

지역통계를 활용한 가금류 및 사슴, 흑염소의 온실가스 배출량 산출에 대한 연구

이근영, 연성모, *이건모
(☞)웨코스, *아주대학교

The study for national greenhouse gas emissions of Poultry, Deer,
Domestic goat utilizing low level local statistical annual report

Guen-Young Lee, Sung-Mo Yeon, *Kun-Mo Lee
Wecos, *Ajou University

Abstract

The purpose of this study is to calculate the greenhouse gas emissions from five livestock included Poultry, Deer and Domestic goat in cities/provinces in Korea.

Precedent studies concerning GHG emissions in agriculture in Korea were mostly calculated from livestock and plants in fields respectively. The GHG emissions from livestock were calculated including only enteric fermentation and livestock manure management.

For implementation of national policy of GHG reduction, a policy of GHG reduction for livestock sector should be formulated on GHG emissions reflecting operating status of livestock facilities. However, GHG emissions from each type of livestock included the whole process - feed intake, enteric fermentation, farm operations, livestock manure management - are not calculated yet in Korea.

In this study, we have secured national statistical resources, materials concerning operation of livestock facilities and emission factors for each type of livestock, and calculated GHG emissions from five livestock - hens, broilers, ducks, deer, domestic goats - including the whole process of operating of livestock facilities in order to construct basic data for a future policy of GHG emissions in livestock sector.

We have calculated the GHG emissions from five livestock by using municipal statistics reports, national statistical resources, energy statistics, Korea Feed Association. The result shows there are some provinces of which the GHG emissions much larger than other provinces and those are increasing from 2001~2012.

Key word : Poultry, Deer, Domestic Goat, local annual statistical report, greenhouse gas emission

요약문

이 연구의 목적은 국내 전국 시/도를 기준으로 가금류 및 사슴, 흑염소를 포함하는 5개 축종의 온실가스 배출량을 파악하는 것이다. 현재 우리나라 축산부문의 온실가스 배출량 관련 연구는 경종과 축산 부문으로 온실가스 배출량이 구분되어 산정되고 있는 것이 대부분이며 이 중 축산부문은 장내 발효와 분뇨처리만을 포함한 온실가스 배출량이 산정되고 있다.

국가 온실가스 감축정책 이행을 위해 축사운영 현황이 반영된 온실가스 배출량을 산정하여 이를 바탕으로 축산분야의 온실가스 감축정책이 수립되어야 하나 현재 우리나라에서는 축사운영 전 과정(사료섭취, 장내발효, 농장운영, 분뇨처리)이 포함된 축종별 온실가스 배출량이 산정되어 있지 않다. 그러므로 본 연구에서는 향후 축산분야의 온실가스 감축정책 수립을 위한 기반 데이터를 구축하기 위해 2014년도에 발표한 연구논문¹⁾에 이어 국가통계자료 및 축사운영에 관한 자료와 축종별 배출계수를 통해 축사운영 전 과정을 포함한 산란계(産卵鷄), 육계(肉鷄), 오리, 사슴, 흑염소 총 5개 축종에 대한 온실가스 배출량을 산정하였다.

지역통계연보, 국가통계자료, 가축 협회, 에너지 관련 자료를 활용하여 5개 축종의 온실가스 배출량을 산정한 결과 축종별 배출량이 집중되는 지역이 있으며 2001년~2012년 12년간 전체적으로 온실가스 배출량이 증가하는 추세인 것으로 나타났다.

주제어 : 가금류, 사슴, 흑염소, 지역통계연보, 온실가스 배출량

1. 서론

우리나라는 코펜하겐 당사국 총회(COP15, 2009, 11)에서 온실가스 감축 목표를 공식발표하였으며 이듬해인 2010년 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 온실가스 감축목표를 제출하였다. 국제사회에 약속한 온실가스 감축목표를 이행하기 위해 2014년 농림축산식품부를 포함한 여러 관계부처 합동 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵을 작성하였으며 로드맵을 이행하기 위해 국가 여러 분야에서 정책을 수립하여 노력하고 있다.

우리나라가 공표한 2020년 온실가스 예상배출량(BAU) 대비 30%를 감축하기 위해 정책적, 기술적, 사회적 준비 작업이 필요하며 이를 위해 축산분야에서는 기본적으로 장내발효, 분뇨처리 뿐만 아니라 가축 사육 모든 과정으로 인한 온실가스 배출량을 산정할 수 있는 방법론, 시스템 마련 등을 위한 연구가 진행되어야 한다.

축산분야의 주요 온실가스 주요 배출원인 중 하나인 축종의 사육두수가 과거에 비해 증가하고 있으며 고온, 저온의 기후변화로 긍정적인 영향보다 가축 폐사, 질병 발생 등 가축사육에 대한 부정적 영향이 예상되므로 축산농가의 기후변화 대응과 효율적인 축사의 효율적인 운영을 위한 장기적인 관리방안 중 하나로 축산 분야의 온실가스 배출량 관리의 필요성이 요구되고 있다.

1) 이근영, 지역통계를 활용한 축산부문 온실가스 배출량 산출에 대한 연구, 전과정평가학회지, 제 15권 1호(2014)

2. 연구내용

2.1 연구 목적 및 범위 정의

2.1.1 연구 목적

현재 축산부분의 온실가스 배출량에 대한 국가 데이터는 국가온실가스인벤토리 보고서²⁾가 대표적이며 이 보고서에 따르면 장내발효, 가축분뇨처리가 포함된 축산부분 온실가스 배출량은 1990년 대비 2012년 56.5% 증가하였으며 2011년 대비 2012년 2.7% 증가하였다.

온실가스 배출량 산정을 위한 기반 구축 연구로 우리나라에서 한국형 Farm model³⁾, 축산부분 탄소이력추적 기반구축 연구⁴⁾, 지자체 온실가스 배출량 산정지침⁵⁾ 등 축산부분의 온실가스 배출량 산정을 위한 다양한 기초연구가 진행되었으나 가축의 사료섭취량, 농장운영을 위한 에너지 사용량 등 축사운영을 고려한 전국 단위의 온실가스 배출량에 대한 연구결과가 없는 것이 현실이다.

이에 본 연구에서는 2001년부터 2012년까지 각 기초지자체에서 발표한 통계자료와 기존의 연구된 결과를 바탕으로 전국통합 데이터가 아닌 시/도별 산란계, 육계, 오리, 사슴, 흑염소에 대한 온실가스 배출량을 산출하였으며 향후 객관적인 전국의 축산부분 온실가스 배출량 산정 시 온실가스 데이터의 품질을 향상시켜야 할 필요성을 고찰하였다.

2.1.2 연구 범위

이 연구는 축산과학원의 “가축 대사조절 및 사료품질 향상 기술개발”의 세부과제인 “축산부분 CH₄ 및 N₂O 배출량 산정방식 및 산정도구 개발” 세부협동과제 중 하나인 “GIS 및 국가통계를 이용한 축산부분 온실가스 배출지도 작성”의 3차년도 연구이며 대상 축종은 산란계, 육계, 오리, 사슴, 흑염소를 포함한 5개 축종이다.

5개 축종의 온실가스 배출량 산정 대상 기간은 2001년~2012년까지 12년간을 시간적 범위로 설정하였으며 지역적 범위는 우리나라 법정 행정구역 전체(1개 특별시, 6개 광역시, 9개 도 이하 77개 시, 82개 군, 69개 자치구)를 포함하고, 시/군/구의 지역통계연보를 활용하여 읍/면/동 수준의 사육두수 데이터를 수집하였다. 또한 사료섭취, 장내발효, 농장운영, 분뇨처리 단계까지 총 4단계로 구분하여 온실가스 배출량을 산출하였으며 단계에서 필요한 두수별 원단위, 배출계수를 적용하였다.

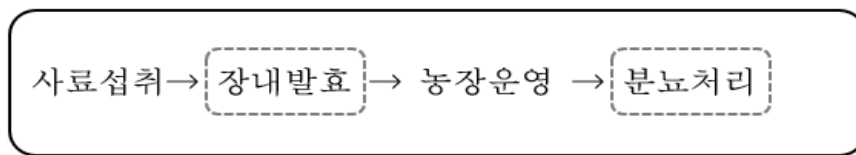


Fig 1. Research boundary of GHG emissions calculation for livestock. ([- - - -] : boundary about National Greenhouse gas inventory report of Korea / [] : boundary about this Study)

2) 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터, pp. 5 (2014)

3) 아주대학교, 농촌진흥청 국립축산 과학원 “축산부분 온실가스 배출계수 개발 및 배출량 평가”과제의 세부 과제(2009~2012)

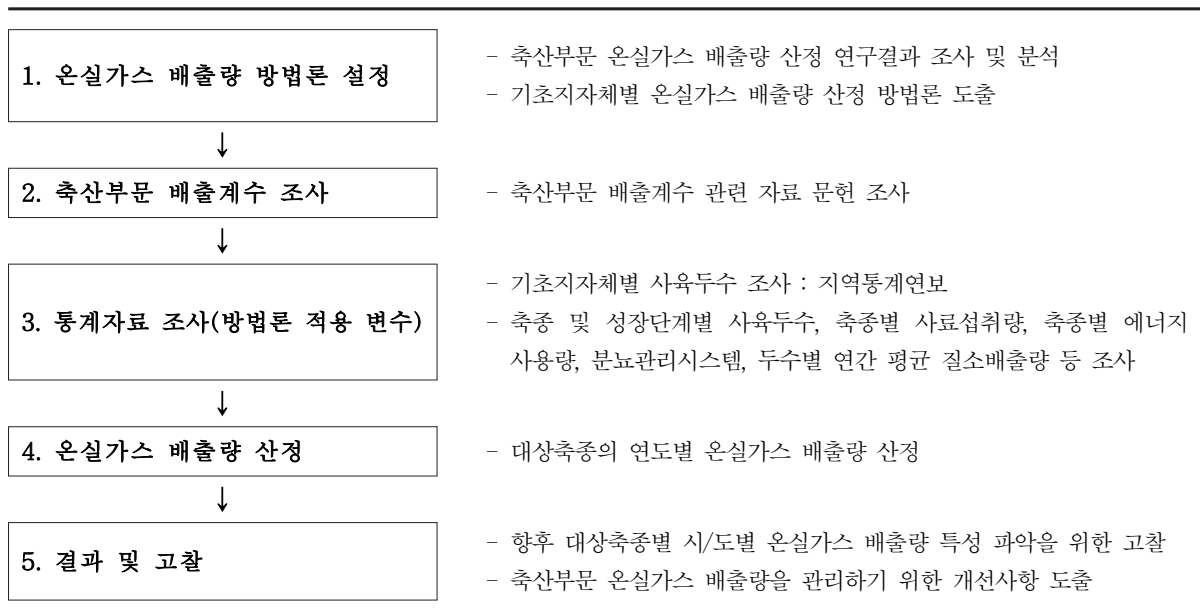
4) 농촌진흥청, 농업과학기술개발사업(2012)

5) 한국환경공단, 지자체온실가스 배출량 산정지침(2012)

2.1.3 연구추진 프로세스

이 연구는 Table 1.에서 제시한 것과 같이 온실가스 배출량 방법론 설정, 축산부문 배출계수 조사, 축종별 온실가스 배출계수 산정에 필요한 사료섭취량 등 변수 데이터 조사, 온실가스 배출량 산정, 결과 및 고찰 순으로 수행하였다. 먼저 축산부문 온실가스 배출량 산정 관련 연구결과를 조사 및 분석하여 온실가스 배출량 산정방법론을 도출하였으며 그 다음으로 축종별 온실가스 배출계수를 조사하고 산정방법론에 따라 변수로 가공하여 온실가스를 산정할 수 있는 통계데이터를 수집하였다. 가공된 데이터 변수와 축종별 온실가스 배출계수를 활용하여 축종별 온실가스 배출량을 산정하였으며 이 결과를 통해 온실가스 배출량 결과 데이터의 품질을 향상시키기 위한 개선점을 고찰하였다.

Table 2. Research process



2.2 온실가스 배출량 산정 방법론

연구대상 축종의 성장단계별 사료섭취, 장내발효, 농장운영, 분뇨처리단계의 온실가스 배출량 산정 방법은 Table 2.에 상세히 기술하였다. 이 방법은 아주대학교에서 개발한 “한국형 Farm model”과 유우 온실가스 배출량 산정 방법⁶⁾을 바탕으로 적용되는 변수를 우리나라에서 공개되고 있는 통계 데이터를 가공하여 활용할 수 있도록 개선하였으며 변수를 활용할 수 있는 데이터를 조사하였다.

한국형 Farm model에 따르면 각 단계별 적용되는 배출계수를 축종별로 산출하도록 제시하고 있으나 현재 우리나라에서 배출계수 산정에 적용할 수 있는 데이터의 한계로 IPCC 가이드라인의 배출계수를 적용하였다. 또한 사료원 생산으로 인한 데이터를 수집하여 적용하도록 하고 있으나 사료원 생산 데이터는 기업에서 공개하지 않으므로 축종별 1마리 당 섭취하는 사료의 비율을 추정하여 섭취하는 식물의 배출계수를 적용하였다.

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

Table 3. Methodology of GHG emissions from Livestock Sector in 4 step growth phase

A. 사료 섭취	$\sum_{j=1}^n (Number\ of\ haed_{(k)} \times feeding\ of\ day_{(j,k)} \times 365 \times EF_{(j,k)})$ <p>Number of head_(k) : 성장단계별 사육두수 feeding of day_(j,k) : 성장단계의 사료종류별 1일 섭취량 EF_(j,k) : 성장단계의 사료종류별 온실가스 배출계수</p>
+	
B. 장내발효	$Number\ of\ head_{(k)} \times EF_{(k)} \times 21$ <p>Number of head_(k) : 성장단계별 사육두수 EF_(k) : 성장단계별 장내발효 배출계수</p>
+	
C. 농장운영	$\sum_R (Amount\ of\ energy\ consumption_{(R)} \times EF_{(R)})$ <p>Amount of energy consumption_(R) : 에너지원별 사용량 EF_(R) : 에너지원별 배출계수</p>
+	
D. 분뇨처리 (① + ②)	<p>① $Number\ of\ head_{(k)} \times EF_{(k)} \times 21$ Number of head_(k) : 성장단계별 사육두수 EF_(k) : 성장단계별 메탄 배출계수</p> <p>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</p>

출처 : 이근영, 지역통계를 활용한 축산부문 온실가스 배출량 산출에 대한 연구, 전과정평가학회지, 제 15권 1호, pp. 47 (2014)

2.3 대상축종별 온실가스 배출량 산정

2.3.1 사육 두수

본 연구 방법론에 따라 대상축종별 온실가스 배출량을 산정하기 위해 축종별 사육두수 데이터를 수집해야 한다. 사육두수 데이터는 통계청의 시/도 단위의 데이터와 시/도 행정구역 단위 이하인 읍/면/동의 사육두수를 제공하고 있는 기초지자체 기준의 지역통계연보 자료 중 지역통계연보 데이터를 활용하였다.

Table 4. Number of heads for hens, broilers, breeding birds in 2012 first to fourth quarter (Unit: 1,000)

구분	2012 1/4			2012 2/4			2012 3/4			2012 4/4		
	산란계	육계	총계	산란계	육계	총계	산란계	육계	총계	산란계	육계	총계
서울	-	-	-									
부산	-	102	-	11	79	-	11	18	-	11	5	-
대구	392	50	-	298	22	30	344	22	-	355	50	50
인천	343	743	25	311	1,203	25	333	542	23	318	720	13
광주	61	100	-	65	196	-	70	179	-	77	-	-
대전	30	25	-	10	133	-	17	30	-	23	39	-

구분	2012 1/4			2012 2/4			2012 3/4			2012 4/4		
	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계
울산	390	7	-	300	34	-	398	-	-	413	16	-
경기	18,386	10,652	1,841	18,582	15,173	2,087	18,214	12,195	1,750	17,860	13,151	1,731
강원	3,086	1,496	97	3,024	1,451	142	2,837	1,773	79	2,877	1,743	70
충북	4,457	5,054	496	4,640	7,825	401	4,579	6,093	531	4,312	6,333	554
충남	10,778	12,412	3,701	10,230	17,783	3,761	9,989	13,024	3,637	9,943	14,939	3,494
전북	2,898	15,738	3,014	2,799	23,436	3,072	2,773	14,106	2,625	2,894	15,875	2,688
전남	4,057	11,437	285	3,835	15,466	199	3,879	9,687	397	3,980	10,823	257
경북	11,984	7,808	496	11,683	9,951	466	11,870	7,917	423	11,659	8,145	397
경남	5,503	3,073	150	5,351	4,298	133	5,202	2,446	104	5,779	3,510	104
제주	833	691	7	815	701	7	810	508	7	841	783	7

출처: 통계청, 가축동향조사, 닭 용도별(산란계, 육계) 시도/사육규모별 가구 수 및 마리 수

지역통계연보에서 '닭'으로 통합된 수치가 제공되므로 산란계, 육계의 사육두수를 구분하기 위해 Table 3.과 같이 통계청에서 제시하는 산란계, 육계, 종계의 분기별 마릿수를 Table 4.와 같이 비율로 환산하고 각 분기별 비율을 평균한 비율 값을 지역통계연보의 '닭'의 마릿수에 적용하였다.

Table 5. Ratio for hens, broilers, breeding birds in 2012 first to fourth quarter

구분	2012 1/4			2012 2/4			2012 3/4			2012 4/4		
	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계	산란계	육계	종계
서울	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산	0%	100%	0%	12%	88%	0%	38%	62%	0%	69%	31%	0%
대구	89%	11%	0%	85%	6%	9%	94%	6%	0%	78%	11%	11%
인천	31%	67%	2%	20%	78%	2%	37%	60%	3%	30%	69%	1%
광주	38%	62%	0%	25%	75%	0%	28%	72%	0%	100%	0%	0%
대전	55%	45%	0%	7%	93%	0%	36%	64%	0%	37%	63%	0%
울산	98%	2%	0%	90%	10%	0%	100%	0%	0%	96%	4%	0%
경기	60%	34%	6%	52%	42%	6%	57%	38%	5%	55%	40%	5%
강원	66%	32%	2%	65%	31%	3%	61%	38%	2%	61%	37%	1%
충북	45%	51%	5%	36%	61%	3%	41%	54%	5%	39%	57%	5%
충남	40%	46%	14%	32%	56%	12%	37%	49%	14%	35%	53%	12%
전북	13%	73%	14%	10%	80%	10%	14%	72%	13%	13%	74%	13%
전남	26%	72%	2%	20%	79%	1%	28%	69%	3%	26%	72%	2%
경북	59%	38%	2%	53%	45%	2%	59%	39%	2%	58%	40%	2%
경남	63%	35%	2%	55%	44%	1%	67%	32%	1%	62%	37%	1%
제주	54%	45%	0%	54%	46%	0%	61%	38%	1%	52%	48%	0%

다음 Table 5. 는 분기별 산란계, 육계, 종계의 평균 비율 값을 지역통계연보에 적용하는 과정을 나타낸 것이다. 12년간 전국 데이터를 이와 같은 과정으로 가공하였으며 Table 5. 는 그 중 년 전 라남도 영암군의 산란계, 육계 데이터 가공 과정을 나타낸 것이다.

영암군의 경우 전라남도 지역이므로 전남의 평균 비율 값을 적용하였으며 2012년 전남의 평균 비율 값은 산란계 25%, 육계 73%, 종계 2% 이므로 이 값에 따라 2012년 영암군의 전체 닭 2,001,360 마리 중 산란계 500,340 마리, 육계 1,460,993 마리, 종계 40,027 마리가 되며 종계는 연구 대상 축종에 포함되지 않으므로 제외하였다.

Table 6. Calculation process for chicken numbers of head by use chicken ration in Jeollanam-do Yeongam-gun Province

구분	2012년도 비율 평균			연도	영암군 닭 마리 수	연도	영암군의 용도별 닭 마리 수		
	산란계	육계	종계*				산란계	육계	종계*
서울				2001	2,062,311	2001	515,578	1,505,487	41,246
부산	30%	70%	0%	2002	2,625,802	2002	656,451	1,916,835	52,516
대구	86%	9%	5%	2003	2,912,610	2003	728,153	2,126,205	58,252
인천	30%	68%	2%	2004	2,905,809	2004	726,452	2,121,241	58,116
광주	48%	52%	0%	2005	3,790,850	2005	947,713	2,767,321	75,817
대전	34%	66%	0%	2006	2,595,894	2006	648,974	1,895,003	51,918
울산	96%	4%	0%	2007	2,050,416	2007	512,604	1,496,804	41,008
경기	56%	39%	6%	2008	3,071,944	2008	767,986	2,242,519	61,439
강원	63%	35%	2%	2009	2,769,754	2009	692,439	2,021,920	55,395
충북	40%	56%	4%	2010	2,559,765	2010	639,941	1,868,628	51,195
충남	36%	51%	13%	2011	2,202,471	2011	550,618	1,607,804	44,049
전북	13%	75%	13%	2012	2,001,360	2012	500,340	1,460,993	40,027
전남	25%	73%	2%						
경북	57%	41%	2%						
경남	62%	37%	1%						
제주	55%	44%	0%						

* 종계는 3차년도 사업 대상 축종에는 포함되지 않으나 산란계와 육계의 마리 수 산정을 위해 활용되었음

사슴과 흑염소는 산란계, 육계와 같이 세부 축종으로 구분하지 않으므로 지역통계연보에 제시된 데이터를 가공 없이 적용하였으며 사슴과 흑염소를 포함한 2012년도 영암군에 대한 5개 축종의 사육두수 데이터는 다음 Table 6.과 같다.

Table 7. Number of heads for in hens, broilers, duck, deer and domestic goat in Jeollanam-do Yeongam-gun Province (Unit : head)

연도	산란계	육계	오리	사슴	흑염소
2001	515,578	1,505,487	806,159	1,109	5,469
2002	656,451	1,916,835	1,116,654	830	5,951
2003	728,153	2,126,205	1,631,029	1,064	5,257
2004	726,452	2,121,241	1,152,450	1,129	9,456
2005	947,713	2,767,321	1,104,460	1,155	9,385
2006	648,974	1,895,003	860,170	668	7,140
2007	512,604	1,496,804	929,214	527	3,758
2008	767,986	2,242,519	1,080,984	383	3,998
2009	692,439	2,021,920	1,238,130	309	3,317
2010	639,941	1,868,628	1,439,614	340	2,994
2011	550,618	1,607,804	1,808,724	295	3,173
2012	500,340	1,460,993	1,234,346	221	1,463

출처 : 2013년 전라남도 영암군청 지역통계연보 사육두수 자료 일부 가공

2.3.2 사료섭취량

사료섭취량은 축종별 사양표준의 정보 또는 출하 체중과 사료요구율(%)을 적용하여 연간 1마리 당 사료섭취량을 추정하였다. 가금류의 경우 실제 사육되어 출하되는 시기는 1년 미만이지만 양계 농가에서 출하된 마릿수와 유사하게 들여와서 사육하는 경우가 대부분이므로 연간 일정한 사육 두수를 유지한다는 가정 하에 1년의 기간을 적용하여 사료섭취량을 추정하였다. 5개 축종별 사료섭취량을

7) 단위 체중 증가에 필요한 사료섭취량(농촌진흥청 농업용어사전)

추정하는 과정 중 사료섭취량 데이터의 신뢰성을 위해 출하체중에 대한 자료가 있을 경우 사료요구율을 적용하여 연간 사료섭취량을 추정하였으며 출하체중 또는 사료요구율의 수치가 없는 경우 해당 축종의 사양표준의 자료를 적용하였다.⁸⁾

따라서 산란계의 경우 사양표준의 자료를 활용하였으며 산란계 품종 중 갈색계와 백색계 사료섭취량의 평균을 산란계 사료섭취량으로 적용하였다.

Table 8. Weight, feed and energy requirement of hens breeding time (Unit: g/day·head)

구분	갈색계			백색계		
	체중(kg)	사료섭취량(g)	에너지요구량(kcal)	체중(kg)	사료섭취량(g)	에너지요구량(kcal)
산란 초기 (1~32주)	1.75	105	295	1.56	93	260
산란 중기 (32~45주)	1.92	113	309	1.63	99	269
산란 후기 (45~55주)	1.96	113	303	1.65	100	269
산란 말기 (55주 이후)	2.00	114	295	1.67	102	260

출처 : 농촌진흥청, 한국가축사양표준 가급, pp. 31(2012)

Table 7.의 사양표준의 사료섭취량을 평균한 값은 Table 8.과 같으며 갈색계와 백색계의 사료섭취량을 평균한 산란계의 사료섭취량은 104.88g으로 산정되었다.

Table 9. Result of calculation for hens feed consumption per a one-year

구분	갈색계(g/두수)	백색계(g/두수)	일일 사료섭취량(g/두수)	연간 사료섭취량(kg/두수)
사료섭취량	111.25	98.50	104.88	38.3

Table 9.는 육계의 사육일수에 대한 연간 통계자료이며 육계의 경우 우리나라 출하시기 및 출하체중이 다른 국가와 차이가 있으며 차이를 반영한 공개된 데이터의 부족으로 Table 10.과 같이 가금류 분야의 전문가가 권장하는 출하체중과 사료요구율을 반영하여 사료섭취량을 산정하였다.

Table 10. Number of day for broiler breeding per a one-year (Unit : day)

연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균
사육일수	36.8	38.8	37.0	38.0	36.7	36.3	35.6	35.3	34.6	33.1	33.6	32.7	35.7

출처 : 통계청, 축산물 생산비, pp. 92(2013)

a

Table 11. Result of calculation for broilers feed consumption per a one-year

구분	출하 체중(kg/두수)	사료요구율	사료섭취량*(kg)	사육일수(일)	일일사료섭취량(g/두수)	연간사료섭취량(kg/두수)
육계	1.5	1.6	2.4 (1.5×1.6)	35.7	67.2	24.5

* 사료섭취량 : 육계가 성장하여 출하되기까지 필요한 사료섭취량

8) 가축의 경우 축산분야에서 통상적으로 체중과 사료요구율의 곱으로 성장기간의 총 사료섭취량을 추정함

오리의 평균 사료섭취량은 Table 11. 과 같이 2001년~2012년 오리의 출하체중과 사료요구율의 평균값을 산출하였다. 오리의 경우 다른 대상 축종과는 달리 연간 출하일정 및 체중에 대한 자료가 공개되어 있으나 다른 대상축종과 동일하게 데이터를 적용하고자 연간 통계자료의 평균값을 적용하여 사료섭취량을 추정하였다.

Table 12. Feed consumption and shipment terms of ducks

연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균
출하일령 (일)	46	47	47	42	44	44	44	43	42	42	42	42	43.75
출하체중 (kg/두수)	2.96	3.09	3.10	3.10	2.97	3.05	3.10	3.24	3.21	3.2	3.3	3.4	3.14
사료요구율	2.36	2.26	2.25	2.25	2.25	2.19	2.19	2.29	2.2	2.18	2.2	2.2	2.24

출처 : 한국오리협회 오리육가농가생산성, <http://www.koreaduck.org>

Table 12.는 통계자료의 연평균 값을 적용하여 오리의 사료섭취량을 산정한 결과이다.

Table 13. Result of calculation for duck feed consumption per a one year

구분	출하 체중 (kg/두수)	사료요구율	사료섭취량* (kg)	사육일수 (일)	일일사료섭취량 (g/두수)	연간사료섭취량 (kg/두수)
오리	3.1	2.2	7.0 (3.1×2.2)	43.8	160.06	58.6

* 사료섭취량 : 오리가 성장하여 출하되기까지 필요한 사료섭취량

사슴협회에서 제공한 사슴의 세부 종 별 마릿수 통계자료에 의하면 꽃사슴, 레드디어, 엘크의 3개 축종이 97% 이상, 그 외 순록 및 기타 축종이 2% 미만이다. 이에 세부 종 별 체중 데이터를 적용하기 위해 Table 13.과 같이 순록 및 기타 축종을 제외한 꽃사슴, 레드디어, 엘크를 종별 마릿수의 합계로 가정하고 3개 세부 축종에 대한 비율로 가공하였다.

Table 14. Number of head and ration for deer species

연도	종별 마릿수						종별 마릿수 비율(%)			
	꽃사슴	레드디어	엘크	순록	기타	합계	꽃사슴	레드디어	엘크	합계
2001	96,282	9,712	47,876	290	1,916	153,870	62.6	6.3	31.1	100
2002	93,489	9,487	59,519	402	1,541	162,495	57.5	5.8	36.6	100
2003	87,377	8,478	47,117	213	1,741	142,972	61.1	5.9	33.0	100
2004	81,453	7,724	46,112	671	2,342	135,289	60.2	5.7	34.1	100
2005	73,775	7,180	42,773	496	1,429	123,728	59.6	5.8	34.6	100
2006	63,413	5,568	39,157	216	1,804	108,138	58.6	5.1	36.2	100
2007	16,377	1,271	11,754	276	642	29,402	55.7	4.3	40	100
2008	42,673	4,166	29,520	537	2,569	76,359	55.9	5.5	38.7	100
2009	42,692	3,686	26,802	390	1,779	73,180	58.3	5.0	36.6	100
2010	35,828	3,333	23,673	665	1,428	62,834	57	5.3	37.7	100
2011	30,240	2,341	17,447	116	1,267	50,028	60.4	4.7	34.9	100
2012	26,421	1,987	17,850	56	2,149	46,258	57.1	4.3	38.6	100
평균	-						58.7	5.3	36.0	100

출처 : 사슴협회 홈페이지 사슴 종별 마릿수 2012년 12월 기준 <http://www.koreadeer.or.kr/>

사슴의 연간 사료섭취량에 적용되는 사슴의 평균체중은 Table.14와 같이 국내 사슴 사육 종 중 대표적인 사슴 내 하위 3개 종인 꽃사슴, 레드디어, 엘크의 성장기간 별 암, 수 체중을 평균한 수치를 적용하였다.

Table 15. Weight of spitter ,red deer and elk(Unit: kg)

구분	성별	생시	3개월	6개월	9개월	12개월	15개월	18개월	21개월	24개월
꽃사슴	수	3.84	22	33	36	41	45	48	53	55
	암	4	23	36	39	49	56	58	60	70
레드 디어	수	7.33	30	48	54	63	69	71	75	83
	암	8	33	52	66	78	87	92	93	105
엘크	수	15.8	61	97	122	147	168	181	197	214
	암	18	83	127	153	173	188	203	219	238

출처 : 농촌진흥청, 사슴기르기 pp. 135쪽(2013)

사슴의 1일 사료섭취량이 체중의 2.5~3.1%에 해당한다는 사슴 분야 전문가의 의견을 바탕으로 사슴 체중의 2.8%를 사료섭취량으로 계산하고 Table 15와 같이 계산된 각 사슴 종 별 일일 사료섭취량에 사슴 세부 종별 마릿수 비율 합계를 적용하여 사슴의 1일 사료섭취량을 구한 후 다시 연간 일수 365일을 적용하여 연간 사료섭취량을 산정하였다.

Table 16. Result of calculation for deer feed consumption per a one-year

구분	성별	평균체중 (kg)	종별 체중 평균 (kg)	종별 마릿수 비율 (%)	종별 사료섭취량 비율 적용 (kg/두수, 일)	연간 사료섭취량 (kg/두수, 일)
꽃사슴	수	37	41	58.68	0.67	809.8
	암	44				
레드 디어	수	56	62	5.32	0.09	
	암	68				
엘크	수	134	145	36.00	1.46	
	암	156				
합계		-		100	2.22	

흑염소의 연간 사료섭취량은 흑염소 농가 방문을 통해 수집된 현장데이터를 적용하였으며 흑염소의 성장단계 구분에 해당하는 자축, 육성축, 성축의 각 사료섭취량과 각 성장단계에 해당하는 마릿수가 흑염소 전체 사육두수에서 각 차지하는 비율을 적용하여 산정하였다.

Table 17. Result of calculation for domestic goat feed consumption per a one-year

사료원	흑염소의 성장단계별 연간 사료원 섭취량		
	자축	육성축	성축
사육두수(비율)	46(25%)	39(21%)	99(54%)
이탈리안라이그라스	9.4	23.5	32.4
유채	4.7	11.8	16.2
수단그라스	4.4	28.4	32.5
벚짚	2.2	14.2	16.3
옥수수	6.2	23.4	29.2
육성비육사료	0	233.9	0
어린송아지사료	62	0	292
합계(kg/두수)	88.9	335.2	418.5
사육두수 비율 적용(kg/두수,년)	22.3	70.3	225.8
사료섭취량(kg/두수, 년)	318.4		

출처 : 아주대학교 제품환경기술연구실(2015)

Table 17.은 각 축종별 사육두수 1마리당 연간 사료섭취량 산정한 결과이다.

Table 18. Result of calculation for feed consumption per a one-year

구분	산란계	육계	오리	사슴	흑염소
연간 사료섭취량 (kg/두수, 연간)	38.3	24.5	58.6	809.9	318.4

2.3.3 에너지 사용량

현재 우리나라에서는 축종별 에너지 사용량에 대한 통계자료는 수집하지 않는다. 에너지경제연구원 에서 축산부문 에너지 소비량에 대해 약 200여개의 가축 사육 농가를 대상으로 데이터를 수집하고 있으나 가축 사육 축종별로 구분되어 있지 않으므로 축종별 축사에서 사용하고 있는 에너지 사용량을 추정하기에는 적합하지 않다고 판단하였다. 따라서 축종별 축사운영으로 인한 에너지 사용량을 추정하기 위해 Table 18.과 같이 가축을 사육하고 있는 농가의 에너지 사용량 관련 신문 인터뷰 내용과 관련 분야 연구결과에서 에너지 사용량에 대한 연구 일부분을 발췌하여 1마리 당 연간 에너지 사용량을 추정하였다.

Table 19. Result of amount of energy usage per a one-year for hens, broilers, ducks, deers and domestic goats

구분	에너지원	추정 방법	결과	관련 자료(기관)
산란계, 육계	전기	70,000 kWh ÷ 50,000 마리	1.40 kWh/두수,년	에너지 절약형 LED 점등기술과 지열난방장치 개발 보급 (축산과학원)
오리	경유	31,200L ÷ 10,000 마리	3.12L/두수,년	작지만 강한농업 육성을 위한 품목별 농업소득 향상 운영 매뉴얼-축산분야 (농촌진흥청)
	전기	2,292kWh ÷ 20,000tn	0.13kWh/두수,년	오리농가 관련기사(무등일보-나주 지역신문)
사슴	야생의 냉·난방 에너지와 같이 사육하므로 별도의 에너지를 사용하지 않음	상태와 같이 사육하므로 별도의 에너지를 사용하지 않음	-	사슴 사육 농가 인터뷰
흑염소	등유	296L ÷ 30일 ÷ 28마리 = 0.35L 0.35L × 120일(12~2월)	42.29L/두수,년	흑염소 운영자 블로그 내용

2.3.4 온실가스 배출계수 (IPCC 2006)

각 축종의 온실가스 배출량은 해당 축종의 사육두수에 배출계수를 곱하는 방법으로 온실가스를 산정하였으며 IPCC 2006의 장내발효, 분뇨처리 배출계수를 적용하였다.

사료원 배출계수를 적용하기 위해 우리나라의 실제 사료원 현황을 반영하는 사료 배합비율이 필요하나 이는 사료 제조기업의 운영상 공개가 어렵다. 이에 공개된 외국의 사료원 비율을 적용하였으며 자료 현황에 따라 축종별 사료원 조성 비율 자료가 하나 이상인 경우 가능한 우리나라에서 사료로 활용할 가능성이 높은 사료원 비율을 선택하였다.

산란계와 육계는 Table 19.과 같이 동일한 사료조성 비율을 적용하였으며 배출계수 데이터가 없는 사료 식물을 제외한 나머지 사료원의 비율을 100%로 가정하여 배출계수를 산정하였다.

Table 20. GHG emission factor of feedstuff for hens and broilers

구분	사료원 (영문명)	비율(%)		사료원 배출계수* (CO ₂ /kg)	산란계, 육계 사료원 배출계수 (CO ₂ /kg) (변경 후 비율×사료원 배출계수)	비고
		변경 전	변경 후			
1	통 옥수수 (Whole maize)	49	54.8	0.566	0.3102	-
2	대두 (Soya)	17	19.4	0.678	0.1313	-
3	오메가 (Omega)	11	-	-	-	배출계수 없음**
4	옥수수 겨 (maize bran)	14	16.1	0.566	0.0912	-
5	석회 (Lime)	9	9.7	0.003	0.0002	-
합계		100	100	-	0.5330	-

* 사료원 배출계수 : 에코인벤트 LCI 데이터베이스 활용

** 에코인벤트 온실가스 배출계수 데이터 항목 기준

사료원 조성비율 출처 : Practical Business Idea

<http://www.practicalbusinessideas.com/2014/09/poultry-feed-formulation-methods-for.html>

Table 20.은 오리의 사료조성 비율에 대해 배출계수를 산정한 결과이며 산란계, 육계와 마찬가지로 각 사료원의 비율과 각 사료원 식물의 배출계수를 활용하여 산정하였다.

Table 21. GHG emission factor of feedstuff for ducks

구분	사료원 (영문명)	비율(%)		사료원 배출계수* (CO ₂ /kg)	산란계, 육계 사료원 배출계수 (CO ₂ /kg) (변경 후 비율×사료원 배출계수)	비고
		변경 전	변경 후			
1	견과류 (Crushed grain)	46	56	0.496	0.278	-
2	겨 (Bran)	18	-	-	-	배출계수 없음**
3	밀기울 (Pollard)	18	22	0.601	0.132	-
4	동물성 단백질 (Meatmeal)	10	12	0.207	0.025	-
5	대두 가루 (Soybean meal)	3	4	0.678	0.025	-
6	자주개자리 (Lucerne meal)	3	4	0.126	0.005	-
7	우유 가루 (Milk powder)	2	2	0.659	0.016	-
합계		100	100	-	0.481	-

* 사료원 배출계수 : 에코인벤트 LCI 데이터베이스 활용

** 에코인벤트 온실가스 배출계수 데이터 항목 기준

사료원 조성 비율 출처 : Nutrition requirements of ducks, Primary Industries Agriculture

<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/livestock/poultry/feeding/nutritional-requirements-ducks>

Table 21.은 사슴의 사료조성 비율로 산란계, 육계와 마찬가지로 각 사료원의 비율과 사료원 별 배출계수를 활용하여 산정하였다.

Table 22. GHG emission factor of feedstuff for deers

구분	사료원 (영문명)	비율(%)		사료원 배출계수* (CO ₂ /kg)	산란계, 육계 사료원 배출계수 (CO ₂ /kg) (변경 후 비율×사료원 배출계수)	비고
		변경 전	변경 후			
1	땅콩 껍질 (Peanut hulls)	20	28.6	0.678	0.194	-
2	옥수수 가루 (Corn meal)	20	28.6	0.566	0.162	-
3	건조 알팔파 가루 (Dehydrated alfalfa meal)	5	7.2	0.126	0.009	-
4	카카오&밀 (Groun milo)	2	-	-	-	배출계수 없음**
5	목화씨 가루 (Cottonseed meal)	15	21.4	0.571	0.122	-
6	대두 가루 (Soybean meal)	10	14.3	0.678	0.097	-
7	헤미셀룰로오스 추출물 (Masonex)	5	-	-	-	배출계수 없음**
8	혼합 미네랄 (Mineral mix)	0.5	-	-	-	배출계수 없음**
9	혼합 미네랄 (Vitanine/Trace mineral mix)	0.5	-	-	-	배출계수 없음**
10	기타 (Pellet)	22	-	-	-	성분 알 수 없음

구분	사료원 (영문명)	비율(%)		사료원 배출계수* (CO ₂ /kg)	산란계, 육계 사료원 배출계수 (CO ₂ /kg) (변경 후 비율×사료원 배출계수)	비고
		변경 전	변경 후			
	합계	100	100	-	0.584	-

* 사료원 배출계수 : 에코인벤트 LCI 데이터베이스 활용

** 에코인벤트 데이터베이스 기준

사료원 조성비율 출처 : Supplemental Feeding, J.R. Perkins, Texas Parks and Wildlife Department Fisheries & Wildlife Division, 1991

<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/livestock/poultry/feeding/nutritional-requirements-ducks>

Table 22.와 같이 흑염소의 사료원 배출계수는 타 연구에서 진행된 배출계수 산정 결과를 적용한 것이다. 흑염소의 성장단계별 사료섭취 비율의 평균을 적용하고, 각 사료원 비율 값을 사료원 배출계수에 적용하여 흑염소의 사료원 배출계수를 산정하였다.

Table 23. GHG emission factor of feedstuff for domestic goats

구분	사료원	자축 (%)	육성축 (%)	성축 (%)	평균 (%)	사료원 배출계수 (CO ₂ /kg)	산란계, 육계 사료원 배출계수 (CO ₂ /kg) (비율평균×사료원 배출계수)
1	이탈리안 라이그라스	10.6	7.0	7.7	8.4	0.217	0.018
2	유채	5.3	3.5	3.9	4.2	0.439	0.019
3	수단그라스	5.0	8.5	7.8	7.1	0.240	0.017
4	벚짚	2.5	4.2	3.9	3.5	0.128	0.005
5	옥수수	7.0	7.0	7.0	7.0	0.470	0.033
6	육성비육사료	-	69.8	23.3	23.3	0.473	0.110
7	어린송아지사료	69.8	-	46.5	46.5	0.245	0.114
	합계	100	100	100	100	-	0.315

출처 : 아주대학교, 제품환경기술연구소(2013)

각 축종별 사료배합비 가운데 온실가스 배출계수가 없는 사료식물일 경우 별도의 배출계수를 적용하지 않아 민감도 분석을 실시하였다. 먼저, 온실가스 배출계수가 없는 사료식물의 경우 각 축종별 사료배합 목록에 있는 가장 높은 배출계수로 적용하여 전라남도 영암군의 민감도를 분석한 결과 사료섭취 단계의 온실가스 배출량이 4.81% 증가하였다.

또한, 축산 온실가스 배출량 산정단계 전체를 고려할 경우 2.80% 증가하는 것으로 산출되었다.

따라서 전체 축산 온실가스 배출량 결과에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

5개 축종별 장내발효와 분뇨처리 온실가스 배출계수는 IPCC 2006 가이드라인의 Tier 1 값을 적용하였다. 단, IPCC 2006 가이드라인에서는 가금류의 장내발효 온실가스 배출계수는 제공되지 않는다.

Table 24. GHG emission factors of enteric fermentation for hens, broilers, duck, deer and domestic goats

축종	장내발효 (kgCH ₄ /두수,년)	GWP
산란계	-	21
육계	-	
오리	-	
사슴	20	
흑염소	5	

출처: 환경부/환경관리공단, 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 제 4권, pp. 10.34(2006)

에너지원 배출계수는 국가 목표관리제 에너지 배출계수의 단위 변환 값을 적용하였으며 산정된 각 축종의 두수별 연간 에너지 사용량에 적용하여 온실가스를 계산하였다.

분뇨처리 과정은 분뇨처리로 인한 메탄 배출량과 질소 배출량 산정과정으로 구분된다. 각 축종별 메탄배출계수 지역기준은 가금류의 경우 서유럽, 사슴과 흑염소는 극동아시아 지역으로 설정하였다.⁹⁾ 2006 IPCC 가이드라인의 분뇨처리과정 배출계수를 살펴보면 분뇨처리 시설의 메탄 배출계수는 축종별/연간/두수 기준으로 제시되어 있으나 분뇨처리 시설에 대한 질소 배출계수는 제시되지 않으므로 1996 IPCC 가이드라인의 분뇨처리시설 질소배출계수를 적용하였다.

산란계, 육계, 오리의 분뇨처리 시설은 국가통계자료를 활용하였으며 각 분뇨처리 시설별 이용 비율에 IPCC 1996에서 제시한 배출계수를 적용하여 축종별 분뇨처리시설에 대한 질소배출계수를 산정하였다.¹⁰⁾

Table 25. N emission factor of manure management for hens, broilers and ducks

구분	시설별 질소 배출계수* (kg N ₂ O-N/kg, N)	분뇨처리 시설 이용 비율**(%)		
		산란계	육계	오리
액비화시설(%)	0.001	0.5	0.2	0.6
퇴비화시설(%)	0.02	70.4	67.1	67.8
기타시설(%)	0.005	29.1	32.7	31.6
축종별 분뇨처리 질소 배출계수*** (kg N ₂ O-N/kg, N)		<u>0.0155</u>	<u>0.0151</u>	<u>0.0152</u>

* 출처 : 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인

** 출처 : 통계청, 2012년 농림어업조사, 가축분뇨처리방법별 농가

*** 산정방법 : 시설별 질소 배출계수 × 축종별 분뇨처리시설 이용비율

Table 25.는 5개 축종별 분뇨처리단계에 적용한 배출계수이다.

9) 온실가스 종합정보센터, 2014 국가 온실가스 인벤토리 보고서, pp. 217(2014)

10) IPCC 2006의 질소배출률은 산정방법 및 단위 적용되지 않아 IPCC 1996의 배출계수로 적용하였음

Table 26. Total emissions factors of manure management of hens, broiler, ducks, deers and domestic goats

축종	메탄 배출계수	질소 배출률 (kg N/두수, 년)	분뇨처리시설 질소배출계수 (kg N ₂ O-N/kg, N)	질소 상수
산란계	0.03	0.6	0.0155	44/28
육계	0.02	0.6	0.0151	
오리	0.02	0.6	0.0152	
사슴	0.02	40	0.020	
흑염소	0.15	12	0.020	

출처 : 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인

2.3.5 온실가스 배출량

연구방법론에 의해 산란계, 육계, 오리, 사슴, 흑염소의 2001년~2012년 온실가스 배출량 산정결과인 Fig 4.를 살펴보면, 산란계와 육계는 배출량이 지속적으로 증가하였으며 오리의 경우 산란계나 육계에 비해 배출량의 규모는 작으나 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 흑염소와 사슴의 경우 과거에 약간 증가하는 경우가 있었으나 최근 감소하고 있는 것을 알 수 있다.

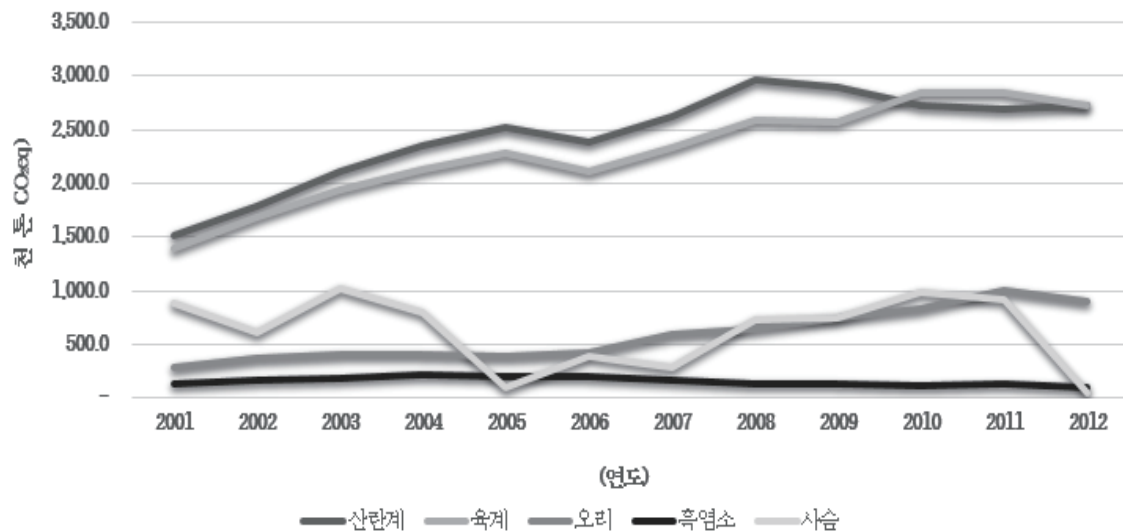


Fig 2 Annual GHG emission progress for hens, broilers, ducks, deers and domestic goats (2001~2012).

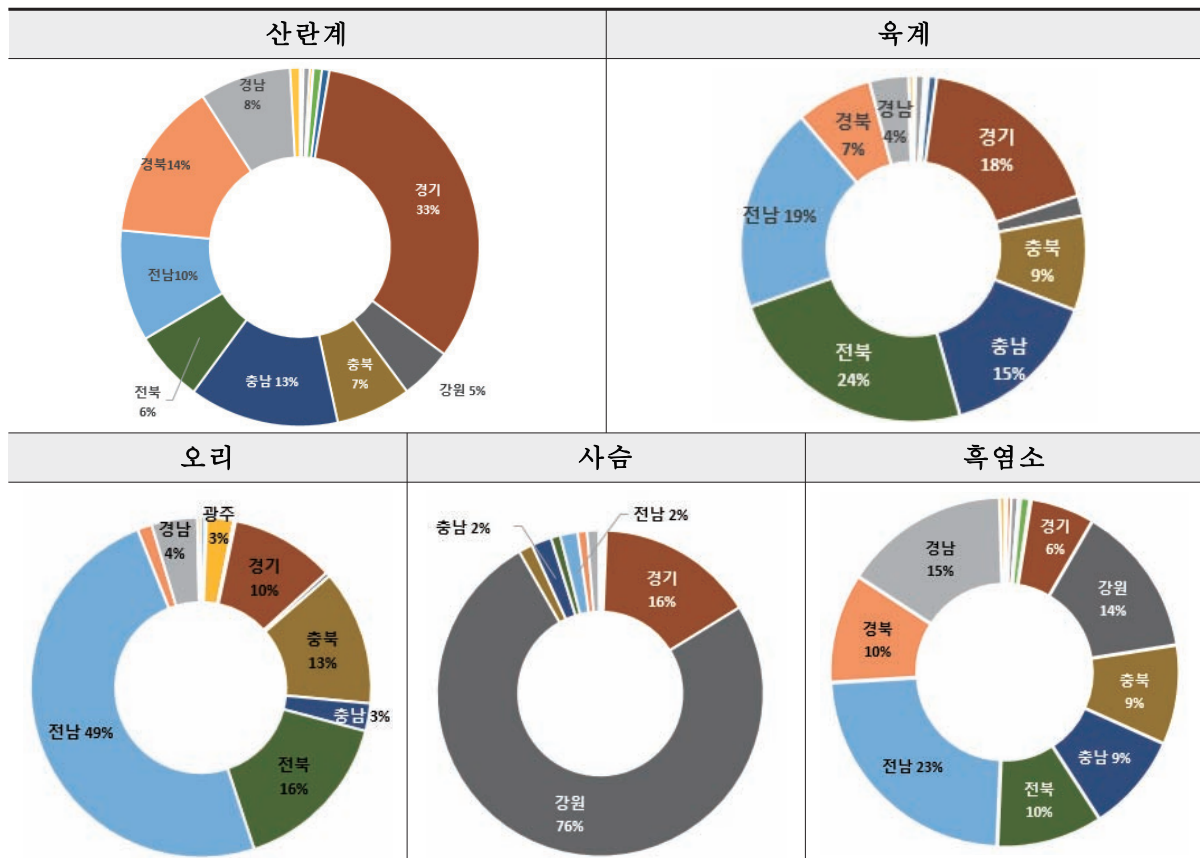
Table 26.의 각 축종별 2001년~2012년 온실가스 배출량을 살펴보면 축종별로 배출량이 많은 지역이 나타나고 있으며 사육두수가 많은 지역이 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타난다.

Table 27. The maximum province of GHG emissions about 5 major livestock in 2001~2012 (Unit: 1,000 tonCO₂eq)

축종별 온실가스 최대 배출지역	1순위	2순위	3순위	그 외	합계
산란계	경기도 9,525.97 (33%)	경상북도 4,218.13 (14%)	충청남도 1,979.36 (13%)	기타 13,571.28 (40%)	29,294.74 (100%)
육계	전라북도 9,525.97 (24%)	경상북도 4,218.13 (14%)	충청남도 4,080.64 (15%)	기타 9,604.01 (47%)	27,428.75 (100%)
오리	전라남도 413.18 (49%)	전라북도 163.90 (16%)	충청북도 123.23 (13%)	기타 2,206.38 (22%)	2,906.69 (100%)
사슴	강원도 2.81 (76%)	경기도 8.80 (16%)	충청남도 5.97 (2%)	기타 22.08 (6%)	39.66 (100%)
흑염소	전라남도 439.84 (23%)	경상남도 289.13 (15%),	강원도 265.32 (14%)	기타 887.59 (48%)	1,881.88 (100%)

Table 27.은 각 축종별 12년간 (2001년~2012년) 온실가스 배출량 합계를 산출한 결과이며 각 축종별 누적 온실가스 배출량을 비율을 그래프로 나타내었다.

Table 28. Total accumulation of GHG emission for hens, broilers, ducks, deer and domestic goat by regional group



3. 결론

본 연구방법론에 따라 5개 축종의 온실가스 배출량을 산출한 결과 2001년 4,220 천 톤 kgCO_2eq 에서 2012년 6,484 천 톤 kg_2eq 로 전체적으로 증가하는 추세이며 12년간 온실가스 누적 배출량 기준 각 축종별 최대 배출지역은 산란계-경기도, 육계-전라북도, 오리-경상남도, 사슴-강원도, 흑염소-전라남도 인 것으로 나타났다.

현재 국가온실가스 인벤토리 보고서에 축종의 구분이 있으나 사료섭취, 농장운영의 과정이 포함되어 있지 않다. 그러므로 이 연구를 통해 사료섭취와 축산 농가 운영과정이 포함된 5개 축종의 축종별 온실가스 배출량 수치를 산정했다는 데에 의의가 있으며 사료섭취, 농장 운영을 포함한 온실가스 배출량 수치를 산정함으로써 향후 장내발효나 분뇨처리 과정의 개선 외 사료생산방법이나 효율적인 축산 농가의 운영을 통해 온실가스를 저감할 경우 이에 대한 결과를 반영할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 이 연구에서 온실가스 배출량을 산정하기 위해 적용한 변수 데이터는 사육 두수 외 다른 변수는 지역적 차이 없이 전국적으로 동일하게 적용되었으나 각 지역별 농장의 에너지 사용량, 분뇨처리 시설, 사료원 섭취 종류 등 하위 행정구역을 기준으로 데이터가 수집될 경우 이 방법론을 적용하여 사육두수 외 다른 영향에 대한 온실가스 배출 원단위 차이를 파악할 수 있으며 이를 통해 축산 온실가스 감소를 위한 지원정책을 수립할 수 있는 기반데이터의 역할이 가능할 것으로 기대한다.

이 연구의 대상인 5개 축종의 변수 데이터는 실제 축산농가의 상황을 최대한 반영하는 데에 기준을 두고 데이터를 가공하였으나 사육 두수 데이터를 제외한 다른 데이터의 품질이 높지 않다는 한계가 있으며 이를 극복하기 위해 축종의 성장단계별 사육두수, 사료배합, 농장의 에너지 운영을 나타내는 자료의 수집방법에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 사사

본 성과물(논문)은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: GIS 및 국가통계를 이용한 축산부문 온실가스 배출지도 작성(세부과제번호: PJ009311))의 지원에 의해 이루어진 것임.

5. 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. Chun-youl, Back, Kun-mo Lee, Kyu-hyun Park, "Quantification and control of the greenhouse gas emissions from a dairy cow system", Journal of Cleaner Production pp. 70(2014)
3. 관계부처 합동, "국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵", pp. 1~9(2014)
4. 온실가스 종합정보센터, "국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 (번역본)" 제 4권, pp. 10.7 - 10.65(2006)
5. 아주대학교, "축산부문 온실가스 인벤토리 활동자료 및 배출계수의 불확실성 개선 연구", 축산과학원(2013~2015)
6. 축산과학원, "에너지 절약형 LED 점등기술과 지열난방장치 개발 보급"(2010)
7. 농촌진흥청, "작지만 강한농업 육성을 위한 품목별 농업소득 향상 운영 매뉴얼(축산분야)" pp. 2(2011)
8. 농촌진흥청 국립축산과학원, "2012 한국가축사양표준 가금 pp. 31(2012)"
9. 지방자치단체, "지역통계연보"(2001~2012)
10. 통계청, "닭 용도별(산란계/육계) 시도/사육규모별 가구 수 및 마리수", 가축동향조사 (2009~2012)
11. 통계청, "2013년 축산물 생산비" pp. 92(2013)
12. 농촌진흥청 "사슴기르기" pp. 135(2013)
13. 사슴협회, "종별 사슴 통계자료" <http://www.koreadeer.or.kr>
14. J.R. Perkins, "Supplemental Feeding", Texas Parks and Wildlife Department Fisheries & Wildlife Division(1991)