지역통계를 활용한 축산부문 온실가스 배출량 산출에 대한 연구

이근영, 연성모, *이건모
㈜웨코스, *아주대학교

The Study for National Greenhouse Gas Emissions of Livestock Sector Utilizing Low Lover Local Government Statistical Data

Guen-Young Lee, Sung-Mo Yeon, *Kun-Mo Lee
Wecos, *Ajou University
gylee1011@wecos.co.kr, peter_yeon@wecos.co.kr, kunlee@ajou.ac.kr

Abstract

The purpose of this study is to calculate the greenhouse gas emission from milk cow, beef cattle/korean beef and pork based on the lower level local government in Korea.

A preceding study was progressed to calculate the basic data for greenhouse gas emission of livestock. However, this study has calculated greenhouse gas emission about three major livestock from 2001 to 2012 utilizing low national statistical data and various researches.

The result show that greenhouse gas emission of major livestock is 2001 year 929,377 tCO_2 to 2012 year 1,402,192 tCO_2 and an upward trend. the highest greenhouse gas emission area in milk cow is Gyeonggi-do Province, Korean beef·beef cattle is Gyeongsangbuk-do Province, pig is Gyeonggi-do Province.

Keywords *: livestock, low lever local government, greenhouse gas emission, action variable*

요약문

이 연구의 목적은 국내 전국 기초지자체(읍/면/동)를 기준으로 유우, 한·육우 및 돼지로 인한 온실가스 배출량을 파악하는 것이다. 선행 연구는 축산부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위한 기초데이터를 연구하는 단계로 진행하였으나 이 연구에서는 2001년부터 2012년까지 각 기초지자체에서 발표한 통계자료와 여러 가지 연구과제를 바탕으로 읍/면/동 단위까지 세부적으로 대표 축종에 대한 온실가스 배출량을 산출하였다.

온실가스 배출량 산출 결과 3개 축종은 2001년 929,377 tCO_2 에서 2012년 1,402,192 tCO_2 로 상승하는 추세이며 기초지자체 기준 2012년 유우 배출량 최대 지역은 경기도, 한·육우 배출량 최대지역은 경상북도, 돼지 배출량 최대 지역은 경기도인 것으로 나타났다.

주제어 *: 가축, 기초지자체, 온실가스 배출량, 변수*

1. 서론

전 세계적으로 새로운 온실가스 감축 체제인 Post-2020에 대한 협상이 본격화되고 있고 미국은 2013년 6월 이산화탄소 배출규제와 신재생 에너지 보급 확대를 포함한 '기후변화 대응비전'을 발표하였다. EU는 2030년까지 1990년 대비 30~40% 감축 목표 설정에 대한 논의가 진행되고 있다.

이러한 추세에 따라 우리나라는 2009년 도입된 온실가스 목표관리제의 시행으로 분야별 온실가스 배출량이 관리되고 있으며 이를 통해 대상 기업들은 온실가스 배출량을 저감하기 위한 다양한 활동들을 실행하고 있다.

국내 축산업의 경우 유제품 소비가 증가[11]함에 따라 과거에 비해 축종의 사육두수가 증가하고 있어 농림축식품부는 축산부문의 온실가스 배출량을 관리하기 위한 다양한 연구를 진행 중에 있다. 그러나 현재까지 전국 지자체 단위별 축산부문의 온실가스 배출량을 체계적으로 산출한 연구는 거의 없었다.

따라서 축산부문의 온실가스 배출량을 국가적 차원에서 관리하고 저감하기 위한 측면에서 전국 기초지자체 단위별 온실가스 배출량을 산출하고 계산과정에서 문제점을 도출하여 개선에 대한 요구사항이 지속적으로 제기되고 있다.

2. 연구방법

2.1 연구목적 및 범위 정의

2.1.1 연구 목적

현재 우리나라의 2011년 축산부문 온실가스 배출량은 940 만톤CO_2e.[12]으로 전체 온실가스 배출량 697.7 백만 톤의 1.35%이며 매우 미미한 것으로 발표되었다. 또한 저탄소녹색성장기본법에 따라 2010년부터 시행되고 있는 온실가스 에너지 목표관리제도 농림축산부문 중에서 축산부문은 관리하고 있지 않다.

그러나 국내에서는 한국형 Farm model[13], 축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구[14], 지자체 온실가스 배출량 산정지침[15] 등 축산부문의 온실가스 배출량을 산출하기 위한 다양한 기초연구가 진행되었으나 전국단위의 기초지자체별로 세부적인 축산부문의 온실가스 배출량을 산출한 연구결과는 아직까지 없는 것이 현실이다.

따라서 이 연구에서는 2001년부터 2012년까지 각 기초지자체에서 발표한 통계자료와 기존의 연구된 결과를 바탕으로 읍/면/동 단위까지 세부적으로 유우, 한·육우 및 돼지에 대한 온실가스 배출량을 산출하여 전국단위의 축산부문 온실가스 배출량 산출 방법론의 문제점과 개선방안을 도출하였다.

---

11) 농림축산식품부, 우유 및 유제품 생산보시상황, 통계청
12) 2013 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터, 2013
13) 농촌진흥청 국립축산 과학원의 "축산부문 온실가스 배출계수 개발 및 배출량 평가"과제의 세부과제, 2009~2012, 아주대학교
14) 농촌진흥청 농업과학기술개발사업, 2012,
15) 한국환경공단, 2012

2.1.2 연구 범위

이 연구과제는 축산과학원의 “축산환경 선진화 기술 개발”의 세부과제인 “축산부문 CH_4 및 N_2O 배출량 산정방식 및 산정도구 개발” 세부협동과제인 “GIS 및 국가통계를 이용한 축산부문 온실가스 배출지도 작성”의 2차 년도 결과로 온실가스 배출량 산정 대상 축종은 유우, 한·육우, 돼지로 선정하였다.

위에서 선정한 연구대상 축종의 온실가스 배출량 산정 기간은 2001~2012년까지로 시간적 범위를 설정하였고 지역적 범위는 우리나라의 227개 지자체를 대상으로 하였다. 또한 장내발효, 농장운영 에너지뿐만 아니라 사료원 생산과 분뇨처리 단계까지 총 4단계로 구분하여 온실가스 배출량을 산출하였다.

2.1.3 연구추진 프로세스

이 연구는 Table 1에서 제시한 것과 같이 온실가스 배출량 방법론 설정, 축산부문 배출계수 조사, 활동데이터 조사, 온실가스 배출량 산정, 결과 및 고찰 순으로 수행하였다. 먼저 축산부문 온실가스 배출량 산정 연구결과를 조사 및 분석하여 온실가스 배출량 산정방법론을 도출하였다.

다음단계로 기초지자체별 온실가스 배출량을 산출하기 위한 배출계수와 활동데이터를 조사하여 온실가스 배출량 산정방법론에 따라 기초지자체별 온실가스 배출량 결과를 산정하였다.

Table 1. Research process

1. 온실가스 배출량 방법론 설정	- 축산부문 온실가스 배출량 산정 연구결과 조사 및 분석 - 기초지자체별 온실가스 배출량 산정 방법론 도출
↓	
2. 축산부문 배출계수 조사	- 축산부문 배출계수 문헌 조사
↓	
3. 활동데이터 조사	- 기초지자체별 사육두수 조사 : 지역통계연보 - 축종 및 성장단계별 사육두수, 축종별 사료섭취량, 축종별 에너지 사용량, 분뇨관리시스템, 두수별 연간 평균 질소배출량 등 조사
↓	
4. 온실가스 배출량 산정	- 대상축종의 기초지자체별 온실가스 배출량 산정
↓	
5. 결과 및 고찰	- 대상축종의 기초지자체별 온실가스 배출량 특성 파악 - 국가단위의 온실가스 배출량을 관리하기 위한 개선사항 도출

2.2 온실가스 배출량 산정 방법론

연구대상 축종의 성장단계별 사료원 생산, 장내발효, 농장운영, 분뇨처리단계의 온실가스 배출량 산정방법은 Table 2에 상세히 기술하였다. 이 방법은 아주대학교에서 개발한 “한국형 farm 모델”과 유우 온실가스 배출량 산정 방법[16]을 바탕으로 이 연구목적에 적합하게 개선하였다.

16) Quantification and control of the greenghouse gas emissions from a dairy cow system, Journal of Cleaner Production 70(2014)

Table 2. Methodology of GHG emissions from Livestock Sector in 4 step growth phase

A. 사료원 생산	$\sum_{j=1}^{n}(Number\,of\,haed_{(k)} \times feeding\,of\,day_{(j,k)} \times 365 \times EF_{(j,k)})$ Number of head$_{(k)}$: 성장단계별 사육두수 feeding of day$_{(j,k)}$: 성장단계의 사료종류별 1일 섭취량 EF$_{(j,k)}$: 성장단계의 사료종류별 온실가스 배출계수
+	
B. 장내발효	$Number\,of\,head_{(k)} \times EF_{(k)} \times 21$ Number of head$_{(k)}$: 성장단계별 사육두수 EF$_{(k)}$: 성장단계별 장내발효 배출계수
+	
C. 농장운영	$\sum_{R}(Amount\,of\,energy\,consumption_{(R)} \times EF_{(R)}$ Amout of energy consumption$_{(R)}$: 에너지원별 사용량 EF$_{(R)}$: 에너지원별 배출계수
+	
D. 분뇨처리 (① + ②)	① $Number\,of\,head_{(k)} \times EF_{(k)} \times 21$ Number of head$_{(k)}$: 성장단계별 사육두수 EF$_{(k)}$: 성장단계별 메탄 배출계수 ② $\sum_{s=1}^{n}[\sum_{k=1}^{n}(Number\,of\,head_{(k)} \times Ne_{s(k)} \times MS_{(k,s)}) \times EF_{(s)}] \times \frac{44}{28}$ Number of head$_{(k)}$: 성장단계별 사육두수 s : 분뇨관리시스템 시스템 Ne$_{(s,j)}$: 성장단계별 분뇨처리시스템의 질소배출량 MS$_{(k,s)}$: 분뇨처리시스템별 성장단계의 배출계수 EF$_{(s)}$: 분뇨처리 시스템별 배출계수

2.3 대상축종별 온실가스 배출량 산정

2.3.1 사육 두수

이 연구에서 대상축종별 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 성장단계별 사육두수 데이터를 확보해야 한다. 그러나 기초지자체별 지역통계연보의 경우 성장단계별 사육두수를 구분하고 있지 않으므로 다음의 자료를 바탕으로 광역지자체 기준으로 대상축종의 성장단계별 비율을 도출하여 기초지차제의 사육두수에 적용하였다.

현재 통계청의 “축종별 시도/연령 마리수” 통계 데이터는 사육두수를 1세미만, 1~2세, 2세 이상으로 구분하여 분기별로 발표하고 있으나 이 연구 대상축종인 유우, 한·육우, 돼지는 성장단계의 차이가 있으므로 대상축종별로 통계청 데이터를 활용하여 성장단계별 비율을 도출하였다.

먼저 유우는 농림수산식품부에서 시행하는 고시 제2008-79호[17]에서 제시한 성장단계를 사용하였으며 아래 Table 3과 같이 통계청에서 발표한 연령별 구분기준과 비교하여 적용하였다. 고시에 의하면 6월령 이전은 송아지, 6월령 이후는 육성우로 구분되므로 통계청 1세미만에 해당하는 비율을

17) 축산법 시행규칙 제 30 조 3호에 따른 고시 제2008-79호

1/2로 나누어 송아지와 육성우 비율로 결정하고 고시의 13~24월령은 통계청의 1~2세로 결정하였다. 고시 기준 경산우는 착유우와 건유우로 구분되는데 국립축산과학원에서 발행한 '젖소 기르기 기초 기술'의 자료에 따라 1년 365일 중 착유우 기간을 305일, 건유우 기간을 60일 기준으로 통계청의 2세이상 경산우 비율 중 착유우 약 84%(305/365). 건유우 약 16%(60/365)로 결정하였다.

Table 3. Growth process for Milk cow using notification of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and livestock statistics Survey of Statistics Korea

성장단계	송아지	육성우	초임우	경산우	
				착유우	건유우
고시	3~6월령	7~12월령	13~24월령		
통계청	1세미만		1~2세	2세 이상	

출처 : 농림수산식품부 고시 제2008-79호

예를 들면 강원도 2012년 분기별 유우의 1세미만, 1~2세, 2세이상의 연령별 비율을 산출한 후 위에서 제시한 기준에 따라 성장단계별 비율을 설정하였다.

Table 4. Growth ratio for milk cow of Gangwon-do Province in 2012 Statistics Korea

마리수	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
1세미만	2,855	3,108	3,352	3,570	비율 → 산정	18%	19%	20%	21%
1~2세	3,782	2,890	3,062	3,040		24%	18%	18%	18%
2세이상	9,175	10,063	10,378	10,460		58%	63%	62%	61%
합계	15,812	16,061	16,792	17,070		100%	100%	100%	100%

출처: 통계청 젖소 시도/연령 마리수

Table 5. Growth process ratio for milk cow of Gangwon-do Province in 2012

통계청 분기별 비율 평균	1세미만		1~2세	2세이상	
	20%		19%	61%	
성장과정 비율	송아지	육성우	초임우	착유우	건유우
	10%	10%	19%	51%	10%

이와 같은 방법으로 전국 7개 광역시 9개도의 2001년~2012년 성장과정 비율을 추정하였으며 지역통계연보 자료에 적용하여 읍/면/동 기준 유우의 성장단계별 마리 수를 추정하였다.

한·육우의 성장단계는 유우와 마찬가지로 농림수산식품부 고시와 통계청 발표 자료를 비교한 결과 3단계로 아래 표와 같이 구분하고 있으므로 구분기준이 동일하다고 간주하여 비율을 산출하였다.

Table 6. Growth process and ratio for Korean beef/beef cattle using notification of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and livestock statistics Survey of Statistics Korea

구분	송아지	육성우	성우
고시	6개월령 미만	6개월령~14개월령 미만	14개월령 이상
통계청	1세미만	1~2세	2세이상

출처 : 농림수산식품부 고시 제2008-79호

돼지는 유우나 한·육우에 비해 성돈까지의 성장 시기가 짧으므로 통계청의 성장단계 구분 방법은 2개월 미만, 2~4개월, 4~6개월과 같이 2개월 단위로 구분하고 있으나 농림수산식품부 고시는 돼지를 무게로 구분하고 있다.

돼지의 성장단계는 사료섭취효율 계산식에 따라 무게별 성장단계를 구분하는 방법이 있으나 현재 구축된 통계 자료를 돼지의 무게 자료로 적용하기에 적합하지 않으므로 전문가의 의견을 반영하여 2개월 미만을 자돈, 2~4개월을 육성돈, 4~6개월을 비육돈으로 구분하였다.

Table 7. Growth process and ratio for pig using notification of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and livestock statistics Survey of Statistics Korea

구분	자돈	육성돈	비육돈
고시(무게기준)	자돈초기 : 20kg 미만 자돈후기 : 20kg~30kg 미만	30kg~60kg 미만	60kg 이상
통계청	2개월 미만	2~4개월	4~6개월

출처 : 농림수산식품부 고시 제2008-79호

2.3.2 사료섭취량

유우의 사료섭취량은 국립축산과학원의 2012 한국가축사양표준에서 기술된 젖소(Holstein) 영양소요구량표를 기준으로 조사료와 농후사료의 사료섭취량을 산출하였다. 그러나 TMR사료 섭취량은 가축사양표준에서 권장량이 공개되어 있지 않으므로 섭취량이 없는 것으로 가정하였다.

또한 국립축산과학원에서 발표한 조사료의 품질 중 축산농가에서 사용하는 중질조사료(TDN[18] 54~56%이상) 기준을 적용하여 조사료와 농후사료 섭취량을 계산하였다.

.

18) 총 가소화 영양분, Totla Digestible untrients, 사료가 가축 등의 대사 작용에 의해 이용되는 에너지를 가리키는 단위, TDN은 사료의 총 영양분으로부터 분뇨 중에서 손실되는 양을 뺀 가소화성량으로 표시

Table 8. Feeding of milk cow

성장단계	중질조사료 비율 (조사료:농후사료)	사료급여량 (2012 젖소 사양표준 기준)	조사료 (kg/일/두)	농후사료 (kg/일/두)
송아지	자유채식	체중 150kg 미만	2.05	1.6
육성우	1:1	체중 400kg, 증체량 0.8kg/일, 건물섭취량 10.1kg/일	5.05	5.05
초임우	1:1	체중 500kg, 증체량 1.5kg/일, 건물섭취량 11.3kg/일	5.65	5.65
착유우	1:1	유량 30kg/일, 유지방 3.7%, 유단백 3.2kg/일, 건물섭취량 21.6kg/일	10.8	10.8
건유우	1:1	체중 600kg, 증체량 1.5kg/일, 건물섭취량 13.1kg/일	6.55	6.55

한·육우의 사료섭취량은 유우와 동일하게 국립축산과학원에서 발표한 2012 한우 사양표준의 한우 체중별 사료급여량과 농촌진흥청에서 발간한 한우 길라잡이의 농후사료 섭취량을 바탕으로 사료별 섭취량을 계산하였다. 즉 2012년 한우 사양표준 건물섭취량에서 한우 길라잡이의 농후사료 섭취량을 제외한 나머지를 조사료 섭취량으로 가정하였다.

Table 9. Feeding of Korean beef/beef cattle

성장단계	사료급여량 (한우 사양표준 기준)	조사료(kg/일/두)	농후사료(kg/일/두)
송아지	체중 150kg 미만, 증체량 0.4kg/일, 건물섭취량 3.7kg/일	2.44	1.26
육성우	체중 4000kg 미만, 증체량 1.2kg/일, 건물섭취량 9.4kg/일	8.05	1.35
비육우	체중 650kg 미만, 증체량 0.4kg/일, 건물섭취량 7.9kg/일	7.55	1.85

돼지의 사료섭취량은 대한한돈협회에서 공개하는 '미국의 사료섭취량과 성장성 표준 체중' 자료를 활용하였다. 통계청에서 제공하는 2001년~2012년의 '축산물 생산비 조사'를 중 번식돈 두당 사육현황을 검토한 결과 전체 사료 급여량 중 99%가 배합사료에 해당하므로 일일 사료섭취량은 모두 배합사료로 가정하였다.

Table 10. Feeding of pig

성장단계	체중 기준	배합사료(kg/일/두)
자돈	20kg 이상 30kg 미만	1.26
육성돈	30kg 이상 60kg 미만	1.86
비육돈	60kg 이상	2.68

2.3.3 에너지 사용량

현재 우리나라에서는 축사 기준 에너지 사용량에 대한 자료가 구축되어 있지 않으며 에너지경제연구원에서 농업부문 에너지 소비량에 대해 3년 주기로 자료를 제공하고 있으나 이는 축산부문에서 사용되는 에너지양을 추정하기에 적합하지 않다.

유우의 에너지 사용량 원단위는 농촌진흥청에서 수행한 '축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구' 결과를 바탕으로 착유 시 전력사용량과 목장운영에 필요한 전력사용량으로 구분하여 에너지 원단위를 산출하였다.

Table 11. Estimation of Electricity intensity for milking room

구분		<40두	40-59두	60-79두	>80두	평균	원단위 (kWh/두/년)
착유두수		14.3	24.1	32.3	49.3	29.8	63.7
착유시전력소모량(kWh/년)		995.3	1,682.9	1,959.8	3,736	1,898	
냉각기 전력모소량(kWh/년)		741.5	1,165.8	2,008.5	2,008.5	1,481.1	49.7
착유실 기타 전력소모량	형광등 (kWh/년)	133.1	153.1	178.7	249.9	173.1	5.8
	온수기 (kWh/년)	813.3	813.3	813.3	813.3	813.3	27.3
	환풍기 (kWh/년)	708.6	815.9	952.1	1,332.1	923	32.0
착유실 전력 원단위 합계							178.5

출처 : 2012년 축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구 재구성

Table 12. Estimation of electricity consumption intensity for milk cow ranching

구분	규모별 평균 사육두수	온실가스배출량 ($kgCO_2eq$/년)	전력사용량(kWh/년)	원단위 (kWh/두/년)
송아지	5	0	0	**0**
육성우	14.8	1,030.8	480.6	**32.5**
초임우	9	1,063	495.6	**55.1**
착유우	29.8	5,365.4	2,501.6	**83.9***
건유우	5.9	869.1	405.2	**68.7**

* 83.9 : 착유우의 경우 착유실 전력사용 원단위가 합산되어 착유우 온실가스 배출량 산정에 적용되었음
출처 : 2012년 축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구 재구성

한·육우의 에너지 사용량은 전력소비량으로 인한 온실가스 배출량 결과를 공개하고 있으므로 온실가스 에너지 목표관리제에서 적용하는 전력 배출계수 0.46625 tCO_2/MWh을 통해 추정하였으며 송아지의 경우 별도의 전기사용량이 없다고 가정하였다.

Table 13. Estimation of electricity consumption intensity for Korean beef/beef cattle

구분	평균 사육두수	온실가스배출량 ($kgCO_2eq$/년)	전력사용량(kWh/년)	**원단위 (kWh/두/년)**
송아지	-	-	-	-
육성우	16.6	632.7	295.1	**17.8**
비육우	44.2	3,374.2	1,573.2	**35.6**

출처 : 2012년 축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구 재구성

돼지의 에너지 사용량 원단위도 한·육우의 원단위 추정 방법과 동일한 방법을 적용하여 원단위를 산정하였다.

Table 14. Estimation of electricity consumption intensity for pig

구분	평균 사육두수	온실가스배출량 ($kgCO_2eq$/년)	전력사용량(kWh/년)	**원단위 (kWh/두/년)**
돼지 (성장단계 구분 없음)	1,740.9	65,283.3	14,501.7	**8.3**

출처 : 2012년 축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구 재구성

2.3.4 온실가스 배출계수

현재까지 우리나라에서 개발된 유우, 한·육우, 돼지의 배출계수를 조사한 결과 축종별로 국가 온실가스 인벤토리 배출계수[19], 한국환경공단 배출계수[20], 아주대학교 'farm 모델'에서 개발된 배출계수를 이 연구에서 사용하였으며 농장운영에 사용된 에너지의 배출계수는 2013년 온실가스 에너지 목표관리제에서 사용하는 계수를 적용하였다.

Table 15. Emission factors of Feedstuff production for milk cow(round off the number to the nearest thousand)

구분	배합사료 배출계수 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)	조사료 배출계수 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)	TMR 사료 배출계수 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)
송아지	0.598	0.466	0.496
육성우	0.540	0.466	0.484
초임우	0.512	0.466	0.558
착유우(고능력)	0.697	0.466	0.565
착유우(중능력)	0.713	0.466	0.473
건유우	0.483	0.466	0.473

출처 : 아주대학교 farm 모델

19) 2013 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터,
20) 지자체 온실가스 배출량 산정지침, 한국환경공단, 2012

Table 16. Emission factors of enteric fermentation of milk cow

구분	농촌진흥청 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)	2013 국가 온실가스 인벤토리 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)	farm 모델 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)	
송아지	0.0	118.000	0	
육성우	60.200	118.000	127.691	
초임우	108.900	118.000	158.434	
착유우	160.600	118.000	고능력	279.934
			중능력	139.465
건유우	71.300	118.000	146.089	

Table 17. Emission factors of manure management for milk cow

구분	메탄 배출계수 (단위:$kgCH_4$-head-1, yr)		질소 배출계수 (단위:kg N_2O-N/kg N)		질소배출률 (단위:kg N/두수/년)	
	2013 국가 온실가스 인벤토리	farm 모델	2013 국가 온실가스 인벤토리	farm 모델	2013 국가 온실가스 인벤토리	farm 모델
유우	36	1.780	0.02	0.005	100	84.15

한·육우는 농촌진흥청과 2013 국가 온실가스 인벤토리에 배출계수를 사용하였고 돼지는 국가 인벤토리 보고서와 farm 모델의 계수를 사용하였다.

Table 18. Emission factors of enteric fermentation for Korean beef/beef cattle

구분	농촌진흥청 (단위: $kgCH_4$-eq/1kg)	2013 국가 온실가스 인벤토리 (단위: $kgCO_2$-eq/1kg)
송아지	-	47
육성우	44.9	47
성우	27.6	47

Table 19. Emission factors of manure management for Korean beef/beef cattle

구분	메탄 배출계수 (단위:$kgCH_4$-head-1, yr)	질소 배출계수 (단위:kg N_2O-N/kg, N)		질소배출률 (단위:kg N/두수/년)
	2013 국가 온실가스 인벤토리	2013 국가 온실가스 인벤토리	웨코스	farm 모델
한·육우	1	70	30.49	0.006

한육우의 질소배출계수의 경우 2012년 4분기의 통계청 가축사육량 기준 한우 96%, 육우 4%이므로 아주대학교 farm 모델 한우와 육우의 질소배출계수를 가축사육량 비율로 평균한 값을 적용하였다.

Table 20. Emission factors of enteric fermentation for pig

구분	국가 온실가스 인벤토리 보고서 (단위: $kgCH_4$-eq/1kg)
돼지	1.5

Table 21. Emission factors of manure management for pig

구분	메탄 배출계수 (단위:$kgCH_4$-head-1, yr)	질소 배출계수 (단위:kg N_2O-N/kg, N)		질소배출률 (단위:kg N/두수/년)	
	2013 국가 온실가스 인벤토리	2013 국가 온실가스 인벤토리	farm 모델	2013 국가 온실가스 인벤토리	farm 모델
돼지	3	20	7.67	0.02	0.006

2.3.5 온실가스 배출량

위에서 제시한 방법론, 활동데이터 및 배출계수를 활용하여 2001년부터 2012년까지 유우, 한·육우, 돼지의 온실가스 배출량을 산정하였다. 유우의 경우에는 2002년에 배출량이 상승하였으나 거의 변화가 없는 것으로 판단된다.

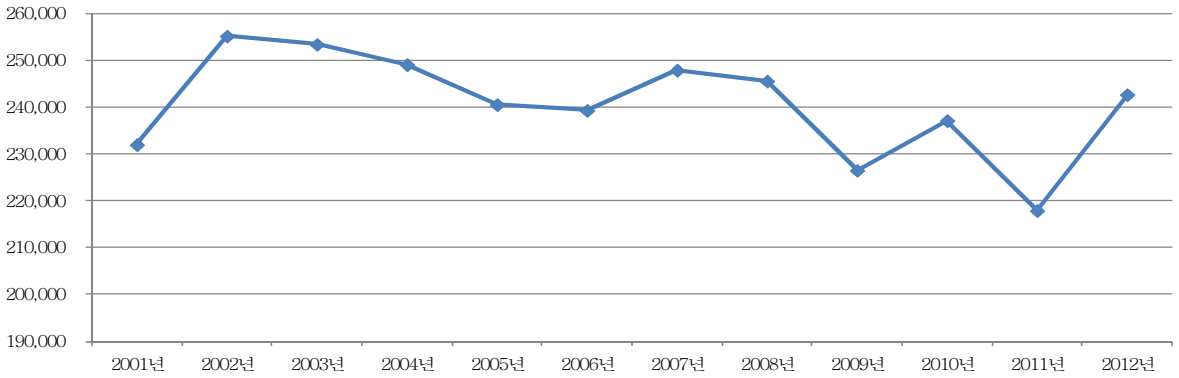

Fig. 1. GHG emissions trends for milk cow in 2001~2012(unit: tCO_2).

한·육우는 2001년 146,491 tCO_2에서 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 그 이유는 통계청 식품군별 1일 섭취량 추이와 비교한 결과 우리나라의 평균 육류 섭취량이 지속적으로 증가하였으므로 온실가스 배출량도 같은 경향을 보이는 것으로 판단된다.

또한 돼지는 2001년 559,795 tCO_2에서 2012년 745,455 tCO_2로 약간 증가하고 있으며 증가 원인으로는 한·육우와 마찬가지로 육류 소비량 증가가 그 원인인 것으로 생각된다.

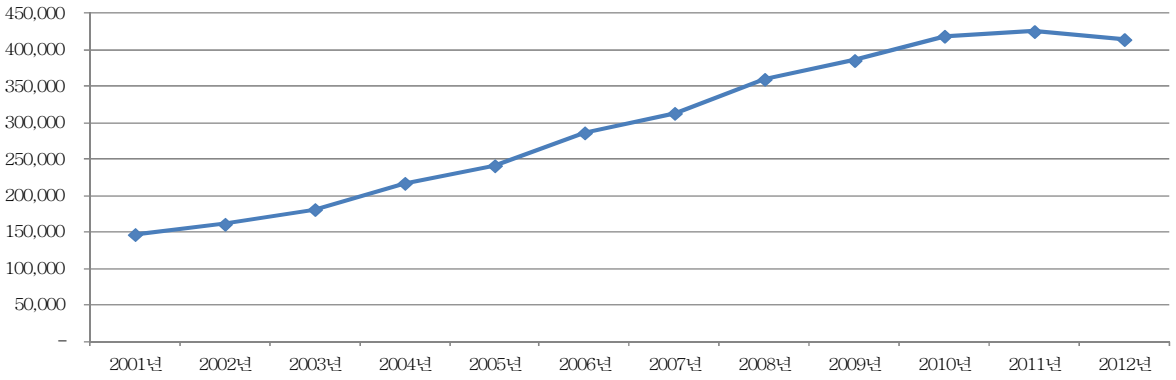

Fig. 2. GHG emissions trends for Korean beef/beef cattle in 2001~2012(unit: tCO_2).

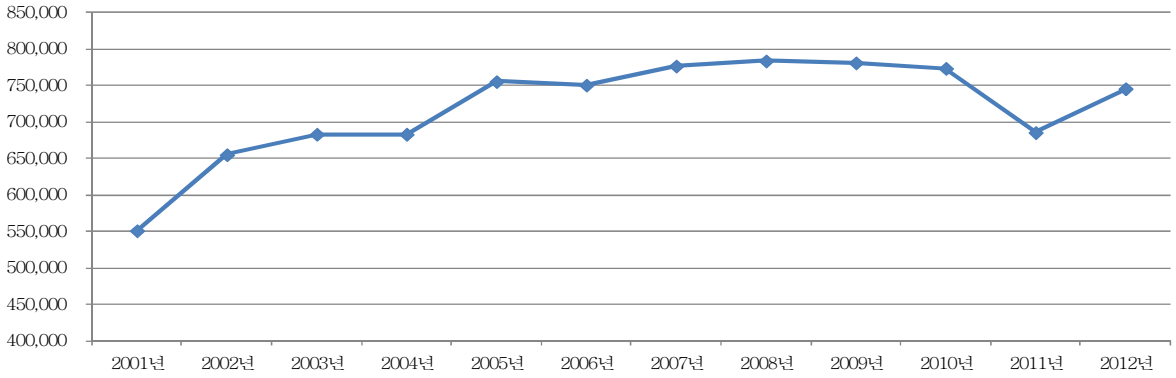

Fig. 3. GHG emissions trends for pig in 2001~2012(unit: tCO_2).

광역지자체 기준으로 유우, 한·육우, 돼지로 인한 온실가스 배출량을 계산한 결과 유우와 돼지는 경기도, 한·육우는 경상북도가 가장 높은 것으로 나타났다. 경기도와 경상북도를 지자체별로 구분한 결과 유우는 화성시, 돼지는 이천시, 한·육우는 경주시가 해당 광역지자체에서 가장 많은 온실가스를 배출하고 있었다.

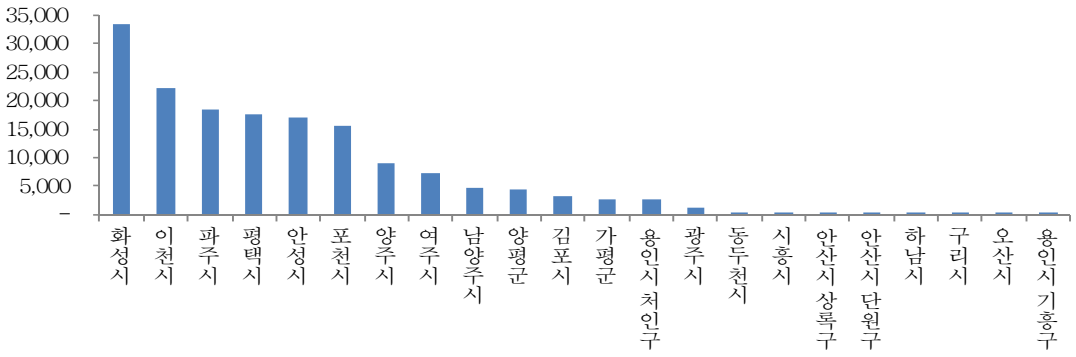

Fig 4. GHG emissions of milk cow from Gyeonggi-do Province in 2012(unit: tCO_2).

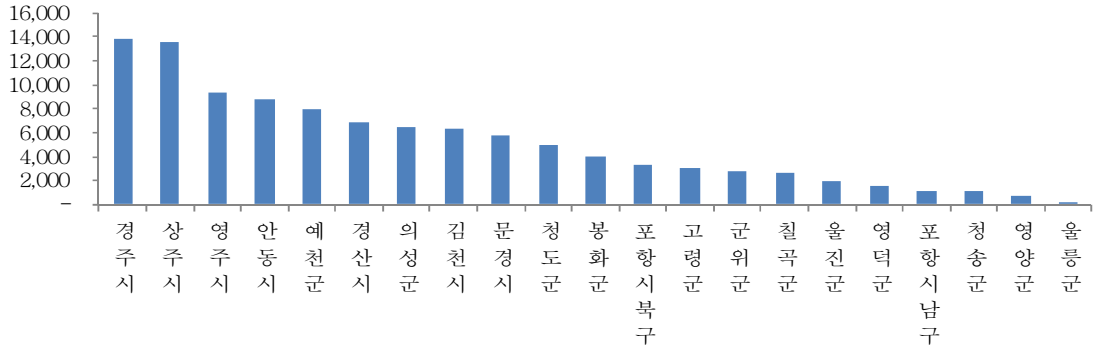

Fig. 5. GHG emissions of Korean beef/beef cattle from Gyeongsangbuk-do Province in 2012(unit: tCO_2).

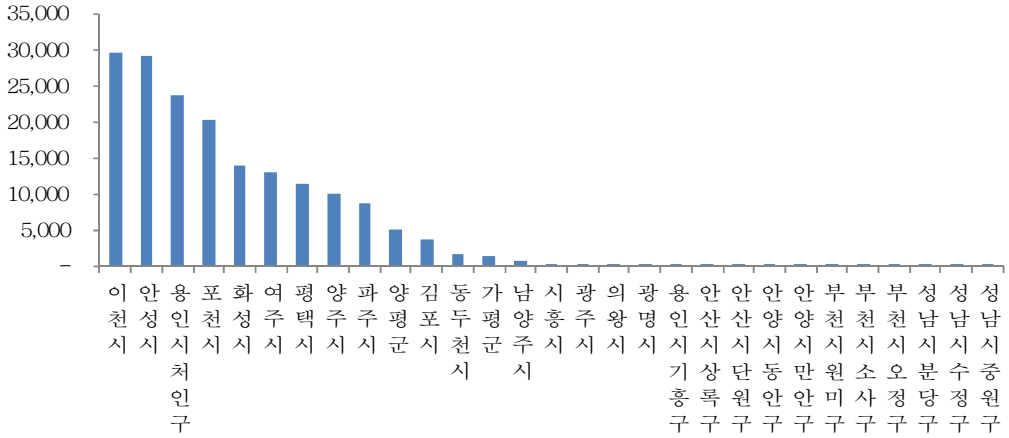

Fig. 5. GHG emissions of pig from Gyeonggi-do Province in 2012(unit: tCO_2).

3. 결론

지금까지 3개 축종에 대한 온실가스 배출량을 산출한 결과 2001년 929,377 tCO_2에서 2012년 1,402,192 tCO_2로 상승하는 추세이며 2012년 광역지자체별 평가결과 유우는 경기도, 한·육우는 경상북도, 돼지는 경기도인 것으로 나타났다.

위에서 제시한 축산부문 온실가스 배출량 산정 방법론에 따라 우리나라의 온실가스 배출량을 산출한 결과 여러 가지 문제점이 제기되었다. 특히 사육두수는 기초지자체별로 세부적인 통계를 발표하여 데이터의 품질이 높았으나 성장단계별 사료원 배출계수, 장내발효 배출계수, 분뇨처리 방법에 대한 데이터가 좀 더 세분화 되어야 한다.

또한 이 연구에 적용된 방법론으로 대표 축종의 온실가스 배출량을 산정한 결과 가장 큰 영향을 미치는 활동데이터는 사육두수와 사료섭취량이다.

따라서 향후 축산부문 온실가스 배출량 데이터의 품질을 높이기 위해서는 성장단계별 사육두수, 사료섭취량, 장내발효 등 온실가스 배출량에 영향을 미치는 인자들의 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

1) Kun-mo Lee, “Quantification and control of the greenhouse gas emissions from a dairy cow system”, Journal of Cleaner Production, pp. 70, 50～60(2014).
2) 박규현, 이건모, 서성원, “축산부문 탄소이력추적 기반구축 연구”, 농촌진흥청 농업과학기술개발사업 평가용 보고서(2012).
3) 박규현, “축산부문 온실가스 배출계수 개발 및 배출량 평가”의 세부과제 “축산온실가스 효율적 배출량 관리방법 구축”, 농촌진흥청 국립축산과학원(2009～2012).
4) 2013 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터(2013).
5) 지자체 온실가스 배출량 산정지침, 한국환경공단(2012).
6) 2012 한국가축사양표준 젖소, 농촌진흥청 국립축산과학원(2012).
7) 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵, 관계부처 합동, pp. 2～4(2014).