



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

環境工學 碩士學位 論文

통계자료를 활용한
농산물의 탄소배출량 산정

Estimation of Greenhouse Gas Emission of the
Agricultural product using Statistical data

亞洲大學校 大學院

環境工學科

崔 玟 革

통계자료를 활용한

농산물의 탄소배출량 산정

Estimation of Greenhouse Gas Emission of the
Agricultural product using Statistical data

指導教授 李 健 模

이 論文을 環境工學 碩士學位 論文으로 제출함.

2014年 8月

亞 洲 大 學 校 大 學 院

環 境 工 學 科

崔 玟 革

崔玟革의 環境工學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 이 건 모 인

審査委員 홍 민 선 인

審査委員 김 순 태 인

亞 洲 大 學 校 大 學 院

2014年 05月 14日

<국문 요약>

이 연구는 통계자료를 활용한 농산물의 온실가스 배출량 산정 방법 개발 및 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정을 통해, 향후 탄소라벨링 관련 제도에서 농산물의 온실가스 배출계수로 활용되는 것을 목적으로 한다.

특정 농산물을 재배하는 전국의 모든 농가 또는 샘플링을 통해 선정된 일부 농가로부터 재배관련 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 통계데이터를 산출하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 예상되었기에, 이 연구에서는 농촌진흥청에서 발간한 “농축산물소득자료집” 및 통계청에서 제공하는 “농산물생산비조사” 통계자료를 활용하였다.

통계자료를 통해 비료 및 경유, 전기, 기타농자재의 사용량 데이터를 수집하였으며, 작물보호제의 사용량은 한국작물보호협에서 발간한 “농약연보”를 활용하여 데이터를 수집하였다. 농산물의 온실가스 배출량 산정 기준은 농산물 관련 통계의 특성을 고려한 “1,000m²·1기작”과 농자재 투입에 따른 농산물 생산성을 고려한 “농산물1kg” 두 가지로 설정하였다.

농산물의 특성을 고려하여 농자재 생산 및 화석연료 연소, 기타농자재 폐기, 질소비료 사용, 논의 물대기에 의한 온실가스 배출량을 산정하였으며, 각 농산물의 최근 5년간 온실가스 배출량을 평균하여 63개 농산물의 평균 온실가스 배출량을 산정하였다.

본 연구에서는 통계자료를 도출하기 위해 활용된 최초 수집데이터가 아닌 가공이 완료되어 공개된 최종 데이터를 활용하였기에, 통계자료에 대한 연구가 부족한 것이 한계점으로 드러났다. 이에 따라 통계자료의 최초 수집데이터에 대한 불확도 분석 및 데이터 선별 연구가 필요하다.

<제 목 차 례>

제1장 개요	1
제1절 연구 배경	1
제2절 연구 목적	2
제3절 연구 내용 및 방법	3
제2장 연구동향	4
제1절 국내 농산물 온실가스 배출량 연구 동향	4
1. 농자재 및 농산물 LCI DB 구축	4
2. 저탄소 농축산물 인증제 시범사업 추진	4
제2절 해외 온실가스 배출계수 연구 동향	5
1. 국외 LCI DB 구축 현황	5
2. 스위스 농업부문 LCI DB 구축 현황	7
3. 덴마크 농업부문 LCI DB 구축 현황	8
4. 일본 농업부문 LCI DB 구축 현황	9
제3장 농산물 온실가스배출량 산정	10
제1절 시스템경계 설정	10
제2절 데이터 수집	11
1. 데이터 출처	11
2. 데이터 수집 대상 및 수집기간 설정	12
3. 데이터 수집	17

제3절 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정	30
1. 온실가스 배출계수 조사 및 선정	30
2. 기타농자재 폐기 시나리오 개발	30
3. 농산물 온실가스 배출량 산정	32
 제4장 결론 및 향후 연구	 46
 제5장 참고 문헌	 48
 Abstract	 49

<표 차례>

<표 2-1> 국가별 LCI DB 구축 현황	5
<표 2-2> 일본의 농업부문 LCI DB 구축 현황	9
<표 3-3> 데이터 수집 대상 농산물 목록	13
<표 3-4> 농산물별 데이터 수집기간	14
<표 3-5> 농축산물소득자료집 데이터 수집 항목	18
<표 3-6> 농산물생산비조사 데이터 수집 항목	20
<표 3-7> 비종별 비료사용량 및 비율(비료연감, 2011)	21
<표 3-8> 농기계 종류별 마력 및 시간당 연료소모량, 면적당 사용시간	24
<표 3-9> 농산물별 동력사용시간 배분결과(예, 2011년)	25
<표 3-10> 농산물별 농기계별 연료 사용량(예, 2011년)	25
<표 3-11> 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량 계산식	33
<표 3-12> 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량 계산식	33
<표 3-13> 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량 계산식	34
<표 3-14> 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량 계산식	35
<표 3-15> 논외 물대기로 인한 온실가스 배출량 계산식	36
<표 3-16> 농산물의 총 온실가스 배출량 계산식	37
<표 3-17> 농산물별, 연도별 온실가스 배출량(“1,000㎡.1기작” 기준)	38
<표 3-18> 농산물별, 연도별 온실가스 배출량(농산물 1kg 기준)	41
<표 3-19> 농산물별 평균 온실가스 배출량	44

<그림 차례>

[그림 1-1] 연구 수행 절차	3
[그림 2-2] ECOINVENT 농업부문 LCI DB 목록(예시)	7
[그림 2-3] 식량작물 온실가스 배출량 산정(Food LCA)	8
[그림 3-4] 농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 시스템 경계	11
[그림 3-5] 농축산물소득자료집 데이터 제공현황 분석 결과(예, 토마토)	17
[그림 3-6] 농산물생산비조사 데이터 제공현황 분석 결과(예, 마늘)	19
[그림 3-7] 벼 및 마늘의 부산물비료 종류별 사용량 추이분석 결과	22
[그림 3-8] 작물보호제 사용량 수집 결과(샘플, 단위:kg)	26
[그림 3-9] 농산물별 작물보호제 안전사용횟수(샘플, 단위:회)	27
[그림 3-10] 농산물별 재배면적(샘플, 단위:m ²)	27
[그림 3-11] 농산물별 작물보호제 사용량 산출(예시)	28
[그림 3-12] 작물보호제별 유효성분 종류 및 성분비 조사 결과(샘플)	28
[그림 3-13] 농산물별 유효성분 사용량 수집(예시)	29
[그림 3-14] 기타농자재 폐기 시나리오	31

제1장 개요

제1절 연구 배경

UNFCCC 하의 온실가스 감축의무국(ANNEX I)들과 비교하였을 때, 우리나라의 온실가스 배출량 순위는 미국, 러시아, 일본, 독일, 캐나다 다음으로 6위(669백만ton CO₂eq.)에 해당된다. 온실가스 다배출국인 중국과 인도 등을 포함할 경우에는 8위에 해당된다.¹⁾

우리나라 정부는 '09년 11월 '온실가스 감축 중기 목표치'로써 국내 온실가스 배출량을 '20년까지 '05년 대비 4%(BAU 기준 30%) 감축하는 안을 최종 확정하였다. 동 감축목표에 따르면, '20년까지의 배출전망치와 비교하여 산업부문 18.2%, 전환(발전) 26.7%, 수송 34.3%, 건물 26.9%, 농림어업 부문에서 5.2%를 감축하여 국가 전체적으로 30%를 감축하게 된다.²⁾

온실가스 배출량을 감축하기 위한 정책 중 하나인 '탄소라벨링' 제도는 자발적 온실가스 감축 유도를 위한 정책 중 하나로써, 정부의 비전인 저탄소 녹색성장 지원을 위한 "3대 전략 10대 정책방향" 중 9번째인 "생활의 녹색혁명"을 지원하기 위한 정책이기도 하다. 특히, 탄소라벨링 제도의 대상제품이 식품 및 전기전자제품, 생활용품 등 소비자와 직접적으로 연관되어 있기에, 비산업부문의 온실가스 배출량을 감축시킬 수 있는 효과적인 정책으로 볼 수 있다.

환경부에서는 자발적 탄소라벨링 제도인 "탄소성적표지제도"를 '09년 2월부터 시행하고 있다. "탄소성적표지제도"에서는 1차 농산물 및 임산물, 의약품,

1) 2012 국가온실가스 인벤토리보고서(온실가스종합정보센터, 2013.3)

2) 부문별·업종별·연도별 온실가스 감축목표 확정(온실가스종합정보센터 보도자료, 2011.07.12)

의료기기를 제외한 모든 제품을 인증 대상으로 하고 있다. '14년 3월 기준 탄소 배출량 인증 1,170건, 저탄소제품 인증 203건이 추진되었으며, 특히 식품부문의 경우 탄소배출량 인증 263건, 저탄소제품 인증 37건으로 탄소성적표지 인증건 수의 21%를 차지하고 있다.

그러나 국내에서는 식품의 원료가 되는 농산물의 LCI DB(Life cycle Inventory Database) 또는 온실가스 배출계수가 존재하지 않아 해외 LCI DB 또는 온실가스 배출계수에 의존하고 있다. 또한, 환경부의 “탄소성적표지”에서도 1차 농산물을 인증대상에 포함하지 않고 있어 농산물의 온실가스 배출계수를 개발하기 위한 기반이 마련되어 있지 않다.

이에 따라 본 연구에서는 농산물별 평균 온실가스 배출량을 산정하여 농산물의 온실가스 배출계수 개발을 위한 기반을 만들고자 하였다.

그러나 특정 농산물을 재배하는 전국의 모든 농가 또는 샘플링을 통해 선정된 일부 농가로부터 재배관련 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 통계데이터를 산출하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 예상되었다.

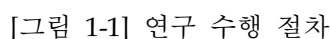
이에 따라 본 연구에서는 농산물과 관련된 통계자료를 바탕으로 한 농산물의 온실가스 배출량 산정 방법을 개발하고, 이를 활용하여 농산물의 평균 온실가스 배출량을 산정하고자 한다.

제2절 연구 목적

본 연구는 통계자료를 활용한 농산물의 온실가스 배출량 산정 방법 개발 및 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정을 통해, 향후 탄소성적표지제도 등 탄소

제3절 연구 내용 및 방법

첫 단계는 데이터 수집 단계로, 데이터 수집 범위를 설정하고, 최근 5년 동안의 농산물별, 연도별 농자재 사용량을 수집한다. 두 번째 단계는 온실가스 배출량 산정 단계로, 첫 단계에서 수집된 데이터를 바탕으로 기존 연구를 통해 개발된 온실가스 배출계수를 적용하여 농산물별, 연도별 온실가스 배출량을 산정한다. 세 번째 단계는 평균 온실가스 배출량 산정 단계로, 두 번째 단계에서 산정한 농산물별, 연도별 온실가스 배출량을 산술평균하여 농산물별 평균 온실가스 배출량을 산정한다.



제2장 연구동향

제1절 국내 농산물 온실가스 배출량 연구 동향

1. 농자재 및 농산물 LCI DB 구축

국내 농업부문의 온실가스 배출량 연구는 농림축산식품부의 농촌진흥청을 중심으로 연구가 진행되고 있다. 농촌진흥청에서는 2009년부터 ‘농식품 부문 탄소이력추적 기반구축’ 연구를 통해 비료 및 유기농업자재, 기타농자재³⁾ 등에 대한 LCI DB 구축사업을 추진하였다.

상기 연구를 통해 보통 비료 22건 및 유기농업자재 21건, 기타농자재 7건에 대한 LCI DB를 구축하였으며, 통계자료를 바탕으로 농산물에 대한 LCI DB 44건을 구축하였다.

그러나 상기 연구 결과는 대외적으로 공개되지 않은 상태이며, 현재 내부 검증을 통해 공개여부를 준비하고 있다.

최근 농촌진흥청에서는 ‘주요 농자재에 대한 탄소 원단위 산정 및 DB 구축’ 연구를 통해 농자재에 대한 LCI DB 구축을 지속적으로 추진하고 있다.

2. 저탄소 농축산물 인증제 시범사업 추진

농림축산식품부에서는 2012년 7월부터, 저탄소 농업기술을 적용하여 재배된

3) 기타농자재는 농산물재배에 사용되는 농자재 중 비료, 작물보호제, 에너지를 제외한 비닐, 지주대, 비닐 끈 등의 농자재를 의미한다.

우리 농산물을 대상으로 ‘저탄소 농축산물 인증제’ 시범사업을 실시하고 있다. 3년간의 시범사업을 계획하고 있으며, 현재 2차 시범사업까지 완료되었다.

‘저탄소 농축산물 인증제 시범사업’을 통해 실제 농산물을 재배하고 있는 38개의 개별 또는 단체 농가를 대상으로 56개 농산물에 대한 온실가스 배출량을 산정하였다.

상기 시범사업을 통한 인증 획득여부는 홈페이지를 통해 공개하고 있으나, 농산물의 온실가스 배출량은 현재까지 외부로 공개되지 않고 있다. 특히, 농산물을 재배하는 전국의 재배 농가 중 일부의 농가를 대상으로 한 시범사업이기 때문에 그 결과를 통계자료로 활용하는 것 또한 어려움이 있다.

제2절 해외 온실가스 배출계수 연구 동향

1. 국외 LCI DB 구축 현황

유럽(EU) 및 스웨덴, 덴마크, 네덜란드, 일본 등 13개 국가에서 LCI DB를 구축⁴⁾하였으며, 독일 및 대만, 멕시코를 제외한 10개 국가에서 구축된 LCI DB를 제공하고 있다. 국가별 LCI DB 구축 현황은 다음 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 국가별 LCI DB 구축 현황

국가	DB 명칭	지역적 경계
EU	European Platform on Life Cycle Assessment	유럽
스웨덴	SPINE@CPM	전세계

4) 국가별 LCI DB, 한국환경산업기술원 홈페이지(www.edp.or.kr)

국가	DB 명칭	지역적 경제
덴마크	EDIP	덴마크
	LCA food	덴마크
네덜란드	IVAM LCA Data	네덜란드
	Dutch Input Output	네덜란드
	Franklin US LCI	미국
스위스	ECOINVENT	전세계, 유럽, 스위스
	BUWAL 250	스위스
	LCAinfo	
	Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Database	스위스
독일	German Network on Life Cycle Inventory Data	독일
태국	Thailand LCI Database Project	태국
대만	ITRI Database	대만
일본	Japan National LCA Project	일본
호주	Austrian Life Cycle Inventory Data Project	호주
캐나다	Canadian Raw Materials Database	캐나다
미국	US LCI Database Project	미국
멕시코	http://www.lcamexico.com	
포탈	The IMI portal	
포탈	University of Washington	

2. 스위스 농업부문 LCI DB 구축 현황

스위스에서는 “The Ecoinvent Centre”를 2003년에 설립하여 농산물 및 비료, 농약 등 농업부문에 대한 LCI DB 321건을 구축⁵⁾하였다.

ECOINVENT는 스위스의 “The Ecoinvent Centre”에서 운영하는 LCI DB 플랫폼으로, 원료 및 금속, 화학물질, 에너지, 제품 등에 대하여 약 4,000여개의 LCI DB를 구축하여 유료로 제공하고 있다.

ECOINVENT의 LCI DB는 국내에서도 활용도가 매우 높은 전 세계적인 데이터베이스로, 농업부문에서 ECOINVENT LCI DB에 상당부분 의존하고 있다.

ECOINVENT의 농업부문 LCI DB는 “animal production, buildings, feed, machinery, mineral fertilizer, organic fertilizer, pesticides, plant production, seed, work processes”의 총 10개 범주로 분류되어 있으며, 특히 농산물의 경우 관행 농산물과 유기농 농산물을 별도로 구분하고 있다.

More than 300 processes were found, only the first 300 are displayed.

Please narrow search criteria.

Abbreviations View:
 UPR: unit process raw data
 LCI: cumulative LCI results
 LCIA: cumulative impact assessment results

no.	view	category / subcategory	datasetname	location	unit	infra.	synonyms
<input type="checkbox"/> 241	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production cotton fibres, ginned, at farm		CN	kg	No	-
<input type="checkbox"/> 242	UPR	agricultural production / plant production cotton production		CN	kg	No	-
<input type="checkbox"/> 243	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production cotton seed, at farm		CN	kg	No	-
<input type="checkbox"/> 244	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production cotton seed, at farm		US	kg	No	-
<input type="checkbox"/> 245	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production fava beans IP, at farm		CH	kg	No	Vicia faba L.
<input type="checkbox"/> 246	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production fava beans organic, at farm		CH	kg	No	Vicia faba L.
<input type="checkbox"/> 247	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production fodder beets IP, at farm		CH	kg	No	Beta vulgaris
<input type="checkbox"/> 248	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production grain maize IP, at farm		CH	kg	No	Zea mays L.; corn
<input type="checkbox"/> 249	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production grain maize organic, at farm		CH	kg	No	Zea mays L.; corn
<input type="checkbox"/> 250	UPR LCI LCIA	agricultural production / plant production grass from meadow intensive IP, at field CH		kg	No	-	-

[그림 2-2] ECOINVENT 농업부문 LCI DB 목록(예시)

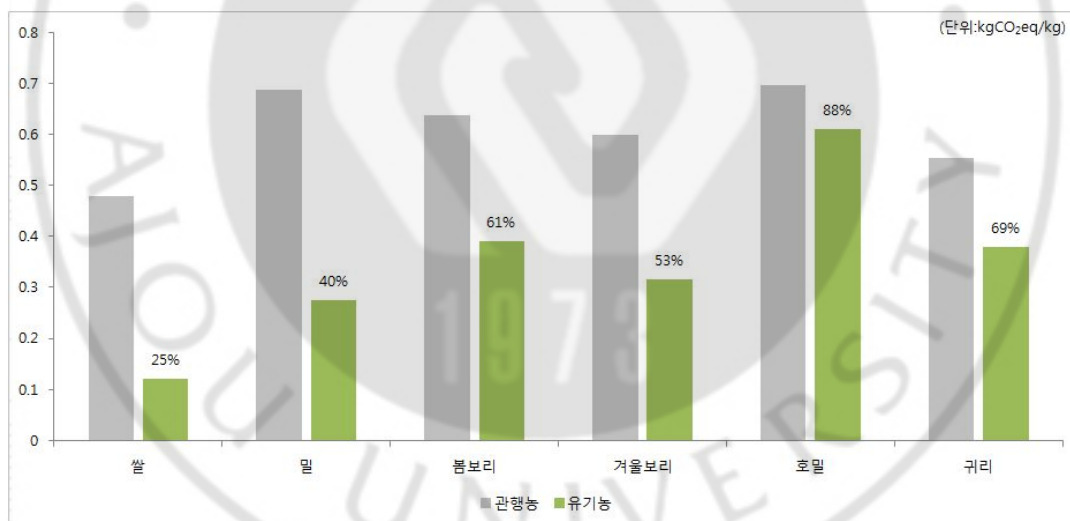
5) Ecoinvent Data v2.2, 2010 기준

3. 덴마크 농업부문 LCI DB 구축 현황

덴마크는 Danish Environmental Protection Agency(EPA)를 통해 농작물 및 식품 전반에 대한 LCI DB 약 300건을 구축⁶⁾하였다.

덴마크 food LCA 데이터베이스는 농작물, 식품, 처리 과정에 대한 약 300건의 광범위한 데이터를 보유하고 있으며, 특히, 농산물의 경우 관행 농산물과 유기농 농산물을 별도로 구분하고 있다.

또한 EPA에서는 LCI DB 및 구축 방법론 제공 및 “LCA Food” 컨퍼런스 개최, DIAS report 발행 등 농식품 부분 LCA 연구 활성화에 기여하고 있다.



[그림 2-3] 식량작물 온실가스 배출량 산정(Food LCA)

6) 덴마크 Food LCA 데이터 (www.lcafood.dk)

4. 일본 농업부문 LCI DB 구축 현황

일본은 산업환경관리협회(JEMAI) 주도로 국가 LCI DB 구축사업을 추진하였으며, 농산물 및 비료, 농약 등에 대한 LCI DB 100여건을 구축하였다.

일본의 LCI DB는 산업환경관리협회 주도로 1998년 국가 LCI DB 구축사업(5개년)을 통해 54개 공업회에서 자발적으로 제공한 데이터 및 문헌자료 등을 기반으로 약 550여개의 LCI DB 구축하였다.

특히, 농업부문에서는 <표 2-2>와 같이 비료 및 농약 등 농자재에 대한 LCI DB 29건과 농산물에 대한 LCI DB 82건을 포함하여 총 111건의 LCI DB를 구축하였다.

<표 2-2> 일본의 농업부문 LCI DB 구축 현황

구분	LCI DB(건)	구분	LCI DB(건)
곡류	1	버섯류	9
현미	1	과일	1
맥류	6	인과류	4
두류	5	감귤류	6
잡곡	2	핵과류	5
서류	3	열대과일	3
채소	1	기타과일	4
과채류	11	낙농	6
엽채류	5	계란	1
근채류	3	육용축산물	5
비료	21	농약	8
합계 : 111건			

7) 일본 농산물 온실가스배출량 및 LCI 데이터베이스(㈱토람, 2011)

제3장 농산물 온실가스배출량 산정

제1절 시스템경계 설정

농산물의 전과정(Life Cycle)은 농자재 생산단계부터 농산물 재배단계, 농산물 사용단계, 농산물 폐기단계로 이루어져 있다.

농산물 평균 온실가스 배출량을 산정하기 위해 적용한 국가 통계자료는 농산물 재배를 위한 농자재의 사용량 정보만 제공하고 있으며, 이에 따라 농자재의 수송 및 농산물의 출하, 유통, 사용, 폐기에 대해서는 경로추적이 불가능하였다.

이러한 점을 감안하여 농산물 평균 온실가스 배출량 산정을 위한 시스템 경계를 다음 [그림 II-11]과 같이 농자재 생산단계 및 농산물 재배단계로 설정하였다.

단, 자체적으로 “육묘”를 하는 농가와 외부에서 모종을 구입하여 농산물을 재배하는 농가가 혼재되어 있기에 통계자료에서 육묘에 사용된 농자재 및 에너지 사용량에 대한 신뢰성이 확보되지 못하였다. 이에, 농산물 재배과정 중 “육묘”에 대한 부분은 제외하였다.

또한, 지주대 및 모판 등 농산물 재배과정에 사용되는 농자재 중 영구적으로 사용이 가능한 경우 시스템경계에 포함하지 않았다.



[그림 3-4] 농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 시스템 경계

제2절 데이터 수집

1. 데이터 출처

농산물의 재배와 관련된 농자재의 사용량 데이터를 가진 국가 통계자료는 농촌진흥청에서 발간한 “농축산물소득자료집”과 통계청에서 제공하는 “농산물 생산비조사” 두 가지이다.

농축산물소득자료집은 벼 및 마늘, 양파, 노지고추, 콩을 제외한 모든 농산물을 대상으로 통계자료를 제공하고 있다. 농산물을 재배하는 농가 중 샘플 농가를 선정하여, 농산물 재배와 관련된 농자재의 사용량 및 농산물 생산량 등의 데이터를 매년 수집하고, 이를 평균하여 통계자료로 제공하고 있다. 농축산물소득자료집에서는 비료 및 에너지, 기타농자재, 농산물 생산량 등의 데이터를 제공하고 있다.

농산물생산비조사는 벼 및 마늘, 양파, 노지고추, 콩에 대해서만 통계자료를 제공하고 있다. 농축산물소득자료집 통계자료와 동일한 방법으로 데이터를 수집하지만, 담당기관이 국가 통계청으로 차이가 있다. 또한, 비료에 대해서는 상세한 정보를 제공하고 있으나, 작물보호제(농약) 및 기타농자재의 사용량은 제공하지 않고 있으며, 에너지의 경우 동력사용시간으로 정보를 제공하고 있다.

두 출처 모두 작물보호제의 사용량에 대해서는 정확한 데이터를 제공하지 못하고 있다. 이에, 작물보호제에 한하여 한국작물보호협회에서 발간한 농약연보(2006~2011)와 농약사용지침서를 활용하였다.

또한, 농산물생산비조사에서 제공하는 비료의 사용량을 세부 비료 종류별 사용량으로 배분하기 위하여 한국비료공업협회에서 발간한 비료연감(2011)을 활용하였다.

2. 데이터 수집 대상 및 수집기간 설정

데이터 수집을 위해 아래와 같이 두 가지 기본 원칙을 설정하였다.

- (원칙1) 데이터 수집 대상은 국가 통계자료에서 제공하는 농산물로 한정한다.
- (원칙2) 데이터 수집 기간은 최근 5년으로 한다.

우선, 국가 통계자료인 농축산물소득자료집과 농산물생산비조사는 모든 농산물에 대한 데이터를 제공하지 않고 있다. 농축산물소득자료집에서는 사과 등 58개 농산물에 대해서만 정보를 제공하고 있으며, 농산물생산비조사에서는 벼를 포함한 5개 농산물에 대해서만 정보를 제공하고 있다. 데이터를 수집할 수 있는 출처의 한계로 인하여 데이터 수집 대상은 <표 3-3>과 같이 총 63개 농산물로 설정하였다.

<표 3-3> 데이터 수집 대상 농산물 목록

구분	분류	농산물	수량
농축산물 소득자료집 (농촌진흥청)	식량작물	맥주보리, 겉보리, 쌀보리, 노지팥옥수수, 고구마, 감자(봄감자, 가을감자)	7
	노지채소	수박, 무(봄무, 가을무, 고랭지무), 당근, 양배추, 배추(봄배추, 가을배추, 고랭지배추), 대파, 쪽파, 생강, 시금치, 부추	14
	시설채소	수박(반축성), 참외, 딸기(축성, 반축성), 호박, 무, 배추, 오이(축성, 반축성, 억제), 토마토(축성, 반축성), 부추, 방울토마토, 시금치, 상추(치마), 고추, 가지, 착색단고추	19
	과수	사과, 배, 복숭아, 포도(시설, 노지), 감귤(시설, 노지), 단감, 유자, 참다래	10
	특용작물	인삼, 참깨, 녹차, 오미자, 느타리버섯, 더덕	6
	화훼	시설국화, 시설장미	2
농산물생산비조사 (통계청)		벼, 마늘, 양파, 고추, 콩	5
합계			63

두 번째로, 농산물은 특성상 기후(날씨 및 온도 등)와 토양의 상태, 직전 재배작물의 종류 및 사용된 농자재의 종류, 사용량 등에 따라 투입되는 농자재의 종류 및 사용량에 차이가 발생한다. 따라서 특정 년도의 통계자료만 활용하기에는 데이터의 신뢰성을 확보할 수 없기에, 데이터 수집 원칙에 따라 최근 5년 동안의 통계자료를 수집하였다.

연구 당시 농축산물소득자료집 및 농산물생산비조사 통계자료는 2012년에 발행(공개)된 2011년 재배관련 데이터가 가장 최신의 데이터였으며, 특정 년도의 데이터가 없는 경우가 일부 있었다. 이에 따라 2006년부터 2011년까지 6년 동안의 재배관련 데이터를 수집한 후, 최종적으로는 최근 5개년의 데이터만 적용하였다.

단, 노지시금치 등 일부 농산물의 경우 통계자료의 부재로 인하여 1~4년간의 데이터만 수집하였다. 또한, 참깨 및 쌀보리, 겉보리의 경우 통계자료 제공기관이 통계청에서 농촌진흥청으로 변경되었으며, 앞으로도 해당 농산물은 농촌진흥청에서 통계자료를 공개할 예정이기에, 농축산물소득자료집에서 제공되는 통계자료만 수집하였다.

데이터 수집 결과, 45개 농산물에 대해서는 5개년의 데이터를 모두 수집하였으나, 18개 농산물에 대해서는 1~4개년의 데이터만 수집하였다. 농산물별 데이터 수집기간은 다음 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 농산물별 데이터 수집기간

구분	농산물	데이터 수집기간					
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
5개년 수집 농산물 (45농산물)	맥주보리	○	○	○	○	○	
	노지팥옥수수		○	○	○	○	○
	고구마		○	○	○	○	○
	봄감자		○	○	○	○	○
	가을감자		○	○	○	○	○
	노지수박		○	○	○	○	○
	봄무		○	○	○	○	○
	가을무		○	○	○	○	○
	고랭지무		○	○	○	○	○
	봄배추		○	○	○	○	○
	가을배추		○	○	○	○	○
	고랭지배추		○	○	○	○	○
	대파		○	○	○	○	○
	쪽파		○	○	○	○	○
	양배추		○	○	○	○	○
	생강		○	○	○	○	○

구분	농산물	데이터 수집기간					
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
	당근	○	○	○	○	○	
	수박(반축성)		○	○	○	○	○
	시설참외		○	○	○	○	○
	딸기(축성)		○	○	○	○	○
	딸기(반축성)		○	○	○	○	○
	오이(축성)	○	○	○	○	○	
	오이(반축성)		○	○	○	○	○
	토마토(축성)		○	○	○	○	○
	토마토(반축성)		○	○	○	○	○
	방울토마토		○	○	○	○	○
	시설상추(치마)		○	○	○	○	○
	시설고추		○	○	○	○	○
	시설호박		○	○	○	○	○
	시설무	○	○	○	○	○	
	시설배추	○	○	○	○	○	
	시설시금치	○	○	○	○	○	
	사과	○	○	○		○	○
	배	○	○	○		○	○
	복숭아		○	○	○	○	○
	단감		○	○	○	○	○
	시설포도		○	○	○	○	○
	노지포도	○	○	○		○	○
	시설감귤	○	○	○	○	○	
	노지감귤	○	○	○		○	○
	인삼		○	○	○	○	○
	벼		○	○	○	○	○
	마늘		○	○	○	○	○
	양파		○	○	○	○	○
	노지고추		○	○	○	○	○

구분	농산물	데이터 수집기간					
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
4개년 수집 농산물 (10농산물)	겉보리			○	○	○	○
	오이(억제)			○	○	○	○
	시설가지			○	○	○	○
	착색단고추			○	○	○	○
	시설부추			○	○	○	○
	시설국화			○	○	○	○
	시설장미			○	○	○	○
	참다래			○	○	○	○
	느타리버섯			○	○	○	○
	오미자			○	○	○	○
3개년 수집 농산물 (5농산물)	노지부추			○	○	○	
	노지시금치			○	○	○	
	유자			○	○	○	
	녹차			○	○	○	
	콩				○	○	○
2개년 수집 농산물 (2농산물)	쌀보리					○	○
	참깨					○	○
1개년 수집 농산물 (1농산물)	더덕			○			

(2) 데이터 수집 방법 설정

농축산물소득자료집에서의 데이터 수집 항목은 다음 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 농축산물소득자료집 데이터 수집 항목

구분		데이터 수집 항목
비료	부산물비료	유기질비료(퇴구비), 짚
	보통비료	요소, 유안, 용성인비, 염화칼리, 붕소, 농용석회, 복합비료, 규산
에너지		전기, 유류(경유), 가스(LPG)
기타농자재	과수 품목	비닐(반사필름), 봉지핀, 과수봉지, 비닐끈
	느타리버섯	비닐, 비닐끈, 테이프, 고무호스, 톱밥, 보온덮개
	그 외 품목	비닐, 비닐끈, 보온덮개

(가) 비료 및 에너지

유기질비료 및 유류, 가스의 경우 종류 확인이 불가능하기에 실제 농산물 재배 시 사용되는 농자재를 고려하여 유기질비료를 퇴구비로 가정하여 데이터를 수집하였으며, 유류는 경유로, 가스는 LPG로 가정하여 데이터를 수집하였다.

(나) 기타농자재 및 작물보호제

시스템 경계에 포함되지 않는 농자재(종자, 포트, 포장재류) 및 영구적으로 사용가능한 농자재(할죽 및 지주대)는 데이터 수집에서 제외하였다. 또한 작물보호제의 경우 온실가스 배출량 산정 시 활용할 수 없는 형태로 제공되고 있기 때문에 데이터 수집에서 제외하였다.

나. 농산물생산비조사를 통한 데이터 수집

(1) 데이터 현황 분석

농산물생산비조사에서는 비료와 에너지에 대한 데이터를 제공하고 있다. 농산물생산비조사에서 제공하고 있는 농자재의 시스템경계 포함 여부 및 제공된 데이터의 온실가스 배출량 산정 시 활용가능 여부 등에 대한 현황을 [그림 3-6]과 같이 분석하였다.

※ 마늘의 농산물생산비조사(예시)

마늘	2007	2008	2009	2010	2011
무기질비료(kg)	233.8	234.5	212.4	221.5	238.5
요소질	23.3	25.9	24.2	25.4	26.2
요소	21.4	25.1	23.2	24.9	25.7
유기질	1.9	0.6	1.0	0.5	0.5
기타	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
인산질	3.4	0.3	2.2	1.3	4.9
중과석	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
용성인비	3.1	0.3	2.2	1.3	2.3
기타	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
가리질	3.1	3.1	2.9	3.3	2.3
원화加里	1.5	0.9	1.5	2.0	0.0
기타	1.6	2.2	1.4	1.3	0.0
비료합계	148.4	140.3	105.1	129.6	123.0
21-17-17	23.3	26.3	23.9	33.9	0.0
17-21-17	3.1	0.5	0.3	0.5	0.0
기타	122.0	113.5	80.8	95.3	0.0
토양개량제	55.6	64.9	78.0	61.8	65.0
석회질	46.2	52.0	60.9	53.7	0.0
금산질	9.3	9.8	8.9	8.2	0.0
기타	0.1	3.1	8.2	0.0	0.0
기타무기질					17.0
에너지비	1,000.0	1,000.0	944.6	1,125.5	922.7
퇴구비	858.7	885.9	818.5	1,043.6	0.0
농비	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
산양조	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
회분	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
인분	19.7	55.1	20.8	16.0	0.0
기타	125.7	59.7	105.3	65.8	0.0
노동력투입시간	134.5	130.5	124.8	128.5	121.3
유역이용시간	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
통역이용시간	11.7	9.6	12.9	12.1	14.3

• 보통비료 종류별 사용량

• 기타 항목 종류 확인 불가

- 질소질: 기타 → 요소
- 인산질: 기타 → 용과린
- 가리질: 기타 → 황산加里
- 토양개량제: 기타 → 제외
- 기타무기질 → 제외

※ 비료연감 참고

• 부산물비료 총량

- 벼: "생질" 가정
- 그 외: "퇴구비" 가정

• 보통비료 종류별 사용량 확인 불가

→ 비료연감의 비종별 사용비율 분석

→ 종류별 사용량 재계산

• 부산물비료 종류별 사용량 확인 불가

→ 벼: 전량 "생질" 가정

→ 그 외: 전량 "퇴구비" 가정

※ 2007~2010 부산물비료 종류별 사용비율 분석

• 농기계별 동력사용시간 확인 불가

→ 농기계별 동력사용시간 배분(1/n)

→ 농기계별 연료사용량 계산

※ 농업용면세유류공급요령 참고

[그림 3-6] 농산물생산비조사 데이터 제공현황 분석 결과(예, 마늘)

(2) 데이터 수집 방법 설정

농산물생산비조사에서의 데이터 수집 항목은 다음 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> 농산물생산비조사 데이터 수집 항목

구분		데이터 수집 항목
비료	부산물비료	유기질비료(퇴구비 or 쪼)
	보통비료	질소질비료(요소, 유안), 인산질비료(중과석, 용성인비, 용과린), 칼리질비료(염화칼륨, 황산칼륨), 복합비료(21-17-17, 17-21-17, 기타), 석회질, 규산질
에너지		동력사용시간(유류 사용량으로 환산)

(가) 비료

농산물생산비조사에서 제공하고 있는 보통비료의 경우 질소질 및 인산질, 가리질, 복합비료, 토양개량제, 기타무기질로 세분화되어 있다. 그러나 각 항목별 “기타” 항목에 대한 비료의 종류 확인이 불가능하며, 2011년부터는 세분화되지 않은 상태로 데이터를 제공하고 있다.

이에 따라 수집된 데이터를 보완하기 위하여 한국비료공업협회에서 발간한 비료연감(2011)을 이용하여 다음 <표 3-7>과 같이 비종별 비료사용량 및 비율을 산출하여 활용하였다. 단, 보통비료 중 토양개량제의 “기타”와 “기타 무기질” 항목은 종류의 확인이 불가능하여 데이터 수집에서 제외하였다.

<표 3-7> 비종별 비료사용량 및 비율(비료연감, 2011)

분류	비종	출하량(ton)	비율
질소질	요소	176,460	94.0%
	유안(황산암모늄)	11,217	6.0%
	소계	187,677	
인산질	과석	59	0.6%
	용성인비	8,603	81.9%
	용과린	1,848	17.6%
	소계	10,510	
칼리질	염화칼륨	3,858	38.2%
	황산칼륨	6,229	61.8%
	소계	10,087	
복합비료	22-17-17	96,933	10.6%
	17-21-17	-	0.0%
	기타	821,000	89.4%
	소계	917,933	
토양개량제	석회질	295,000	34.8%
	규산질	553,000	65.2%
	소계	848,000	

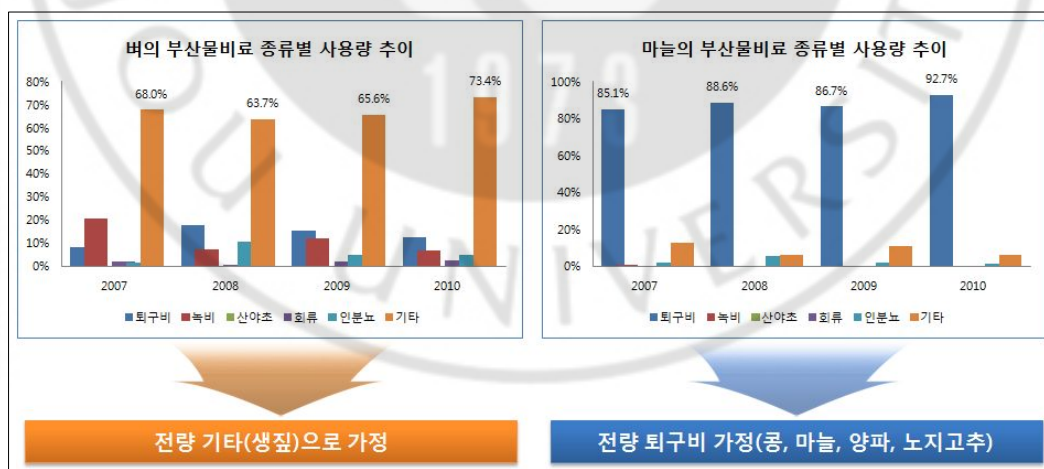
보통비료의 “기타” 항목의 경우 종류 확인이 불가능하기에 비료연감의 비종별 비료사용량에 기반하여, 질소질 비료의 기타는 요소로, 인산질 비료의 기타는 용과린으로, 칼리질 비료의 기타는 황산칼륨으로 간주하여 데이터를 수집하였다.

또한 비료의 종류별로 세분화되지 않은 2011년의 데이터의 경우 질소질 비료의 총 사용량을 비료연감의 비종별 사용비율을 적용하여 요소 및 유안으로 세분화 하였으며, 인산질 비료는 과석 및 용성인비, 용과린으로 세분화하였다. 칼리질 비료는 염화칼륨과 황산칼륨으로 세분화하였으며, 복합비료는 22-17-17과 17-21-17, 기타로 세분화하여 데이터를 수집하였다.

부산물비료의 경우 퇴구비 및 녹비, 산야초, 회류, 인분뇨, 기타로 세분화 되어 있으나, 보통비료와 같이 2011년부터는 세분화되지 않은 상태로 데이터가 제공되고 있으며, 앞으로도 세분화 계획이 없는 것으로 확인되었다. 이에 따라 2011년 데이터와의 일관성을 유지하기 위하여 2007년부터 2010년까지의 세분화된 데이터 대신 부산물비료 총 사용량 데이터를 수집하였다.

단, 2007년부터 2010년까지의 부산물비료 종류별 사용량 추이분석을 통해 벼의 경우 “생짚”의 사용량이 대부분을 차지하고 있으며, 마늘 및 양파, 콩, 노지고추는 퇴구비가 대부분을 차지하는 것으로 확인되었다.

이에, 벼의 경우 부산물비료를 “짚”으로 가정하여 데이터를 수집하였으며, 마늘 및 양파, 콩, 노지고추에 대해서는 부산물비료를 “퇴구비”로 가정하여 데이터를 수집하였다. 벼 및 마늘의 부산물비료 종류별 사용량 추이 분석 결과는 다음 [그림 3-7]과 같다(양파 및 콩, 노지고추의 부산물비료 사용량 추이는 마늘의 부산물비료 사용량 추이와 거의 동일함).



[그림 3-7] 벼 및 마늘의 부산물비료 종류별 사용량 추이분석 결과

(나) 에너지

에너지의 경우 동력사용시간으로만 데이터를 제공하고 있어 온실가스 배출량 산정에 활용하는 것이 불가능하였다. 이에 따라 온실가스 배출량 산정을 위해 동력사용시간을 유류사용량으로 변경하여 데이터를 수집하였다.

우선, 농산물 재배 시 일반적으로 가장 많이 사용되는 농기계를 고려하여 벼의 경우에는 이앙기와 트랙터, 콤바인을 대표 농기계로 선정하였으며, 마늘 및 양파, 콩, 노지고추는 트랙터와 경운기(방제용)를 대표 농기계로 선정하였다.

선정된 4종류의 농기계에 대하여 국내 대표 농기계 생산업체인 LS엠트론, 대동, 국제 3개 제조사의 인터뷰를 통해 가장 많이 활용되는 농기계의 마력(hp)을 각각 조사하여, 최종적으로 농기계별 대표 마력을 설정하였다. 조사된 마력과 ‘농업용면세유류공급요령’ [별표2] 기종별·규격별 시간당 연료소모량 조건표를 통해 4종류의 농기계별 시간당 연료소모량을 산정하였다.

특히, 벼의 경우 이앙기 및 트랙터, 콤바인의 사용시간 비율을 조사하기 위하여 ‘농업용면세유류공급요령’ [별표3] 기종별 연간 기계사용 시간 조건표와 [별표4] 농업기계별 작업가능 조건표를 활용하여 면적당 사용시간을 산정하였다.

4가지 농기계의 종류별 마력 및 시간당 연료소모량, 면적당 사용시간 산정 결과는 다음 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 농기계 종류별 마력 및 시간당 연료소모량, 면적당 사용시간

종류	이앙기	트랙터	콤바인	경운기	비고 (출처)
마력(hp)	18	65	85	10	대표 농기계 평균 마력 (LS엠트론, 대동, 국제)
시간당 연료 소모량(L/hr)	5.9	13.0	17.0	2.0	농업용면세유류공급요령 [별표2]기종별·규격별시간당 연료소모량조건표
연간사용시간 (hr)	43	181	80		농업용면세유류공급요령 [별표3]기종별 연간 기계사용 시간 조건표
연간사용면적 (ha)	13.8	16.9	28.2		농업용면세유류공급요령 [별표4]농업기계별작업가능조 건표
면적당사용시간 (hr/1,000m ²)	0.31 (19%)	1.07 (64%)	0.28 (17%)		“벼”에만 해당

벼의 경우 <표 3-8>에서 도출된 이앙기와 트랙터, 콤바인의 면적당 사용시간 비율을 이용하여, 농산물생산비조사에서 제공하는 동력사용시간을 이앙기 및 트랙터, 콤바인에 각각 배분하였다.

마늘 및 양파, 콩, 노지고추의 경우 트랙터와 경운기(방제용)의 사용시간 비율 확인이 불가능하여, 관련 전문가의 인터뷰를 통해 트랙터의 사용시간을 일괄적으로 1시간으로 설정한 후, 남은 시간을 모두 경운기(방제용)에 배분하였다. 농산물별 동력사용시간 배분결과는 다음 <표 3-9>와 같다.

<표 3-9> 농산물별 동력사용시간 배분결과(예, 2011년)

구분	년도	동력사용시간(hr/1,000m ²)				
		총 동력사용시간	이앙기	트랙터	콤바인	경운기
벼	2011	5.36	1.00	3.45	0.91	
콩	2011	2.60		1.00		1.60
마늘	2011	14.80		1.00		13.80
양파	2011	7.70		1.00		6.70
고추	2011	97.70		1.00		96.70

<표 3-9>에서 제시된 농기계별 시간당 연료소모량과 <표 3-8>에서 도출된 농산물별 동력사용시간 배분결과를 이용하여 농산물별 연료소모량을 산정하였다. 이때 이앙기의 연료는 휘발유로 설정하였으며, 트랙터 및 콤바인, 경운기의 연료는 경유로 설정하여 데이터를 수집하였다. 농기계 종류별 연료사용량 산정 결과는 다음 <표 3-10>과 같다.

<표 3-10> 농산물별 농기계별 연료 사용량(예, 2011년)

구분	년도	농기계별 연료 사용량(L/1,000m ²)			
		휘발유 (이앙기)	경유 (트랙터)	경유 (콤바인)	경유 (경운기)
벼	2011	5.91	44.79	15.51	
콩	2011		13.00		3.20
마늘	2011		13.00		27.60
양파	2011		13.00		13.40
고추	2011		13.00		193.40

다. 농약연보를 통한 데이터 수집

농축산물소득자료집에서 제공한 작물보호제의 경우 유제 및 분제, 입제 등 형태별로 구분되어 있어 온실가스 배출량 산정 시 활용할 수 없었다. 또한 농산물생산비조사에서는 작물보호제의 사용량을 제공하지 않고 있었다.

이에 따라 공공기관인 한국작물보호협회에서 발간한 “농약연보”를 활용하여 [그림 3-8]과 같이 1,225개 작물보호제의 사용량을 수집하였다. 이 때 수집된 작물보호제의 사용량은 유효성분만을 고려한 사용량이다.

분류	No.	품목명	유효성분(%)	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
수도용 살균제	1	가스가마이신역제	2.3	4,746	4,595	4,617	3,779	2,391	1,781
수도용 살균제	2	가스가마이신 트리사이클라졸수화제	22						419
수도용 살균제	3	가스가마이신 트리사이클라졸역상수화제	22					19,320	11,411
수도용 살균제	4	가스가마이신 프탈라이드수화제	21.38	7,643	8,387	5,465	1,720	1,273	475
수도용 살균제	5	가스가마이신 프탈라이드역상수화제	16.38	15,202	20,241	13,652	100	823	221
수도용 살균제	6	디페노코나를 프로피코나를유제	26	7,127	5,546	5,774	4,705	3,249	2,887
수도용 살균제	7	발리다마이신에이분제	0.3	279	212	48	219	38	2
수도용 살균제	8	발리다마이신에이역제	5	57,288	60,727	62,060	47,422	30,811	23,733
수도용 살균제	9	베노밀 티람수화제	40	13,912	11,095	15,423	14,461	13,189	17,020
수도용 살균제	10	블라스티딘-에스.아이소프로티올레인유제	21.4	1,071	708	269		1,327	1,094
수도용 살균제	11	스트렙토마이세스고시키엔시스더블유와이이324역제				24		33,600	
수도용 살균제	12	아시벤올라-에스-메틸 티아메톡살입제	2.8					927	745
수도용 살균제	13	아이소티아닐역상수화제	18						3,434
수도용 살균제	14	아이소티아닐 티아클로프리드입제	2					1,159	1,422
수도용 살균제	15	아이소티아닐 프로클로라즈망가니즈 피프로닐중저리역상수화제	15.75						675
수도용 살균제	16	아이소프로티올레인유제	40	84,951	80,268	76,861	64,381	52,296	43,792
수도용 살균제	17	아이소프로티올레인입제	12	232,781	168,510	146,082	150,687	143,278	135,221
수도용 살균제	18	아이소프로티올레인 트리사이클라졸수화제	30	1,492	910	714	889	167	5
수도용 살균제	19	아족시스트로빈 트리사이클라졸역상수화제	21						1,685
수도용 살균제	20	아족시스트로빈 피림존역상수화제	21.5						10,288
수도용 살균제	21	아족시스트로빈 프로피코나를유원탁제	17.7			2,227	4,928	19,174	8,927

[그림 3-8] 작물보호제 사용량 수집 결과(샘플, 단위:kg)

농약연보에서는 작물보호제의 종류 및 사용량에 대한 통계자료만 제공하고 있을 뿐, 작물보호제를 사용하는 농산물의 종류에 대해서는 정보를 제공하지 않고 있었다. 이에, 한국작물보호협회에서 발간한 “농약사용지침”을 활용하여 작물보호제가 사용되는 농산물 및 안전사용횟수⁸⁾를 [그림 3-9]와 같이 조사하였다.

8) 농약을 안전하고 적절하게 사용하기 위하여, 농약관리법에 근거하여 농작물에 기준을 초과하지 않는 잔류량을 정하고 있다. 사용농도, 잔류기간과 잔취 기간을 고려한 사용기간(사용 할 수 있는 적재 총일수), 사용횟수가 농약의 형태마다 정해져 있다

No.	품목명	고추	달걀	대파	딸기	마늘	무	배추	상추	생강	수박	시금치	양배추	양파	요이	쪽파	참외	토마토	대파	호박	완두	채소기타
215	디페노르나폴릭상수화제	2			3	3					4				3							5
216	디페노르나폴릭유제					3					5				5				5	3	5	5
217	디페노르나폴릭유제										5				3							5
218	디페노르나폴릭유제														3							
219	디페노르나폴릭상수화제		3		3	3					4				3							2
220	디페노르나폴릭티오파네이트에틸상수화제										4											
221	디페노르나폴릭티오파네이트에틸상수화제	3			3																	4
222	디페노르나폴릭이미녹타린트리아세테이트에틸상수화제	4				3					2			1								
223	디페노르나폴릭크레솔에틸상수화제																					
224	디페노르나폴릭트리플루오로메틸상수화제										3				3		3					3
225	디페노르나폴릭올루아지날상수화제	3			3																	
226	디페노르나폴릭올리브신디상수화제										4				3		3					5

[그림 3-9] 농산물별 작물보호제 안전사용횟수(샘플, 단위:회)

마지막으로, 동일한 작물보호제를 사용하는 농산물이 2개 이상일 경우, 농산물별로 작물보호제의 사용량을 배분할 필요가 있었다. 농산물별 작물보호제 사용량 배분을 위해서는 [그림 3-9]의 농산물별 작물보호제 안전사용횟수와 함께 [그림 3-10]과 같이 농산물별 재배면적 정보가 필요하였다. 이에, 농산물별 재배면적은 통계청에서 제공한 “농작물생산조사”를 통해 수집하였다.

품목	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
벼	955,229	950,250	935,766	924,471	892,074	853,823
보리	56,544	53,736	53,771	48,616	38,533	29,054
밀	1,738	1,928	2,549	5,067	12,548	13,044
옥수수	13,661	16,981	18,366	15,326	15,528	15,823
메밀	2,786	2,410	2,233	2,176	2,106	2,446
잡곡기타	8,328	7,842	5,776	6,180	7,010	8,627
콩	90,248	76,267	75,242	70,265	71,422	77,849
팥	4,242	4,775	5,193	4,894	4,238	3,650
녹두	1,297	2,072	1,491	1,468	1,514	1,604
두류기타	5,316	5,006	4,837	5,874	5,955	5,083
고구마	16,668	21,093	19,451	20,918	19,200	18,040
감자	23,957	20,421	20,540	21,396	24,913	26,804

[그림 3-10] 농산물별 재배면적(샘플, 단위:m²)

앞서 조사한 작물보호제의 사용량 및 농산물별 작물보호제 안전사용횟수, 농산물별 재배면적을 이용하여 최종적으로 농산물별 작물보호제의 사용량을 산출하였다. 농산물별 작물보호제 산출방법은 [그림 3-11]에 나타난 예시와 같다.

예를 들어 복숭아의 디티아논·피라클로스트로빈유현탁제의 사용량은 사과 및 배, 복숭아의 재배면적 및 안전사용횟수를 곱한 값의 합계 대비 복숭아 재배면적 및 안전사용횟수를 곱한 값의 비율을 해당 작물보호제의 사용량에 곱하여 산출하였다.

품목별 재배면적(m ²)		사과	배	복숭아			
		200	100	50			
작물보호제 종류	사용량(kg)	안전사용횟수(회)			농약사용량(kg)		
		사과	배	복숭아	사과	배	복숭아
디티아논입상수화제	100			4	-	-	100
디티아논 크레속심메틸액상수화제	30	2		4	20	-	10
디티아논 티오파네이트메틸수화제	20		2		-	20	-
디티아논 피라클로스트로빈유현탁제	60	2	2	4	30	15	15

“복숭아” 재배 시, 디티아논·피라클로스트로빈유현탁제의 사용량 계산(예시)

(복숭아재배면적 * 안전사용횟수)

작물보호제사용량 * $\frac{(사과재배면적 * 안전사용횟수) + (배 재배면적 * 안전사용횟수) + (복숭아 재배면적 * 안전사용횟수)}{(50m^2 * 4회)}$

▶ 60kg * $\frac{(200m^2 * 2회) + (100m^2 * 2회) + (50m^2 * 4회)}{(50m^2 * 4회)} = 15kg$

[그림 3-11] 농산물별 작물보호제 사용량 산출(예시)

작물보호제에서 제초 및 살충, 살균, 생장조절 효과를 일으키는 것은 유효성분으로 확인되었다. 이에, 작물보호제의 사용량을 유효성분별 사용량으로 환산하는 과정이 필요하게 되었고, 이를 위해 [그림 3-12]와 같이 작물보호제별 유효성분을 조사하였다.

분류	No.	품목명	유효성분(%)	유효성분1	유효성분1(%)	유효성분2	유효성분2(%)	유효성분3	유효성분3(%)
수도용	1	가스가마이신액제	2.3	kasugamycin	2.3%				
수도용	2	가스가마이신 트리사이클라졸수화제	22	kasugamycin	2.0%	tricyclazole	20.0%		
수도용	3	가스가마이신 트리사이클라졸액상수화제	22	kasugamycin	2.0%	tricyclazole	20.0%		
수도용	4	가스가마이신 프탈라이드수화제	21.38	kasugamycin	1.4%	ftalide	20.0%		
수도용	5	가스가마이신 프탈라이드액상수화제	16.38	kasugamycin	1.4%	ftalide	15.0%		
수도용	6	디페노코나졸 프로피코나졸유제	26	difenoconazole	13.0%	propiconazole	13.0%		
수도용	7	발리다마이신에이분제	0.3	validamycin A	0.3%				
수도용	8	발리다마이신에이액제	5	validamycin A	5.0%				
수도용	9	베노밀 티람수화제	40	benomyl	20.0%	thiram	20.0%		
수도용	10	블라스티시딘-에스.아이스프로티올레인유제	21.4	blastidin-s	1.4%	isoprothiolane	20.0%		

[그림 3-12] 작물보호제별 유효성분 종류 및 성분비 조사 결과(샘플)

앞서 산출한 농산물별 작물보호제의 사용량을 [그림 3-13]의 예시와 같이 유효성분별 사용량으로 환산하였다.

작물보호제의 유효성분이 하나일 경우에는 작물보호제의 사용량을 유효성분 사용량으로 그대로 적용할 수 있으나, 유효성분이 2개 이상일 경우에는 작물보호제의 사용량을 유효성분 비율에 따라 배분해야 한다.

이에 따라 [그림 3-13]의 예시와 같이 특정 작물보호제의 유효성분의 총합 대비 특정 유효성분의 비율을 작물보호제 사용량에 곱하여 유효성분별 사용량을 산출하였다. 동일한 유효성분의 사용량을 통합하여, 최종적으로 농산물별 유효성분 사용량을 수집하였다.

품목	유효성분1		유효성분2		복숭아의 농약사용량(kg)		
					사용량	유효성분1	유효성분2
디티아논입상수화제	dithianon	66.0%			100	dithianon	100
디티아논-크레소심메틸액상수화제	dithianon	15.0%	kresoxim-methyl	10.0%	10	dithianon	6
디티아논-티오파네이트메틸수화제	dithianon	30.0%	thiophanate-methyl	40.0%	-	dithianon	-
디티아논-피라클로스트로빈유현탁제	dithianon	24.0%	pyraclostrobin	8.0%	15	dithianon	11

“복숭아” 재배 시, 피라클로스트로빈 유효성분의 사용량 계산(예시)

작물보호제사용량 * $\frac{\text{(피라클로스트로빈 유효성분 값)}}{\text{(디티아논 유효성분 값 + 피라클로스트로빈 유효성분 값)}}$

▶ 15kg * $\frac{8\%}{24\% + 8\%} = 4\text{kg}$

“복숭아” 재배 시, 유효성분별 사용량 계산(예시)

유효성분	사용량(kg)
dithianon	117
kresoxim-methyl	4
thiophanate-methyl	-
pyraclostrobin	4

[그림 3-13] 농산물별 유효성분 사용량 수집(예시)

제3절 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정

1. 온실가스 배출계수 조사 및 선정

온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 농자재의 사용량과 함께 해당 농자재의 배출계수가 필요하다.

농자재에 대한 온실가스 배출계수는 ‘저탄소 농축산물 인증 시범사업’에서 개발한 ‘농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 공통지침’에서 제시한 국가 온실가스 배출계수를 최우선적으로 적용하였다.

작물보호제의 유효성분과 같이 상기 지침에서 제시하지 못한 배출계수의 경우에는 해외에서 개발된 LCI DB를 이용하여 온실가스 배출계수를 개발하여 적용하였다.

2. 기타농자재 폐기 시나리오 개발

농산물을 재배하는 과정에서 사용된 농자재 중 기타농자재의 경우 사용 후 폐기물로 발생하게 된다. 발생한 폐기물은 매립 및 소각, 재활용 등 처리방법별 처리비용을 적용하여 처리방법별 온실가스 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정하게 된다.

농산물의 온실가스 배출량에 대한 국내 연구 중 ‘저탄소 농축산물 인증 시범사업’에서 적용한 폐기시나리오는 농가의 시설 폐자재 최종 처리 방법 자료⁹⁾를 이용하여 개발되었다. 이 때 사용된 데이터는 농가 인터뷰를 통해 도출된 해당

9) 시설 농업용 폐영농자재의 농가처리실태와 효율적 관리제도, 농림부, 2004, 93p

처리방법을 적용한 농가 수를 활용하였기에 폐기물의 처리량을 대변할 수 없었다. 따라서 상기 시범사업에 적용했던 폐기물 처리 시나리오를 적용하지 않았다.

또한, 본 연구에서 활용한 국가 통계자료에는 기타농자재의 처리방법에 대한 정보가 제공하지 않기 때문에 새로운 기타농자재 폐기 시나리오를 개발하였다.

농업부문 기타농자재의 폐기에 대한 신뢰성 있는 통계데이터 확보가 불가능하여, ‘전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 2011)’에서 공개한 ‘생활폐기물+사업장생활폐기물’의 폐기물 처리방법별 처리비율을 적용하여 [그림 3-14]와 같이 폐기시나리오를 개발하였다.

전문가 및 농산물 생산자와의 인터뷰를 통해 기타농자재 중 비닐류 및 반사필름은 재활용업체에서 대부분 수거해 가는 것으로 확인되었다. 이에, 기타농자재 중 비닐류 및 반사필름은 재활용가능자원분리배출 처리비율을 적용하였으며, 그 외 모든 농자재는 종량제 봉투 배출 처리비율을 적용하였다.

구분	재활용가능자원 분리배출															
	종이류	유리병류	캔류	플라스틱류	합성수지류	전자제품	전지류	타이어	윤활유	형광등	고철류	의류	영농폐기물	가구류	폐식용유	기타
매립	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
소각	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
재활용	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

구분	종량제 봉투 배출										
	가연성						불연성				
	음식물	종이류	나무류	고무피혁류	플라스틱류	기타	연탄재	유리류	금속조각류	토사류	기타
매립	23.7%	31.0%	14.9%	27.8%	32.8%	34.0%	0.0%	82.9%	79.6%	83.2%	75.2%
소각	69.2%	67.8%	50.6%	69.4%	63.9%	61.9%	0.0%	11.6%	13.0%	2.0%	8.4%
재활용	7.1%	1.1%	34.5%	2.9%	3.3%	4.1%	0.0%	5.6%	7.4%	14.8%	16.5%

[그림 3-14] 기타농자재 폐기 시나리오

3. 농산물 온실가스 배출량 산정

가. 온실가스 배출량 산정 기준 설정

산정 기준이란, 농산물의 온실가스 배출량을 산정하기 위한 기준이 되는 단위으로써, 중량 또는 수량, 면적, 재배기간 등 다양한 요소를 산정 기준으로 설정할 수 있다.

본 연구에서 활용된 국가 통계자료의 경우 “10a(1,000m²) 및 1기작”을 기준으로 농자재의 사용량 및 농산물 생산량 데이터를 제공하고 있다. 이에 따라 농산물의 온실가스 배출량 산정 기준을 “1,000m²·1기작”으로 설정하였다.

추가적으로, 농가에 따라 농산물 생산량을 증가시키기 위하여 많은 양의 농자재를 사용하는 ‘고투입 고생산’ 농가와 이와 반대되는 ‘저투입 저생산’ 농가가 공존하고 있다. 이에 따라 농자재 투입에 따른 농산물 생산성을 고려할 수 있도록 온실가스 배출량 산정 기준을 “농산물 1kg”으로 추가 설정하였다.

위 사항을 모두 고려하여 농산물의 온실가스 배출량 산정 기준을 “1,000m²·1기작” 및 “농산물 1kg” 두 가지로 설정하였다.

나. 온실가스 배출량 산정방법 설정

(1) 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량

농자재의 사용량과 해당 농자재의 온실가스 배출계수를 곱하여 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량을 산정하였다. 이 때, 농자재의 생산에 의한 온실가스 배출량을 산정하는 것이므로, 온실가스 간접배출계수를 적용하였다. 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-11>과 같다.

<표 3-11> 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_A = \sum (A_i \times EF_i)$$

GHG_A : 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

A_i : 농자재 i 의 사용량(kg or kWh /1,000m².1기작)

EF_i : 농자재 i 의 온실가스 간접배출계수(kgCO₂/ kg or kWh)

(2) 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량

화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량은 화석연료(경유, 휘발유 등)의 사용량과 해당 화석연료의 온실가스 배출계수를 곱하여 계산하였다. 이 때, 화석연료의 사용(연소)에 의한 온실가스 배출량을 산정하는 것이므로, 온실가스 직접배출계수를 적용하였다.

화석연료 연소에 의한 온실가스 직접배출계수는 고정연소 배출계수와 이동연소 배출계수로 구분된다. 따라서 난방 등 고정된 설비의 가동을 위해 사용된 연료에 대해서는 고정연소 배출계수를 적용하였으며, 농기계 등 이동식 설비의 가동을 위해 사용된 연료에 대해서는 이동연소 배출계수를 적용하였다. 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-12>와 같다.

<표 3-12> 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_F = \sum (Fuel_i \times EF_i)$$

GHG_F : 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

$Fuel_i$: 화석연료 i 의 사용량(L/1,000m².1기작)

EF_i : 화석연료 i 의 온실가스 직접배출계수(kgCO₂/L)

(3) 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량

온실가스 배출량 산정을 위한 시스템경계에서 기타농자재의 폐기부분이 포함되어 있으므로, 기타농자재의 폐기에 의한 온실가스 배출량을 산정하였다.

기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량은 기타농자재의 폐기량과 해당 기타농자재의 폐기방법별 처리비율, 폐기방법별 온실가스 배출계수를 곱하여 계산하였다. 기타농자재의 폐기방법별 처리비율은 앞 단계에서 개발한 폐기시나리오를 적용하였다. 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-13>과 같다.

<표 3-13> 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_D = \sum (B_i \times Disposal_{ij} \times EF_{ij})$$

GHG_D : 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

B_i : 기타농자재 i 의 폐기량(kg/1,000m².1기작)

$Disposal_{ij}$: 기타농자재 i 의 처리방법 j 의 비율(%)

EF_{ij} : 기타농자재 i 의 처리방법 j 의 온실가스 배출계수(kgCO₂/kg)

(4) 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량

농산물 재배를 위해 사용된 질소비료의 경우 일부는 작물의 생육에 사용되지만, 일부는 아산화질소(N₂O) 형태로 대기중으로 배출되기도 한다. 따라서 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량을 산정하였다.

질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량은 질소비료의 사용량과 해당 질소비료의 질소성분 함유율 및 건조중량을, 질소비료의 온실가스 배출계수 곱하여

계산하였다.

질소비료의 질소 비료 유효성분 함유율 및 건조중량율은 ‘저탄소 농축산물 인증 시범사업’에서 개발한 ‘농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 공통지침’에서 제시한 질소 비료 유효성분 함유율 및 건조중량율을 활용하였다.

질소비료의 온실가스 배출계수는 부산물비료 시비에 의한 배출계수와 보통비료 시비에 의한 배출계수로 구분되어 있으므로, 질소비료의 종류에 따라 구분하여 적용하였다. 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-14>와 같다.

<표 3-14> 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_{N_2O} = \sum (1.5714 \times M_{i-Fert} \times AI_{i-N} \times WI_{i-Dry} \times E_{N_2-soil} \times GWP_{N_2O})$$

GHG_{N_2O} : 질소비료 시비로 인한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

1.5714 : N₂O 분자량 / N₂ 분자량

M_{i-Fert} : 질소비료 i 의 사용량(kg/1,000m².1기작)

AI_{i-N} : 질소비료 i 의 질소 비료 유효성분 함유율

WI_{i-Dry} : 질소비료 i 의 건조중량율

E_{N_2-soil} : 질소비료 1kg-N 당 N₂의 토양배출계수(kgN₂/kgN)

GWP_{N_2O} : N₂O의 지구온난화지수(310kgCO₂/kgN₂O)

(5) 논외 물대기로 인한 온실가스 배출량

논외 물대기로 인한 온실가스 배출량은 “벼”에만 해당되는 항목으로, “벼”를 제외한 나머지 농산물에서는 온실가스 배출량 산정 시 고려하지 않았다.

벼의 재배지인 “논”의 경우 벼의 생육기간 중 일부기간동안 논에 물을 채워

놓음으로써 혐기성 상태가 된다. 이 때, “벼” 재배를 위해 사용된 보통 비료 및 부산물비료는 작물에 생육에 대부분 사용되지만, 일부는 혐기성 상태로 인해 메탄(CH₄) 형태로 대기중으로 배출되기도 한다. 따라서 논에 물대기로 인한 온실가스 배출량을 산정하였다.

논에 물대기로 인한 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 논에 물을 채워 놓는 상시담수일수와 물을 빼 놓는 마른논재배일수가 필요하였기에, 전문가 인터뷰를 통해 “벼” 재배 시 평균 상시담수일수(90일)와 마른논재배일수(60일)를 수집, 적용하였다.

논에 물대기로 인한 온실가스 배출량은 상시담수일수와 마른논재배일수, 상시담수 및 마른논재배 시의 온실가스 배출계수를 곱하여 계산하였다. 논에 물대기로 인한 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-15>와 같다.

<표 3-15> 논에 물대기로 인한 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_{CH_4} = [(f_{Flooding} \times a_{CH_4}) + (f_{Dry} \times b_{CH_4})] \times 0.1 \times GWP_{CH_4}$$

GHG_{CH_4} : 논에 물대기로 인한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

$f_{Flooding}$: 상시담수일수(day/1기작)

f_{Dry} : 마른논재배일수(day/1기작)

a_{CH_4} : 담수 상태에서의 메탄발생량(2.37kgCH₄/day/ha)

b_{CH_4} : 마른논재배 상태에서의 메탄발생량(1.42kgCH₄/day/ha)

0.1 : 면적 단위환산 계수(ha/1,000m²)

GWP_{CH_4} : CH₄의 지구온난화지수(21kgCO₂/kgCH₄)

(6) 농산물의 총 온실가스 배출량 산정

앞서 산정한 다섯 종류의 온실가스 배출량을 모두 합산하여 해당 농산물의 총 온실가스 배출량을 계산하였다. 농산물의 총 온실가스 배출량 계산식은 다음 <표 3-16>과 같다.

- 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량
- 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량
- 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량
- 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량
- 논외 물대기로 인한 온실가스 배출량

<표 3-16> 농산물의 총 온실가스 배출량 계산식

$$GHG_{total} = GHG_A + GHG_F + GHG_D + GHG_{N_2O} + GHG_{CH_4}$$

GHG_{total} : 총 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

GHG_A : 농자재 생산에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

GHG_F : 화석연료 연소에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

GHG_D : 기타농자재 폐기에 의한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

GHG_{N_2O} : 질소비료 사용으로 인한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

GHG_{CH_4} : 논외 물대기로 인한 온실가스 배출량(kgCO₂/1,000m².1기작)

다. 농산물별, 연도별 온실가스 배출량 산정

앞 단계에서 설정한 온실가스 배출량 산정방법에 따라, 농산물별 농자재의 사용량 및 온실가스 배출계수, 기타농자재 폐기시나리오 등을 이용하여 농산물별 온실가스 배출량을 산정하였다.

농산물별 데이터 수집기간을 고려하여 2006년부터 2011년까지 연도별로 구분하여 온실가스 배출량을 산정하였으며, 설정된 산정 기준에 따라 <표 3-17>과 같이 “1,000m²·1기작”을 기준으로 한 온실가스 배출량과 <표 3-18>과 같이 “농산물 1kg”을 기준으로 한 온실가스 배출량을 모두 산정하였다.

<표 3-17> 농산물별, 연도별 온실가스 배출량(“1,000m²·1기작” 기준)

농산물	연도별 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /1,000m ² ·1기작)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
벼	-	1,070	1,001	989	990	988
맥주보리	317	397	298	271	310	-
겉보리	-	-	292	267	265	311
쌀보리	-	-	-	-	237	272
노지팥옥수수	-	664	605	535	625	619
고구마	-	253	251	287	318	343
봄감자	-	563	596	586	734	593
가을감자	-	491	550	586	559	605
콩	-	-	-	103	99	94
노지수박	-	556	518	587	618	618
수박(반축성)	-	1,302	1,151	913	1,001	1,048
봄무	-	535	470	573	525	609
가을무	-	550	513	447	570	462

농산물	연도별 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /1,000m ² .1기작)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
고랭지무	-	603	594	588	651	559
시설무	644	612	651	670	483	-
봄배추	-	761	785	796	704	743
가을배추	-	628	671	597	799	642
고랭지배추	-	735	711	661	705	690
시설배추	946	906	1,103	1,205	1,081	-
대파	-	896	887	998	881	853
쪽파	-	1,765	520	586	1,676	2,785
양배추	-	759	823	699	767	774
생강	-	798	882	906	921	667
당근	614	535	548	430	396	-
노지부추	-	-	1,164	1,679	1,644	-
시설부추	-	-	2,213	2,761	2,539	2,677
노지시금치	-	-	1,026	887	678	-
시설시금치	402	798	657	556	685	-
시설참외	-	1,644	1,633	1,637	1,780	1,930
딸기(축성)	-	4,084	3,694	2,997	3,056	4,333
딸기(반축성)	-	2,796	2,639	2,791	2,895	58,113
오이(축성)	21,793	22,207	20,412	18,307	20,709	-
오이(반축성)	-	9,432	7,822	6,845	7,129	9,538
오이(억제)	-	-	1,964	2,964	1,868	5,819
토마토(축성)	-	9,872	12,123	11,348	12,011	12,556
토마토(반축성)	-	5,691	6,585	5,766	5,253	4,515
방울토마토	-	14,431	11,454	12,583	14,037	15,596
시설상추(치마)	-	2,097	1,665	1,817	2,640	2,725

농산물	연도별 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /1,000m ² .1기작)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
노지고추	-	759	745	787	862	902
시설고추	-	16,495	15,049	12,906	15,018	12,859
시설호박	-	5,597	5,217	5,162	5,254	5,591
시설가지	-	-	17,408	15,855	13,665	15,539
착색단고추	-	-	36,279	33,934	34,189	35,622
마늘	-	781	758	659	753	728
양파	-	774	696	712	726	726
사과	776	816	884	-	698	1,983
배	1,015	1,204	1,086	-	970	970
복숭아	-	640	633	563	558	493
단감	-	532	510	531	507	490
노지포도	570	604	562	-	558	602
시설포도	-	6,066	8,572	6,775	7,145	7,758
노지감귤	517	336	342	-	424	470
시설감귤	42,442	41,631	32,114	33,307	28,152	-
참다래	-	-	855	696	714	935
유자	-	-	661	733	713	-
인삼	-	939	1,028	965	1,058	1,102
참깨	-	-	-	-	233	214
느타리버섯	-	-	42,221	41,882	41,795	52,967
오미자	-	-	552	516	448	396
녹차	-	-	436	363	451	-
더덕	-	-	2,689	-	-	-
시설국화	-	-	10,198	13,326	11,557	13,178
시설장미	-	-	38,925	39,144	43,472	47,082

<표 3-18> 농산물별, 연도별 온실가스 배출량(농산물 1kg 기준)

농산물	농산물 1kg당 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /kg)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
벼	-	1.698	1.442	1.400	1.517	1.499
맥주보리	0.817	0.937	0.656	0.580	0.763	-
겉보리	-	-	0.678	0.568	0.697	0.757
쌀보리	-	-	-	-	0.609	0.659
노지팥옥수수	-	1.350	1.197	1.066	1.304	1.331
고구마	-	0.170	0.155	0.176	0.237	0.247
봄감자	-	0.223	0.224	0.236	0.326	0.260
가을감자	-	0.291	0.334	0.344	0.331	0.349
콩	-	-	-	0.518	0.677	0.564
노지수박	-	0.189	0.163	0.189	0.177	0.190
수박(반축성)	-	0.280	0.246	0.190	0.210	0.201
봄무	-	0.090	0.086	0.106	0.112	0.120
가을무	-	0.108	0.098	0.079	0.116	0.092
고랭지무	-	0.155	0.146	0.151	0.164	0.121
시설무	0.094	0.088	0.092	0.092	0.068	-
봄배추	-	0.120	0.119	0.117	0.105	0.110
가을배추	-	0.090	0.093	0.085	0.132	0.094
고랭지배추	-	0.162	0.148	0.137	0.155	0.140
시설배추	0.110	0.097	0.119	0.116	0.109	-
대파	-	0.263	0.261	0.291	0.255	0.246
쪽파	-	0.832	0.239	0.246	0.783	1.208
양배추	-	0.133	0.149	0.117	0.129	0.130
생강	-	0.618	0.708	0.746	0.716	0.582
당근	0.183	0.158	0.140	0.100	0.094	-

농산물	농산물 1kg당 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /kg)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
노지부추	-	-	0.248	0.330	0.440	-
시설부추	-	-	0.398	0.450	0.434	0.472
노지시금치	-	-	0.840	0.727	0.617	-
시설시금치	0.210	0.417	0.343	0.302	0.439	-
시설참외	-	0.531	0.507	0.481	0.563	0.559
딸기(촉성)	-	1.132	1.033	0.834	0.890	1.172
딸기(반촉성)	-	0.941	0.888	0.900	1.034	18.396
오이(촉성)	1.159	1.273	1.077	1.040	1.207	-
오이(반촉성)	-	0.806	0.662	0.624	0.624	0.882
오이(억제)	-	-	0.336	0.479	0.333	0.916
토마토(촉성)	-	1.058	1.143	1.080	1.303	1.389
토마토(반촉성)	-	0.700	0.770	0.682	0.687	0.601
방울토마토	-	1.900	1.459	1.704	2.089	2.301
시설상추(치마)	-	0.504	0.392	0.413	0.711	0.587
노지고추	-	1.145	1.523	1.532	2.124	2.578
시설고추	-	3.127	2.917	2.481	3.228	2.571
시설호박	-	0.772	0.647	0.650	0.679	0.588
시설가지	-	-	1.825	1.747	1.561	1.864
착색단고추	-	-	3.289	3.001	2.946	3.042
마늘	-	0.636	0.574	0.486	0.622	0.593
양파	-	0.113	0.103	0.096	0.114	0.110
사과	0.358	0.396	0.413	-	0.337	0.983
배	0.396	0.471	0.417	-	0.382	0.392
복숭아	-	0.410	0.397	0.348	0.364	0.309
단감	-	0.312	0.309	0.318	0.311	0.324

농산물	농산물 1kg당 온실가스 배출량 (단위:kgCO ₂ /kg)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
노지포도	0.318	0.340	0.317	-	0.345	0.379
시설포도	-	3.226	4.325	3.511	4.125	4.324
노지감귤	0.154	0.085	0.117	-	0.151	0.158
시설감귤	7.536	6.728	5.188	5.453	4.923	-
참다래	-	-	0.368	0.299	0.357	0.512
유자	-	-	0.476	0.421	0.484	-
인삼	-	1.570	1.711	1.576	1.633	1.798
참깨	-	-	-	-	3.948	3.755
느타리버섯	-	-	2.022	2.089	2.119	2.597
오미자	-	-	1.055	1.113	0.934	0.787
녹차	-	-	5.812	5.116	6.269	-
더덕	-	-	3.814	-	-	-
시설국화	-	-	0.179	0.239	0.204	0.213
시설장미	-	-	0.349	0.351	0.402	0.419

라. 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정

앞 단계에서 농산물에 따라 5개년 또는 4개년 이하의 연도별 온실가스 배출량이 산정되었으므로, 이를 산술평균하여 농산물별 평균 온실가스 배출량을 산정하였다.

농산물별 평균 온실가스 배출량 또한 설정된 산정 기준에 따라 <표 3-19>와 같이 “1,000m²·1기작”을 기준으로 한 온실가스 배출량과 “농산물 1kg”을 기준으로 한 온실가스 배출량을 모두 산정하였다.

<표 3-19> 농산물별 평균 온실가스 배출량

농산물	평균 온실가스 배출량		농산물	평균 온실가스 배출량	
	kgCO ₂ /1,000㎡·1기작	kgCO ₂ /kg		kgCO ₂ /1,000㎡·1기작	kgCO ₂ /kg
벼	1,007	1.511	오이(촉성)	20,686	1.151
맥주보리	319	0.751	오이(반촉성)	8,153	0.720
겉보리	284	0.675	오이(억제)	3,154	0.516
쌀보리	254	0.634	토마토(촉성)	11,582	1.195
노지꽃옥수수	610	1.250	토마토(반촉성)	5,562	0.688
고구마	290	0.197	방울토마토	13,620	1.891
봄감자	614	0.254	시설상추(치마)	2,189	0.521
가을감자	558	0.330	노지고추	811	1.780
콩	99	0.586	시설고추	14,466	2.865
노지수박	579	0.182	시설호박	5,364	0.667
수박(반촉성)	1,083	0.225	시설가지	15,617	1.749
봄무	542	0.103	착색단고추	35,006	3.070
가을무	508	0.099	마늘	736	0.582
고랭지무	599	0.147	양파	727	0.107
시설무	612	0.087	사과	1,031	0.497
봄배추	758	0.114	배	1,049	0.412
가을배추	667	0.099	복숭아	577	0.366
고랭지배추	700	0.148	단감	514	0.315
시설배추	1,048	0.110	노지포도	579	0.340
대파	903	0.263	시설포도	7,263	3.902
쪽파	1,466	0.662	노지감귤	418	0.133
양배추	764	0.131	시설감귤	35,529	5.965
생강	835	0.674	참다래	800	0.384
당근	505	0.135	유자	702	0.460

농산물	평균 온실가스 배출량		농산물	평균 온실가스 배출량	
	kgCO ₂ /1,000㎡·1기작	kgCO ₂ /kg		kgCO ₂ /1,000㎡·1기작	kgCO ₂ /kg
노지부추	1,495	0.339	인삼	1,018	1.657
시설부추	2,547	0.438	참깨	223	3.851
노지시금치	864	0.728	느타리버섯	44,716	2.206
시설시금치	620	0.342	오미자	478	0.972
시설참외	1,725	0.528	녹차	417	5.732
딸기(촉성)	3,633	1.012	더덕	2,689	3.814
딸기(반촉성)	13,847	4.432	시설국화	12,065	0.209
			시설장미	42,156	0.380

제4장 결론 및 향후 연구

본 연구는 통계자료를 활용한 농산물의 온실가스 배출량 산정 방법 개발 및 농산물별 평균 온실가스 배출량 산정을 통해, 향후 탄소성적표지제도 등 탄소라벨링 관련 제도에서 농산물의 온실가스 배출계수로 활용되는 것을 목적으로 하였다.

특정 농산물을 재배하는 전국의 모든 농가 또는 샘플링을 통해 선정된 일부 농가로부터 재배관련 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 통계데이터를 산출하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 예상되어, 농산물과 관련된 통계자료를 바탕으로 한 농산물의 온실가스 배출량 산정 방법을 개발하고, 이를 활용하여 농산물의 평균 온실가스 배출량을 산정하였다.

일반 공산품과 달리 농산물의 특성을 고려하여 질소비료 사용에 따른 아산화질소 배출량과 논의 물대기로 인한 메탄 배출량을 포함하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 특히, 농업부문에서는 대부분의 데이터를 면적 기준으로 관리하고 있기 때문에, 면적($1,000\text{m}^2 \cdot 1\text{기작}$)과 생산량(농산물 1kg)을 기준을 모두 적용하여 총 63개 농산물에 대한 평균 온실가스 배출량을 산정하였다.

본 연구에서 가장 중점을 둔 부분은 통계자료를 활용하여 농산물 재배 시 투입되는 농자재의 사용량을 수집하는 것이었다. 이에 ‘농축산물소득자료집’ 또는 ‘농산물생산비조사’ 통계자료를 도출하는데 활용된 최초 수집데이터(Raw data)를 활용하고자 하였다. 그러나 해당 데이터의 외부 공개가 불가능하여 차선책으로 해당기관에서 공개한 가공된 최종 데이터를 활용하여 데이터 수집을 진행한 것이 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서 도출된 한계점을 해결하고, 향후 탄소성적표지 등 농산물의 온실가스 배출계수가 필요한 곳에서 활용되기 위해서는 데이터 수집에 대한 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서 활용한 통계자료는 모든 가공이 완료되어 공개된 최종데이터로, 최초 수집데이터를 이용하여 가공된 데이터였다. 이에 따라 해당 통계자료를 제공하는 농촌진흥청 또는 통계청과의 협력을 통해 통계자료를 도출하기 위해 사용된 최초 수집데이터를 이용하여 온실가스 배출량을 산정할 필요가 있다. 특히, 최초 수집데이터를 활용한 데이터의 불확도 연구 및 수집데이터의 선별에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

제5장 참고 문헌

2012 국가온실가스 인벤토리보고서, 온실가스종합정보센터, 2013

온실가스종합정보센터, 부문별 · 업종별 · 연도별 온실가스 감축목표 확정, 보도자료, 2011

한국환경산업기술원, 국가별 LCI DB, www.edp.or.kr

Ecoinvent Data v2.2(2010), Swiss Centre for Life Cycle Inventories

일본 농산물 온실가스배출량 및 LCI 데이터베이스, (주)토람, 2011

농축산물소득자료집, 농촌진흥청, 2007~2012

농산물생산비조사, 통계청, 2006~2011

비료연감, 한국비료공업협회, 2012

농약연보, 한국작물보호협회, 2011~2012

농약사용지침서, 한국작물보호협회, 2008

전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부, 2011

<Abstract>

The purpose of this study is to utilize as a coefficient of greenhouse gas emission of agricultural product in carbon labeling system, by developing greenhouse gas emissions calculation method and calculating the average greenhouse gas emissions of agricultural product.

Because calculating a statistical data based on farming-related data from all farmers across the country that grow certain agricultural products or selected farm through a sampling is expected a lot of difficulty. This study, published by the Rural Development Administration "sourcebook of farm product income" and provided by the National Statistical Office, "Agricultural Production Cost Survey," statistical data were used.

Fertilizer, diesel, electricity and other usage data were collected through statistical data and the amount of crop protection data were collected through Korea Crop Protection Association published "Annals of pesticides". Estimating greenhouse gas emissions standards for agricultural products was set in "1,000m² · 1 mechanism" based on the characteristics of agricultural-related statistical data and "agricultural product 1kg" based of the productivity of agricultural product

Greenhouse gas caused by agricultural materials production and combustion of fossil fuels, agricultural materials disposal, nitrogen fertilizer use, irrigate a paddy was calculated and the average greenhouse gas emissions of 63 type of agricultural products was estimated by calculating average of each of agricultural greenhouse gas emissions over the past five years.

In this study, the statistical data that is calculated and published are used, not the raw data collected from farms. It is limitation of this study. So, the further study such as uncertainty analysis and data screening about the raw data for statistical data must be carried out.

