.)
Dairy	616,742	409,805	2,088,786	A	1.50497	0.29526 ^{a)}
Cattle	944,532	3,363,925	831,389	B	0.28078	1.13609
Pig	1,048,383	11,078,032	18,329,952	B	0.09464	0.05720
Poultry	811,826	191,018,465	1,137,386×10 ³	C	0.00425	0.00071
Other animals	91,382	- ^{b)}	- ^{b)}			

Source: A: Korea Dairy Committee (2024), B: KAPE (2021), C: Livestock Product Safety Management System (2024)

a) Unit: kg/L (milk)

b) No data available

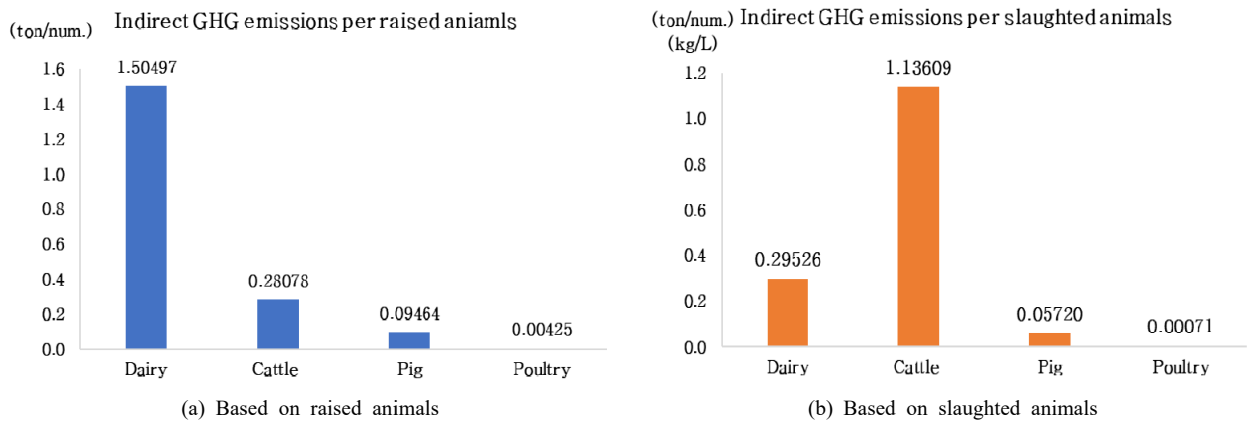


Fig. 6. Indirect GHG emissions per unit by the livestock sector (2020)

일반적으로 BUA 방법은 상세 조사 및 분석을 통하여 배출원별 개선 대책 수립이 가능하나, 수집 자료의 오류, 미반영 배출원의 유무, 타 부문과의 중복산정 등의 문제점을 검증할 수 없게 된다. 반면, TDA 방법은 국가 총량 또는 부문별 총량 등을 기반으로 산정하기 때문에 에너지 밸런스, 부문별 통계자료 등 타 부문과의 균형을 유지할 수 있으나, 평균화된 인벤토리 작성으로 배출원별 분석 및 개선 대책 수립이 어려운 단점이 있다. 일반적으로 인벤토리 작성 과정에서는 TDA 방법과 BUA 방법에 의해 산정된 결과의 비교, 검증이 필수적으로 이루어져야 한다.

4.4. 농업 부문 시설별 배출량

최근 국내 여러 분야에서는 효율적 에너지 관리를 위하여 건물, 공장 등 시설 내 기계와 설비의 에너지 사용량을 모니터링하고 제어하는 에너지 관리 시스템(Energy management system, EMS)을 도입, 운영하고 있다. 농업 부문에서도 농산물 유통시설 내 기계 및 설비별 전력 소비량을 모니터링하고 절감 포인트를 식별하여 제어하는 에너지 최적 사용 체계 구축을 추진하고 있다. 그러나 아직까지 농업 부문의 시설별 에너지 사용량에 대한 조사, 분석은 미흡한 실정이며, 스마트팜 또는 스마트축사에서 수집, 관리하는 데이터 관련 표준(Korean Standards & Certification, 2020)¹⁵⁾에서도 에너지 관련 데이터 부문은

15) 단체표준으로 등록된 시설원에 분야 스마트팜 수집 데이터 규격(SPS-X KOAT-0009-7470:2020)에서는 에너지 정보를 1회차에 수동 또는 자동으로 수집하고, 사용량 단위는 %로 수집하도록 되어 있어 스마트팜에서 가동되고 있는 기계 및 설비별 에너지별 사용량 수집이 어려우며, 스마트축사 기본 데이터모델(SPS-X KOAT-0009-7474~7475)에서 수집, 관리하는 에너지 관련 데이터는 경영비정보(수도광열비_전기료, 난방용 연료대)뿐이다.

Table 9. Average Indirect GHG emissions per facility area (kg CO₂eq./m²)(Unit: Number, %, m², kWh, kg CO₂eq.)

Types of facilities by purpose	Number of buildings (A)	Number of buildings analyzed (B)	Analysis rate (B/A(%))	Average power usage per area (kWh/m ²)	Average GHG emissions per area (kg CO ₂ eq./m ²)
Seedling cultivation facility	1,182	251	21.2%	15.15	6.9555
Crop cultivation facility	2,401	854	35.6%	5.09	2.3357
Mush. cultivation facility	4,331	1,179	27.2%	12.27	5.6321
Greenhouse	837	355	42.4%	16.95	7.7816
Farm hut	1,948	664	34.1%	18.00	8.2636
Livestock house	131,150	22,198	16.9%	7.33	3.3663
Hatchery	184	43	23.4%	11.31	5.1905
Slaughterhouse 1	109	29	26.6%	11.85	5.4392
Slaughterhouse 2 (poultry)	57	8	14.0%	4.85	2.2264
Livestock warehouse	583	111	19.0%	13.94	6.4015
Livestock market	53	42	79.2%	16.97	7.7901
Laboratory facility	37	7	18.9%	30.09	13.8121
Livestock exercise facility	64	8	12.5%	30.94	14.2038
Animal quarantine station	12	0	-	-	-
Artificial insemination center	10	0	-	-	-
livestock facilities	41	0	-	-	-
Other livestock facilities	930	159	17.1%	8.56	3.9309
Other related facilities	29,755	5,817	19.5%	9.83	4.5143
SUM, AVERAGE	173,684	31,725	18.3%	8.11	3.7250

미흡하다.

이에 본 연구에서는 시설별 전력 사용량에 대한 최소한의 현황 파악을 위하여 국토교통부에서 공개하고 있는 용도별 건물정보와 건물 에너지 데이터를 지번주소 기반으로 매칭하여 농업 부문의 시설별 전력 사용량을 분석하고, 간접 온실가스 배출량을 추정하였다.

전처리한 260,424개소의 동·식물 관련시설 데이터를 주소지를 기준으로 정리한 결과 동·식물 관련시설은 173,684개소 주소지에 소재하고 있는 것으로 분석되었으며, 이 데이터의 주소지를 기준으로 건물 에너지 데이터를 매칭한 결과 39,658개소의 동·식물 관련시설에 대한 전력 사용량 정보를 추정할 수 있었다. 다만, 재배품종별, 축종별, 재배기술별 차이를 고려하여 단위면적 당 전력 사용량(kWh/m²) 데이터의 상위 및 하위 10%를 제외한 31,725개소(분석 대상 173,684개소 중 약 18.3% 수준) 데이터를 활용하여 동·식물 관련시설별 평균 전력 사용량 및 간접 온실가스 배출량을 산정하였다. 분석 결과 시설

별 면적당 평균 전력 사용량은 관리사가 18.00 kWh/m²으로 가장 높았으며, 가축시장 16.97 kWh/m², 온실 16.95 kWh/m², 종묘배양시설 15.15 kWh/m², 가축용창고 13.94 kWh/m², 버섯재배사 12.27 kWh/m² 등의 순으로 높은 것으로 나타났다. 그리고 전력 배출계수를 적용하여 분석한 결과 실험시설, 운동시설을 제외한 시설별 면적 당 간접 온실가스 평균 배출량(kg CO₂eq./m²)은 관리사가 8.2636 kg CO₂eq./m²으로 가장 높았으며, 가축시장 7.7901 kg CO₂eq./m², 온실 7.7816 kg CO₂eq./m², 종묘배양시설 6.9555 kg CO₂eq./m², 가축용창고 6.4015 kg CO₂eq./m², 버섯재배사 5.6321 kg CO₂eq./m² 등으로 분석되었다.

그러나 시설별 단위 면적당 평균 전력사용량(kWh/m²)의 Box plot chart를 작성한 결과 데이터 전처리 과정에서 상위 및 하위 10%를 제외한 후 분석하였음에도 작물 재배사, 버섯재배사, 축사 등에서 일반적 범위에서 많이 벗어난 이상점이 많다는 것을 확인하였다. 이러한 분석 결과는 기존 작물재배사, 버섯재배사, 축사와는 다르게 정적

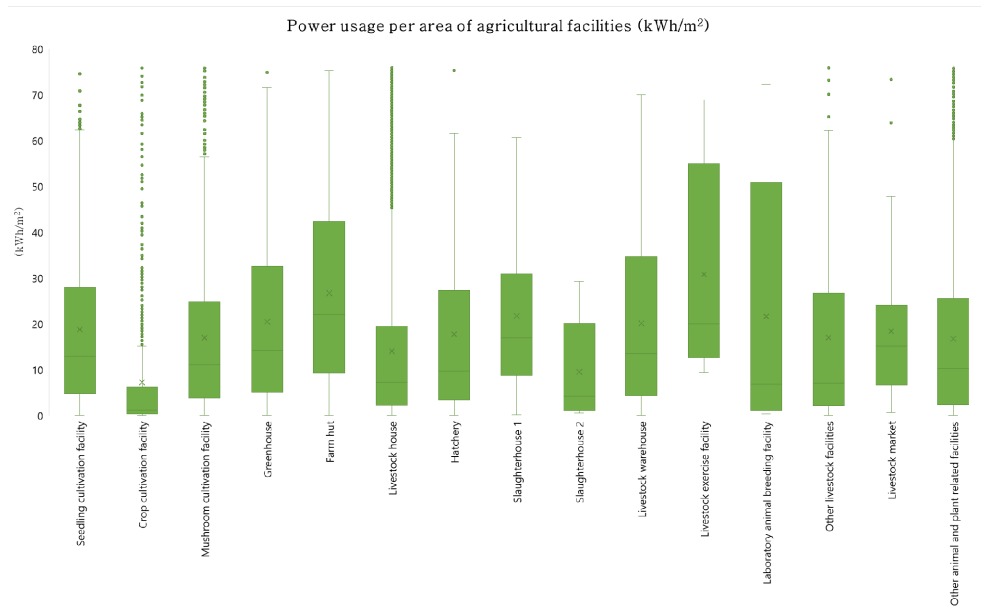


Fig. 7. Power usage per area of agricultural facilities (kWh/m²)

추진 방향¹⁶⁾에 따라 전력 에너지원을 주로 사용하고 있는 원예 스마트팜, 축산 스마트팜 등의 보급과 운영 증가가 주요 원인으로 판단된다. 그러나 앞서 기술한 2023년 정부 조사 결과(MAFRA, 2024a)는 기존 축사와 축산 스마트팜의 구분 없이 통합하여 분석한 내용으로 적용 기술 수준별 맞춤형 탄소중립 정책(MAFRA, 2021d)¹⁷⁾의 이행을 위한 기초 활용자료로는 한계가 있다. 따라서 향후 농업 시설에 적용된 기술(재배기술, 사육기술)을 고려한 자료를 조사, 분석하고, 이 자료를 기반으로 관련 정책을 수립, 추진하여야 농업 부문의 에너지 자립과 탄소중립 이행 등을 보다 효율적으로 추진할 수 있다고 판단된다.

5. 결론

현재 국내에서는 농업 에너지 부문의 탄소중립을 위하여 에너지 전환과 재생에너지 공급 확대 등을 통하여 농업의 저탄소 구조 전환을 추진하고 있다. 그러나 현재 농업 부문의 직·간접 에너지 소비 및 배출량 관련 통계는 농림어업 부문으로 통합되어 공개되고 있으며, 상세 분석 자료는 일부 작물 및 축종을 대상으로 한 표본조사를 통

하여 추정하고 있어 효율적인 정책 수립과 추진을 위해서는 보다 상세한 기본 통계 생산 및 관련 데이터의 축적이 필요하다. 특히, 농작업 기계화에 따른 각종 장비 및 설비 활용 증대와 IoT 기반의 스마트농업 기술의 보급, 확산 등으로 농업 부문의 에너지원은 전기화(Electrification) 추세를 보이고 있기 때문에 현재 저평가되고 있는 농업 부문의 전력 사용량에 대한 상세 분석이 시급하다.

이에 본 연구에서는 표본조사를 기반으로 한 BUA 방법의 기존 데이터 수집 및 분석 방법 대신 TDA 방법으로 공공데이터를 활용하여 전력 사용에 따른 농업 부문의 간접 온실가스 배출량을 산정하였다. 분석 결과 경제 부문(산업연관표), 건축 부문(용도별 건물정보) 등 타 부문에서 생산하고 있는 정보를 활동자료로 활용하여 전력 사용으로 인한 농업 부문별 간접 온실가스 배출량 산정이 가능함을 확인하였다. 주요 결과와 시사점을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2020년 기준 농업부문에서 전력 사용으로 발생하는 간접 온실가스 배출량은 7.3백만톤 CO₂eq.으로 추정되었다. 이 추정된 결과는 농업 에너지 부문에서 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출량 약 1.0백만톤 CO₂eq.

16) 농림축산식품부에서는 지속적으로 추진하고 있는 스마트팜 육성 지원의 법률적 근거를 마련하고자 2024년 7월 25일 ‘스마트팜 육성 및 지원에 관한 법률’을 제정, 시행하고 있다.

17) 농림축산식품부에서는 「2050 농식품 탄소중립 추진전략(2021)」을 수립, 기존 생산유통시설은 단계적으로 에너지 절감시설 보급 확대하고, 모든 농업기계는 전기 동력화를 추진하며, ICT 기반의 스마트팜을 중심으로 한 정밀농업 기술 개발 보급 확산 등을 추진하고 있다.

(2018) 대비 약 7.4배 가량 높다는 의미로 그동안 농업 부문에서 전력 사용으로 인한 간접 온실가스 배출량이 저평가되고 있었음을 시사한다. 따라서 현재 농업 에너지 부문의 탄소중립 달성을 위해서는 빠르게 진행되고 있는 에너지원의 전기화(Electrification) 추세를 고려하여 영농형 태양광 보급, 축산분뇨 바이오가스화 등 재생에너지 공급 확대를 더욱 적극적으로 추진하여야 할 것으로 판단된다.

둘째, 서론에서 언급한 바와 같이 국제사회의 탄소중립 정책 및 규제 방향은 제품별 공급망에서 발생하는 전체 배출량(Scope 1, 2, 3) 산정과 감축을 요구하고 있어 농업 부문에서도 재배면적 또는 사육두수 등을 기준으로 한 원단위 배출량 산정 및 정보 제공이 필요하다. 본 연구에서 경종 부문에서는 농작물 생산량을, 축산 부문은 도축두수, 정육량, 우유 생산량 등을 활용한 결과 현재 생산, 공개되고 있는 경종 및 축산관련 통계자료로 품목별 원단위 간접 온실가스 배출량 산정이 가능함을 확인하였다. 다만, 보다 상세한 분석을 위해서는 향후 농업경영체 등록정보 등 농업부문에서 생산되고 있는 상세 데이터와 융합하여 분석하는 등 분류체계의 고도화 및 방법론 개선을 추진할 필요가 있다.

셋째, 원예 스마트팜, 축산 스마트팜 등의 기술이 적용된 시설의 전력 사용량은 일반적인 시설보다 더 많은 전력을 사용하고 있는 바, 향후 관련 통계 생산을 위하여 BUA 방법으로 조사, 분석할 경우 시설에 적용된 기술(재배기술, 사육기술)을 고려하여 조사 대상을 분류한 후 추진할 필요성이 있다. 앞서 분석한 바와 같이 농사용 전기 사용량은 국가 사용량의 3.1% 수준이나 지역별 산업구조에 따라 시도 단위에서도 차이가 발생한다. 따라서 시설 적용 기술에 대한 고려 없이 작물재배사, 축사 등으로 평균화하여 접근할 경우 데이터의 이상점(Outlier)이 증가하기 때문에 관련 정책의 효율적인 추진이 어려워진다.

마지막으로 인벤토리는 국가 에너지 밸런스 상 타 부문과의 균형이 유지되어야 하며, 분석된 결과의 비교, 검증은 인벤토리 작성 과정에서 필수적으로 이루어져야 한다. 특히, TDA 방법과 BUA 방법에 의해 산정된 결과의 비교, 검증은 인벤토리 작성 과정에서 필수적으로 이루어져야 하기 때문에 향후 본 연구 방법(TDA)에 따른 결과와 표본 조사 방식으로 조사, 분석(BUA)한 결과의 비교, 검증에 대한 추가 연구가 필요하다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업 “기후-에너지 위기 대응 지역재생 기술 개발 및 현장 실증(연구개발과제번호: RS-2022-RD009983)”의 지원으로 수행되었습니다.

Reference

- Architectural Hub. 2025. Provision of architectural data by type_Architectural Energy; [accessed 2025 Jun 03]. <https://www.hub.go.kr/portal/opn/tyb/idx-acpmslg.do>
- Bank of Korea Economic Statistics System. 2024. Input-output tables; [accessed 2024 Jun 16]. <https://ecos.bok.or.kr/#/SearchStat>
- Choi MS. 2021. Study on the direction of reforming the Energy Survey to support carbon neutrality policy. Ulsan, Korea: Korea Energy Economics Institute.
- Electric Power Data Open Portal System. 2024. Power usage by contract type; [accessed 2024 Jun 13]. <https://bigdata.kepco.co.kr/cmsmain.do?scode=S01&pcode=000166&pstate=L&redirect=Y>
- GIR (Greenhouse Gas Inventory and Research Center). 2018. Approved national greenhouse gas emission factors for 2018.
- ISSB (International Sustainability Standards Board). 2023. IFRS (International Financial Reporting Standards) S1 ‘General Requirements for Disclosure of Sustainability-Related Financial Information’ and S2 ‘Climate-Related Disclosures’.
- Jeong EM, Lee WY, Oh SI. 2010. A study on energy use of the farmers. Jeonju, Korea: Korea Rural Economic Institute.
- Jeong HG, Seong JH, Lim JH, Son IS, Lee SJ, Choi YS. 2022. Analysis of energy use in the agricultural and forestry sector and directions for efficiency improvement. Jeonju, Korea: Korea Rural Economic Institute.
- Jung H. 2019. Review of agricultural energy status and energy transition in Korea. KEPCO J Electr Power Energy 5(2): 55-66. doi: 10.18770/KEPCO.2019.05.02.055

- KAPE. 2021. 2020 Livestock Product Grading Statistics Yearbook.
- Kim KH, Yu JK, Jang YJ. 2021. The research status and future challenges on final energy consumption in the agriculture sector. Seoul, Korea: National Assembly Researcher Service.
- Kim YJ, Kim JJ, Han HS. 2013. The current status of agricultural energy production and consumption. Jeonju, Korea: Korea Rural Economic Institute.
- Kim YJ, Park JY, Park YG, Choi JY, Song SH, Moon JH. 2018. A study on energy consumption and carbon dioxide emission in agricultural sector (in Korean with English abstract). Jeonju, Korea: Rural Development Administration. R&D report. doi: 10.23000/TRKO2019 00016008
- KOAT (Korea Agricultural Technology Promotion Agency). 2023. Common Guidelines for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Products.
- Korea Dairy Committe. 2024. Raw milk production statistics; [accessed 2024 Aug 22]. https://www.dairy.or.kr/kor/sub05/menu_01_3_1.php
- Korean Standards & Certification. 2020. SPS-X KOAT-0009-7470:2020, SPS-X KOAT-0009-7474~7475.
- Korean Government. 2023. National Framework Plan for Carbon Neutrality and Green Growth.
- Livestock Product Safety Management System. 2024. Performance by slaughter period (Total chickens and ducks slaughtered); [accessed 2024 Aug 20]. <https://www.lpsms.go.kr/home/stats/stats.do?statsFlag=butcheryperiod>
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2019. Status of greenhouse facilities and energy use.
- MAFRA. 2020 Dec 31. Low-Carbon Agricultural and Livestock Products Certification System Operation Regulations. Notice No. 2020-115.
- MAFRA. 2021a. 2020 Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs vital statistics.
- MAFRA. 2021b. 2020 Status of floriculture.
- MAFRA. 2021c. 2020 Status of vegetable facilities and production performance.
- MAFRA. 2021d. 2050 Agricultural and food carbon neutrality promotion strategy.
- MAFRA. 2021e. Statistics on production, supply and warranty inspection of government-provided species.
- MAFRA. 2021f. Status of greenhouse facilities and energy use.
- MAFRA. 2022. 2020 Yearbook of Statistics on Agriculture, Food and Rural Affairs.
- MAFRA. 2024a. 2023 Livestock Environment Survey Report.
- MAFRA. 2024b. Agricultural Energy Efficiency Improvement Project_support target.
- MAFRA. 2025. The 1st Basic Plan for Fostering Smart Agriculture (2025-2029).
- MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy). 2024. 2023 Energy Consumption Survey.
- NIHHS (National Institute of Horticultural and Herbal Science). 2024. Main horticultural industry statistics; [accessed 2024 Aug 14]. https://www.nihhs.go.kr/farmer/statistics/statistics.do?t_cd=0205&mc=MN0000000036
- Statistics Korea. 1990. Overall vegetable production performance.
- Statistics Korea. 2020a. Agricultural production (raw coffee beans, unprocessed tobacco).
- Statistics Korea. 2020b. Overall vegetable production performance.
- Statistics Korea. 2020c. ‘Structural Changes in Agriculture as Seen through Statistics’ and ‘Structural Changes in the Livestock Industry as Seen through Statistics’.
- Smartfarmkorea. 2024. What is a smart farm?; [accessed 2024 Dec 29]. <https://www.smartfarmkorea.net/contents/view.do?menuId=M01010102>
- V-World. 2024. Building information by purpose; [accessed 2024 Jun 29]. https://www.vworld.kr/dtmk/dtmk_ntads_s002.do?svcCde=NA&dsId=2