

1990년부터 2013년까지 우리나라 축산부문 온실가스 배출량 평가

김민석* · 양승학* · 오영균* · 박규현**†

*농촌진흥청 국립축산과학원, **강원대학교 동물생명과학대학

Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Korean Livestock During the Period 1990~2013

Kim, Minseok*, Yang, Seung-Hak*, Oh, Young Kyoon* and Park, Kyu-Hyun**†

*National Institute of Animal Science, RDA, Wanju, Korea

**College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

ABSTRACT

According to the "Framework Act on Low Carbon, Green Growth", publication of annual national greenhouse gas (GHG) inventory report is mandatory. This annual GHG inventory report is used as basal data for GHG mitigation strategies. In the livestock sector, GHG emission trends from year 1990 to 2013 were estimated based on the 1996 IPCC guidelines with the Tier 1 methodology. GHG emissions from the livestock sector in 2013 were 9.9 million tons CO₂-eq., where emissions from enteric fermentation were 4.4 million tons CO₂-eq, increased by 47.4% over 1990 mainly due to the increase in non-dairy cattle population. On the other hand, GHG emissions from livestock manure in 2013 were 5.5 million tons CO₂-eq, increased by 75.5% over 1990 mainly due to the increase in non-dairy cattle, swine and poultry populations. Additional research is required to develop country-specific emission factors to estimate GHG emissions precisely from livestock in South Korea.

Key words: Emission, GHG, Inventory, IPCC, Livestock

1. 서 론

인간의 활동에서 배출되는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)와 같은 온실가스(GHG; Greenhouse Gas)는 지구온난화의 주원인이다(IPCC, 2006). 화석연료 연소나 토지 이용 변화로 배출되는 CO₂가 온실가스의 큰 부분을 차지하더라도 CH₄와 N₂O 역시 지구온난화에 상당한 영향을 미친다. 기후변화에 대한 정부 간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 가이드라인에서는 축산부문에서 배출되는 비에너지 부문의 온실가스를 CH₄와 N₂O로 규정하고 있다. CH₄는 장내발효와 가축분뇨처리 과정에서 발생되고, N₂O는 가축분뇨처리만 발생된다. 장내발효에 의한 CH₄는 주로 반추가축이 섭취한 사료가 미생물에 의해 발효되는 과정에서 트립이나 방귀로 배출되고, 비반추 가축에서도 소량이 배출된다. 가축분뇨 처리과정에서의 CH₄는 가축분뇨 내 유기물이

미생물에 의해 분해될 때 발생되며, N₂O는 분뇨 내 질소 성분이 질산화와 탈질화 과정을 거치면서 발생된다(FAO, 2013; IPCC, 2006).

전 세계 온실가스 배출량의 약 9%는 축산부문에서 발생하였다(IPCC, 2007). 농업 분야는 경종부문(농작물 재배)과 축산부문으로 나누어지는데, 축산부문 온실가스 배출원은 장내발효 부문과 가축분뇨처리 부문으로 다시 나누어진다. 2011년 국가 전체 온실가스 배출량 중 농업 분야의 배출량은 3.2%를 차지하였고, 축산부문 배출량은 농업분야 전체 배출량의 46.0%를 차지하였다(Yang *et al.*, 2014).

우리나라는 2009년 국가 중기 온실가스 감축목표로 2020년까지 Business As Usual(BAU) 대비 30% 감축이라는 자발적 목표를 발표하였으나, 이 목표는 2015년에 2030년까지 BAU 대비 37%로 상향된 수준으로 수정되었다. 이러한 자발적 감축을 위해 국가 온실가스 인벤토리의 체계적 작성이 필요로 하

† Corresponding author: kpark74@kangwon.ac.kr

Received September 6, 2016 / Revised September 30, 2016 / Accepted October 5, 2016

게 되었고, 2010년 저탄소 녹색성장 기본법¹⁾이 시행됨에 따라 매년 국가 온실가스 인벤토리 보고서가 작성되고 있다. 이에 따라 국립축산과학원은 매년 축산부문 온실가스 배출량을 산정하여 국가 인벤토리 보고서를 작성하고 있으며, 최근 Yang *et al.*(2014)은 모든 가축의 사육두수를 계산할 때 3년간의 평균 사육두수를 계산하고, 그것을 바탕으로 하여 2011년도 축산부문 온실가스 배출량을 산정했다. 하지만 본 연구에서는 한·육우, 젖소, 돼지, 닭의 사육두수는 분기별 평균값을 연평균으로 하여 해당 연도의 사육두수로 사용하고, 그 외 가축의 경우는 3년 평균값으로 계산하였다. 1996 IPCC 지침에 따르면 계산방법이 변경되면 시계열 분석을 1990년부터 새롭게 해야 한다. 따라서 본 연구에서는 새롭게 산정된 축산부문 온실가스 배출량 시계열 추이(1990~2013)를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

축산부문 온실가스 배출량은 장내발효에 의한 CH₄ 배출과 가축분뇨처리과정에서의 CH₄ 및 N₂O 배출로 구분하여 산정하였다. 온실가스 배출원은 젖소, 한·육우, 양(면양), 염소(산양), 말, 돼지, 가금류(닭, 오리), 기타 가축(사슴)으로 구분된다.

활동자료로는 축종별 사육두수를 적용하였다. 분기별 자료 확보가 가능한 젖소, 한·육우, 돼지, 닭, 오리는 분기별 사육두수의 연평균 값을 적용하였고, 연간 자료 확보가 가능한 양, 염소, 말, 사슴은 3년 평균값(해당년도 및 직전 2개년까지의 사육두수)을 적용하였다.

산정 방법으로는 1996 IPCC 지침의 Tier 1 방법을 사용하였고, 산정기간(1990~2013)의 장내발효 및 가축분뇨 부분 온실가스 배출량을 계산하였다.

2.1 장내발효

장내발효에 의한 CH₄ 배출량은 축종별 활동자료(사육두수)에 1996 IPCC 지침의 Tier 1 기본 배출계수(Table 1)를 곱하

여 산정하였다. 배출계수는 1996 IPCC 지침의 각 지역별 Tier 1 배출계수가 얼마나 국가 현실에 적합한지를 고려하였다. 장내발효에 의한 CH₄ 배출량 계산식은 다음과 같다.

· 장내발효 부분의 CH₄ 배출량 산정식

$$E_i = EF_i \times population_i (10^6 \text{ kg/Gg})$$

E_i = 가축종 i 의 CH₄ 배출량(천톤 CH₄/year)

EF_i = 가축종 i 의 배출계수(kg CH₄/head/year)

$Population_i$ = 가축종 i 의 사육두수(head)

2.2 가축분뇨처리

가축분뇨처리 중 발생하는 온실가스는 CH₄와 N₂O이다. 배출량은 1996 IPCC 지침을 기반으로 하여 액비화 시설(Liquid system), 퇴비화 시설(Solid storage and drylot), 기타 시설(정화처리 및 기타 자체처리, 위탁처리)로 구분하여 산정되었다.

가축분뇨처리 중 발생하는 CH₄는 장내발효 부문에서 사용된 산정식과 동일하게 축종별 활동자료에 1996 IPCC 지침의 Tier 1 기본 배출계수(Table 2)를 곱하여 산정하였다.

가축분뇨처리 중 N₂O 배출량은 가축분뇨처리시설의 N₂O 배출계수, 축종별로 배출되는 연평균 질소량, 가축분뇨처리시설의 비율을 이용하여 산정하였다. N₂O 배출계수(Table 3)와 축종별로 배출되는 연평균 질소량(Table 4)은 1996 IPCC 지침의 기본값을 사용하였다. 축종별 가축분뇨처리시설 이용 비율은 통계청 농림어업조사의 자료를 이용하였다(Table 5). 가축분뇨처리 부문 N₂O 배출량 산정식은 다음과 같다.

· 가축분뇨처리 부문 N₂O 배출량 산정식

$$N_2O_D =$$

$$\left[\sum_S \left[\sum_T (N_T \times N_{ex(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times EF_{3(S)} \right] \times 44/28$$

Table 1. CH₄ emission factors for enteric fermentation (IPCC, 1996)

Livestock	CH ₄ Emission factor (kg/head/year)	Regional characteristics	Method
Dairy cattle	118	IPCC default (North America)	Tier 1
Non-dairy cattle	47	IPCC default (North America)	Tier 1
Swine	1.5	IPCC default (Western Europe)	Tier 1
Sheep, goats, deer	5	IPCC default (Developing countries)	Tier 1
Horses	18	IPCC default (Developing countries)	Tier 1

Table 2. CH₄ emission factors for livestock manure management (IPCC, 1996)

Livestock	CH ₄ emission factor (kg/head/year)	Regional characteristics	Method
Dairy cattle	36	IPCC default (North America, Cool region)	Tier 1
Non-dairy cattle	1	IPCC default (North America, Cool region)	Tier 1
Swine	3	IPCC default (Western Europe, Cool region)	Tier 1
Chickens, ducks	0.078	IPCC default (Developed countries, Cool region)	Tier 1
Goats, deer	0.11	IPCC default (Developing countries, Cool region)	Tier 1
Sheep	0.10	IPCC default (Developing countries, Cool region)	Tier 1
Horses	1.09	IPCC default (Developing countries, Cool region)	Tier 1

Table 3. N₂O emission factors for livestock manure management (IPCC, 1996)

Animal waste management system	N ₂ O emission factor (kg N ₂ O-N/kg N)
Liquid system	0.001
Solid storage and drylot	0.020
Other system	0.005

$N_2O_D(mm)$ = 가축분뇨처리시설의 N₂O 배출량(kg N₂O/year)

$N_{(T)}$ = 가축 종류와 분류에 따른 연간 사육두수

$N_{ex(T)}$ = 축종별 분뇨로 배출하는 연평균 질소량 질소량(kg N/축종/year)

$MS_{(T,S)}$ = 가축분뇨처리시설 S의 이용비율

Table 4. Tentative default values for nitrogen excretion per head of animal (IPCC, 1996)

Livestock	N excretion (kg N/head/year)	Source
Dairy cattle	100	IPCC default (North America)
Non-dairy cattle	70	IPCC default (North America)
Swine	20	IPCC default (Western Europe)
Chicken, duck	0.6	IPCC default (Western Europe)
Goats, deer, Horses	40	IPCC default (Asia & Far East)
Sheep	12	IPCC default (Asia & Far East)

Table 5. The utilization rate of animal waste management system (Statistics Korea, 2015)

(Units: %)

Animal waste management system	Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Swine	Chickens	Ducks	Other
Liquid system	2011	0.14	0.34	16.18	0.33	0.58	-
	2012	1.30	0.32	19.45	0.11	1.04	-
	2013	0.14	0.19	19.51	0.10	1.27	-
Solid storage and drylot	2011	86.18	92.04	45.60	68.81	67.83	100.00
	2012	85.24	92.64	38.00	71.41	72.06	100.00
	2013	85.72	93.86	38.22	76.20	78.09	100.00
Other system	2011	13.68	7.62	38.22	30.87	31.59	-
	2012	13.46	7.04	42.56	28.48	26.90	-
	2013	14.14	5.95	42.27	23.70	20.64	-

$EF_{3(s)}$ = 가축분뇨처리시설 S의 직접적인 아산화질소 배출 계수(kg N₂O-N/kg N)

S = 가축분뇨처리시설

T = 가축의 종류/분류

44/28 = N을 N₂O로 전환하는 계수

2.3 가축 사육두수 변화

축산부문 온실가스 배출량 산정을 위한 활동자료인 가축 사육두수는 Table 6와 같다. 2013년 한·육우, 돼지, 닭의 사육두수는 1990년에 비해 각각 90%, 129%, 115% 증가하였다.

2.4 이산화탄소 환산량

장내발효 및 가축분뇨 부문에서 산정된 CH₄ 및 N₂O 배출량은 지구온난화지수(CH₄=21, N₂O=310)를 곱하여 이산화탄소 환산량(CO₂-eq.)으로 변환되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 장내발효에 의한 온실가스 배출량

2013년 축산부문 온실가스 배출량은 9.9 백만톤 CO₂-eq(장내발효 4.4백만 톤 CO₂-eq., 가축분뇨 5.5백만 톤 CO₂-eq.)로써 농업 분야 배출량의 47.6%를 차지하였고, 전년 대비 약 0.8% 증가하였다. 장내발효 부문 온실가스 배출량 시계열은 Table 7과 같다. 장내발효 부문 중 소에서 발생하는 온실가스 배출량은 전체 장내발효 배출량의 91.7%(젓소 23.9%, 한·육우 67.8%)를 차지하였다. 이는 소의 반추위 발효로 발생하는 메탄이 장내발효 온실가스의 주 배출원이기 때문이다. 그 외에 돼지에서 발생하는 장내발효 온실가스 배출량은 전체 장내발효 배출량의 7.3%를 차지하였고, 면양, 염소, 말, 사슴의 배출량 합계는 0.7%에 불과하였다. 1990년과 비교했을 때 2013년 장내발효 총 배출량이 47.4% 증가하였는데, 이는 1990년에 비해 2013년 한·육우의 사육두수가 90% 증가하였기 때문이다. 따라서 장내발효 부문 온실가스 배출량 감축을 위해서는 한·육우를 대상으로 하는 메탄저감 연구에 집중하는 것이 효율적일 것이다.

화학적 첨가제, 생균제, 식물추출물 및 기타 첨가제 등이 장내발효 메탄 저감에 단기적인 효과를 보여주었지만, 장기적으로는 반추미생물 군집이 이러한 물질에 적응하여 메탄저감 효과가 감소되었다(Herrero *et al.*, 2016). 그렇지만, 최근 연구에 의하면 젓소에서 메탄 inhibitor인 3-nitrooxypropanol의 첨가 사료섭취나 섬유소 분해에 부정적인 영향이 없이 12주 동안

장기적으로 메탄 저감에 효과를 보여주기도 하였다(Hristov *et al.*, 2015). 이처럼 주요 배출원인 한·육우에서도 장기적인 효과를 나타내는 메탄 저감제를 개발하여 국내 장내발효 온실가스 배출량을 감축시키도록 노력해야 할 것이다.

3.2 가축분뇨처리에 의한 온실가스 배출량

가축분뇨처리 부문의 온실가스 시계열 배출량은 Table 8과 같다. 2013년 가축분뇨처리 부문 온실가스 배출량은 5.5백만톤 CO₂-eq.로써 축산부문 전체 배출량의 55.6%를 차지하였다. 한·육우에서 발생하는 배출량은 전체 가축분뇨처리 부문 배출량의 36.6%로 가장 많이 차지하였고, 다음으로 돼지(29.4%), 가금류(19.1%), 젓소(12.5%), 염소(1.8%)에서 배출량이 많았다.

가축분뇨처리 부문의 온실가스 배출량은 전년 대비 약 2%로 정도 배출량이 증가하였고, 1990년과 비교했을 때 배출량이 75.5% 증가하였다. 1990년과 비교했을 때 젓소에서 배출량은 15.8% 감소하였고, 한·육우, 돼지, 가금류에서는 각각 92.6%, 112.8%, 146.4% 증가하였다. 이러한 가축분뇨처리 부문 온실가스 배출량의 변화는 사육두수에 비례하여 증감된 것으로 분석된다. 따라서 가축분뇨처리 부문 온실가스 배출량 감축을 위해서는 위의 주요 4축종 분뇨처리 연구에 집중해야 할 것이다.

가축분뇨처리 부문에서는 퇴비나 슬러리의 적절한 저장을 통하여 저감할 수 있다. 저감 방안으로는 저장온도 및 저장시간의 조절, 혐기적 분해 향상, 퇴비나 슬러리의 수분감소 및 산성화 등이 있다(FAO, 2013). 따라서 국내 가축분뇨처리 온실가스 주요 배출원인 한·육우, 돼지, 가금류의 분뇨처리시설에서 이러한 방법들을 통해 저감을 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

우리나라와는 달리 뉴질랜드의 경우 축산을 주요 산업으로 하고 있으며, 2009년 기준 국가 온실가스 배출량 중 장내발효 과정에서 배출되는 CH₄이 차지하는 비중이 31.9%에 달한다(Ministry for the Environment, 2011). 미국은 국가 전체 온실가스 배출량 중 농업의 비중은 6.3%, 그리고 농업부문의 온실가스 배출량 중 장내발효과정과 가축분뇨처리과정의 비중은 각각 33.3%, 16.4%였기 때문에 축산부문이 농업부문에서 차지하는 비중이 49.4%에 달했다(USEPA, 2011). 이와 달리 우리나라와 비슷한 농업환경을 가지고 있는 일본의 경우를 보면, 농업부문은 국가 전체 온실가스 배출량의 2.1%를 차지하였고, 농업부문 내 장내발효과정과 가축분뇨처리과정의 비중은 각각 27.0%, 27.8%이었으므로 농업부문에서 축산부문의 비중이 54.8%였다(Ministry of the Environment, 2011).

향후 2006 IPCC 지침의 고도화된 방법으로 온실가스 배출

Table 6. Activity data (livestock populations)

(Units: 1,000 heads)

Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Sheep	Goats	Horses	Swine	Chicken	Duck	Deer
1990	500	1,579	3	169	4	4,412	69,190	605	45
1991	500	1,724	3	238	5	4,810	76,719	834	53
1992	499	1,935	4	353	5	5,366	78,354	984	62
1993	537	2,198	3	468	5	5,670	77,039	1,089	70
1994	555	2,369	2	554	5	5,884	78,867	1,258	79
1995	550	2,514	2	614	6	6,226	87,581	1,696	89
1996	557	2,796	2	653	6	6,479	89,790	2,507	100
1997	548	2,842	2	653	7	6,799	91,854	2,844	113
1998	555	2,632	1	606	8	7,558	87,050	3,114	126
1999	534	2,103	1	549	8	7,599	98,353	3,555	135
2000	541	1,731	1	498	9	8,150	104,252	4,363	143
2001	546	1,468	1	465	10	8,520	107,996	5,545	149
2002	545	1,423	1	445	12	8,880	111,668	6,558	153
2003	535	1,426	1	456	14	9,149	105,111	7,852	151
2004	507	1,620	1	485	16	8,994	105,103	8,369	146
2005	488	1,764	1	511	18	8,895	124,089	8,557	136
2006	471	1,959	1	505	21	9,198	126,668	8,680	125
2007	456	2,161	1	454	23	9,518	129,629	9,429	111
2008	446	2,397	2	369	25	9,126	129,101	9,867	96
2009	442	2,589	3	296	27	9,297	145,861	10,983	84
2010	435	2,867	4	253	29	9,819	151,931	12,278	73
2011	402	2,982	4	247	30	7,580	152,895	14,061	64
2012	413	3,063	4	250	30	9,534	149,750	15,552	55
2013	421	2,998	3	249	30	10,097	148,883	14,385	47

Table 7. Greenhouse gas emissions from enteric fermentation during 1990~2013

(Units: thousand tons CO₂-eq.)

Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Sheep	Goats	Horses	Swine	Deer	Total
1990	1,238	1,558	0.3	18	2	139	5	2,960
1991	1,239	1,701	0.4	25	2	152	6	3,125
1992	1,237	1,910	0.4	37	2	169	6	3,362
1993	1,331	2,169	0.3	49	2	179	7	3,738

Table 7. Continued

Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Sheep	Goats	Horses	Swine	Deer	Total
1994	1,376	2,338	0.3	58	2	185	8	3,968
1995	1,363	2,481	0.2	64	2	196	9	4,116
1996	1,380	2,759	0.2	69	2	204	11	4,426
1997	1,357	2,805	0.2	69	3	214	12	4,460
1998	1,376	2,598	0.2	64	3	238	13	4,292
1999	1,324	2,075	0.1	58	3	239	14	3,714
2000	1,341	1,708	0.1	52	3	257	15	3,377
2001	1,352	1,449	0.1	49	4	268	16	3,138
2002	1,351	1,404	0.1	47	5	280	16	3,102
2003	1,325	1,408	0.1	48	5	288	16	3,090
2004	1,255	1,599	0.1	51	6	283	15	3,210
2005	1,209	1,741	0.1	54	7	280	14	3,305
2006	1,168	1,934	0.1	53	8	290	13	3,465
2007	1,131	2,133	0.2	48	9	300	12	3,631
2008	1,106	2,366	0.2	39	10	287	10	3,818
2009	1,096	2,555	0.3	31	10	293	9	3,995
2010	1,078	2,829	0.5	27	11	309	8	4,262
2011	995	2,943	0.5	26	11	239	7	4,222
2012	1,023	3,023	0.5	26	11	300	6	4,390
2013	1,044	2,959	0.3	26	11	318	5	4,363

Table 8. Greenhouse gas emissions from livestock manure during 1990~2013 (Units: thousand tons CO₂-eq.)

Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Sheep	Goats	Horses	Swine	Poultry	Deer	Total
1990	814	1,045	0.4	66	2	759	427	18	3,131
1991	815	1,141	0.4	93	2	828	474	21	3,374
1992	813	1,281	0.4	138	2	923	485	24	3,667
1993	875	1,455	0.4	184	2	976	478	27	3,997
1994	904	1,568	0.3	217	2	1,012	490	31	4,225
1995	896	1,663	0.2	241	2	1,071	546	35	4,454
1996	908	1,850	0.2	256	3	1,115	564	39	4,735
1997	892	1,881	0.2	256	3	1,170	579	44	4,825

Table 8. Continued

Year	Dairy cattle	Non-dairy cattle	Sheep	Goats	Horses	Swine	Poultry	Deer	Total
1998	905	1,742	0.2	237	3	1,300	551	49	4,788
1999	870	1,392	0.2	215	3	1,307	623	53	4,464
2000	882	1,145	0.1	195	4	1,402	664	56	4,348
2001	889	972	0.1	182	4	1,466	694	58	4,265
2002	888	941	0.1	174	5	1,528	722	60	4,319
2003	871	944	0.1	179	6	1,574	690	59	4,323
2004	825	1,072	0.1	190	7	1,547	693	57	4,392
2005	795	1,167	0.1	200	8	1,530	810	53	4,564
2006	768	1,297	0.1	198	9	1,583	827	49	4,729
2007	743	1,430	0.2	178	9	1,638	850	44	4,892
2008	727	1,587	0.2	145	10	1,570	849	37	4,926
2009	721	1,714	0.3	116	11	1,599	958	33	5,152
2010	709	1,897	0.5	99	12	1,689	1,003	29	5,439
2011	654	1,974	0.5	97	12	1,304	1,020	25	5,087
2012	669	2,036	0.5	98	12	1,522	1,030	22	5,390
2013	685	2,013	0.3	98	12	1,615	1,052	19	5,494

량을 산정하기 위해서는 장내발효 부문의 경우, 축종별 메탄 전환율(Ym), 사료의 총에너지(GE) 등 국가 고유 데이터를 확보해야 할 것이고, 가축분뇨처리 부문의 경우 가축분뇨 처리 시설의 종류와 위치, 가축분뇨의 이화학적 특성, 가축분뇨 국가고유 휘발성 고형물에 대한 활동자료 등 국가고유 데이터를 지속적으로 축적해야 할 것이다.

4. 요약

농업 분야는 경종부문과 축산부문에 나누어지는데, 축산부문 온실가스 배출원은 장내발효 부문(CH₄)과 가축분뇨처리 부문(CH₄ 및 N₂O)으로 다시 나누어진다. 본 연구는 1990부터 2013년까지의 축산부문 온실가스 배출량을 1996 IPCC Tier 1 방법을 이용하여 산정하고, 배출량 증감의 원인을 분석하였다. 2013년 축산부문 온실가스 배출량은 9.9백만 톤 CO₂-eq로써 국가 전체 온실가스 배출량의 1.4%를 차지하였고, 농업분야 전체 배출량의 47.6%를 차지하였다. 장내발효 부문 배출량은 4.4백만 톤 CO₂-eq로써 소에서의 배출량이 전체 장내발효 배출량의 91.7%(젖소 23.9%, 한·육우 67.8%)를 차지하였

다. 가축분뇨처리 부문 배출량은 5.5백만 톤 CO₂-eq로써 한·육우에서 배출량은 전체 가축분뇨처리 부문 배출량의 36.6%로 가장 많이 차지하였고, 다음으로 돼지(29.4%), 가금류(19.1%), 젖소(12.5%)에서 배출량이 많았다. 즉, 한·육우, 돼지, 닭이 축산부문 온실가스 배출량 변화에 주로 영향을 미치는 배출원인 것으로 분석되었는데, 이는 해당 축산물의 소비량이 증가함에 따라 가축 사육두수 또한 지속적으로 증가했기 때문이라고 할 수 있다.

축산부문 온실가스 배출량의 정확도를 높이기 위해서는 현재 사용하고 있는 IPCC 기본 배출계수 대신 국가고유 배출계수를 개발하여 배출량 값의 신뢰도를 높이는 것이 중요하다. 따라서 국가고유 배출계수 산정 고도화에 필요한 원시자료 확보를 위한 연구를 지속적으로 수행해야 할 것이다.

사 사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 양돈 관련 축산시설의 온실가스 배출 특성 연구, 세부과제번호: PJ010-14602)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- FAO. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production: A review of technical options for non-CO₂ emissions.
- Herrero M, Henderson B, Havlik P, Thornton PK, Conant RT, Smith P, Wirsenius S, Hristov AN, Gerber P, Gill M, Butterbach-Bahl K, Valin H, Garnett T, Stehfest E. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change* 6:452-461.
- Hristov AN, Oh J, Giallongo F, Frederick TW, Harper MT, Weeks HL, Branco AF, Moate PJ, Deighton MH, Williams SR, Kindermann M, Duval S. 2015. An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(34):10663-10668.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Treanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., Callender, B.A.(Eds.), UK Meterological Office, Brackbell, UK.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, T, (Eds.), The institute for global environmental strategies, Kanagawa, Japan.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Intergovernmental panel on climate change. Working group III. Climate change 2007: Mitigation of Climate Change. Ministry for the Environment. 2011. New Zealand's greenhouse gas inventory 1990-2009. New Zealand Government, New Zealand.
- Ministry of the Environment. 2011. National greenhouse gas inventory report of JAPAN. Greenhouse Gas Inventory Office of Japan, Japan.
- Statistics Korea. 2015. Agriculture, Forestry and Fishery Survey. http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01 (accessed September 17, 2016)
- USEPA. 2011. Inventory of US greenhouse gas emissions and sink: 1990-2009. USEPA, USA.
- Yang SH, Choi DY, Cho SB, Hwang OH. 2014. Estimation of greenhouse gas (GHG) emissions from livestock agriculture in Korea. *Journal of Animal Environmental Science* 20(4):139-146. (In Korean with English abstract)