

국가 온실가스 인벤토리 축산부문 작성을 위한 온실가스 배출계수 개발 현황에 관한 연구

이진의 · 이현주 · 박규현* · 최병양 · 라창식

강원대학교 동물생명과학대학

A Research on the Status of Greenhouse Gas Emission Factors from Livestock Sector to Create a National Greenhouse Gas Inventories

Jin Eui Lee, Hyun Ju Lee, Kyu Hyun Park*, Byong Yang Choi and Chang Six Ra
Department of Animal Life System, Kangwon National University

Summary

In this study, researches on the development of country specific greenhouse gas measurement and sampling methods from the livestock sector were reviewed. Research on greenhouse gas emission factors was started in early 2000 but was not actively involved in the development of livestock sector based emission factor: since 2009, works are underway for the development of livestock sector based emission factor. Most of the research on greenhouse gas emission in the field of animal studies were done by National Institute of Animal Science, because of the uniqueness of the research laboratories. Methods of emission measurement are still not internationally certified and therefore, measurement and sampling methods for Korea livestock sector are being studied, consulting the worldwide research trends. Flux chamber method are commonly using in Korea for green house gas emission factors measurement. In recent years, continuous measurement of the microclimate was introduced to measure greenhouse gases from livestock manure storage facilities and the micrometeorology method should be adapted as recommended by Intergovernmental Penal on Climate Change (IPCC) Guideline.

(Key words : Greenhouse Gas, Emission Factor, CH₄, N₂O, Livestock)

서 론

우리나라는 2009년 11월 온실가스를 2020년까지 BAU 대비 30% 감축하는 자발적 감축 목표를 내놓았으며 이러한 감축 목표를 효과적으로 달성하기 위하여 2010년 1월 「저

탄소녹색성장기본법」을 제정하였고 ‘온실가스·에너지 목표관리제’를 2010년 말부터 시행하고 있다. 또한 2011년 7월 산업별 감축 목표를 설정한 ‘2020년 저탄소 녹색사회 구현을 위한 로드맵’을 발표하였다. 이러한 국내외 온실가스 감축을 위한 움직임에 따라

* 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA)

Corresponding author : ChangSix Ra, Dept. of Animal Life System, Kangwon National University, Chunchon, 200-701, Korea.

Tel: (033)250-8618, Fax:(033) 251-7719, E-mail:changsix@kangwon.ac.kr

2011년 10월 10일 투고, 2011년 12월 30일 심사완료, 2011년 12월 30일 게재확정

온실가스 저감을 위한 노력과 함께 국가의 온실가스 인벤토리를 정확하게 구축하는 것은 필수적인 사항이 되었다.

축산 부문에서 발생하는 온실가스는 반추 동물의 장내발효를 통해 발생하는 메탄(CH₄)과 가축 분뇨 처리 과정에서 발생하는 메탄(CH₄)과 아산화질소(N₂O)이며, 현재 우리나라 축산 부문의 국가 온실가스 인벤토리는 IPCC 가이드라인의 배출량 산정방법론과 기본 배출계수를 적용한 Tier 1 방법론을 바탕으로 작성되고 있다. IPCC 가이드라인의 기본 배출계수 값은 1996 IPCC 가이드라인에 비해 2006 가이드라인에서 더욱 세분화된 기후대별, 축종별, 분뇨 처리 방법별 배출계수를 제시하고 있다. 이 값은 우리나라 고유의 축산 환경 여건을 반영한 값은 아니며, 배출 총량에 있어 오차를 더 크게 하는 결과를 초래할 수 있다. 예를 들어 한우(Korean Native Cattle)는 IPCC에서 분류하고 있는 ‘소’와 사육환경, 사료, 체중, 분뇨 처리방법 등이 다르므로, 온실가스의 효율적 저감 대책 수립과 온실가스 인벤토리의 정확한 산정을 위해서는 국가 고유의 현황을 반영한 배출계수를 산정하는 연구는 필수적이라고 할 수 있다.

우리나라에서는 국립축산과학원을 중심으로 축산부문 온실가스에 대한 대부분의 연구가 진행되고 있다. 온실가스 저감을 위한 저메탄 사료의 개발에 관한 연구 등과 함께 2000년 대 초반부터 온실가스 배출량에 대한 본격적인 연구가 시작되었으며, 그 이전의 연구 결과는 미미한 실정이다.

따라서 본 중설(Review)에서는 향후 국가 고유의 배출계수를 사용하여 온실가스 인벤토리를 구축하기 위한 현황 파악 및 기초 연구로, 현재까지 개발된 우리나라의 축산부문 온실가스 측정 및 샘플링 방법과 온실가스 배출계수 관련 연구 현황을 조사하고자 하였다.

1. 축산부문 온실가스 배출계수 측정 및 샘플링 방법 관련 현황 조사

IPCC에서는 축산분야를 포함한 농업분야의 배출계수 개발을 위해 최소 3년 이상 반복 시험, 최소 주 2회 이상 측정된 결과, 분기별로 하루 이상 배출 패턴을 측정해야 하는 시계열적 연속 측정이 이루어져야 하며, 측정 장소에 대한 위치, 면적, 기온 등 기본적인 정보도 함께 수집하도록 제안하고 있다(IPCC, 2000). 이것은 측정 년도의 환경 조건이 평년과 다른 경우 대표성을 지닌 배출계수 값이 될 수 없기 때문이다.

가. 국외 현황

(1) 국외 장내 발효 배출계수 측정 및 샘플링 방법

축산분야의 온실가스 측정 방법에 대하여 국제적으로 공인된 방법론은 아직까지 없으며, 본 연구에서는 캐나다 등 선진국의 온실가스 측정 방법에 대하여 조사하였다.

캐나다 등 국외에서 반추 동물의 장내 발효 배출계수 측정 및 샘플링방법으로 주로 사용된 방법은 후드 혹은 마스크를 이용한 호흡 챔버법이다. 이 방법은 반추 동물의 사료 급여의 차이에 따른 CH₄의 배출량을 측정하기 위한 최적의 방법으로, 챔버의 구조가 간단하고 작동이 용이하여 특히 축사에서 사육되는 가축의 온실가스 측정에 편리한 이점이 있다. 아래의 Fig. 1은 캐나다 정부 소속 기관인 Agriculture and Agri-Food Canada(AAFC)의 중소 동물 후드타입 챔버이다. 이 방법은 시험 동물을 위한 사료조와 급수구가 내부에 위치하고 투명 재질(아크릴류)로 밀폐되게 제작이 되어 챔버내에 있는 시험 동물의 상태 및 활동을 관찰할 수 있다. 챔버와 함께 온실가스를 분석할 수 있는 분석 시스템이 함께 구성되므로 사료의 채 및 측정

이 동시에 이루어진다. 그러나 장기적인 모니터링이 불가능하며, 시험 동물의 움직임에 따라 챔버가 손상이 되는 경우 등 단점이 있다 (Sean McGinn 외, 2010).



(Sean McGinn et al., 2010)

Fig. 1. The hood-type respiration chamber.

최근에는 시험 동물을 대형 챔버에 넣고 발생하는 온실가스를 측정하는 animal chamber 방법이 전세계적으로 많이 이용되고 있다.

Fig. 2는 캐나다 외 여러 나라에서 사용되고 있는 animal chamber로 챔버의 용량, 공기 유입/유출량, 온습도 등의 조건은 챔버에 따라 다르게 적용되고 있다. 이 방법은 Flow-Through mass balance chamber로 Fig. 3과 같은 원리이다.

(2) 국외 가축 분뇨 처리 배출계수 측정 및 샘플링 방법

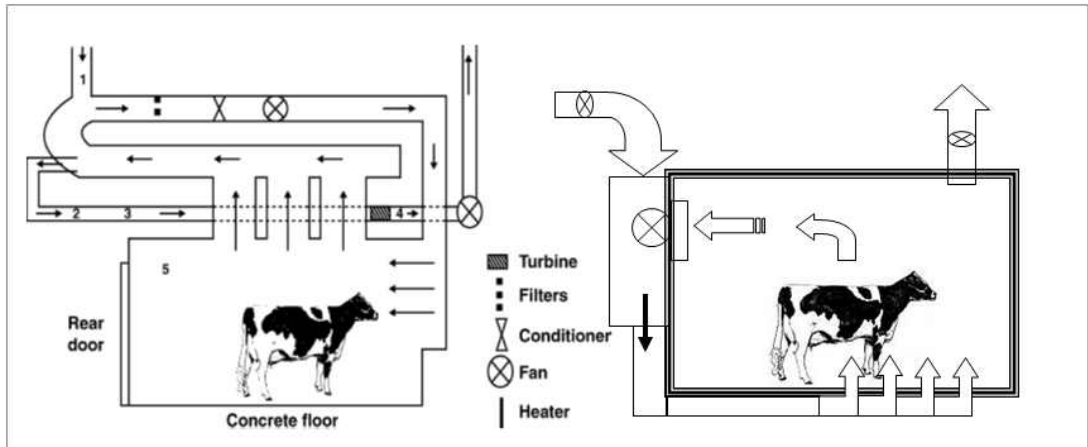
가축분뇨 처리부문에서 사용할 수 있는 배출계수 측정법은 농업, 폐기물분야에서 일반적으로 사용하는 방법인 챔버법과 IPCC에서 권장하는 미기상학적 방법이 있다. 챔버법은 close 챔버법과 open 챔버법으로 나눌 수 있으며, 미기상학적 방법은 여러 가지 방법이 있지만 축산환경 분야에서 적용이 가능한 방법은 flux gradient법과 eddy covariance법, mass balance법이 있다 (한국환경공단, 2008). 현재 미국, 캐나다 등 선진국에서는 온실가



(A) Canada (B) Denmark (C) New Zealand (D) Switzerland

(Sean McGinn et al., 2010)

Fig. 2. Animal chamber.



(Sean McGinn 외, 2010)

Fig. 3. Schematic of animal chamber.

스 분석방법으로 연속측정기술(Trace Gas Analyzer, TGA), 미기상학적 방법을 이용한 온실가스 측정 방법을 개발 중에 있다.

가) 챔버법

온실가스 측정시 가장 보편적으로 사용되는 방법이며, 외부 공기의 유입 여부에 따라 close 챔버법과 open 챔버법으로 나눌 수 있다. 측정하고자 하는 온실가스 발생원 위에 챔버를 놓아 챔버 안팎의 농도차를 이용하여 배출량을 계산할 수 있다. close 챔버법의 경우 연속적인 측정이 어려워 open 챔버를 이용하게 되면 이러한 문제는 해결이 가능하나, 면적이 좁은 챔버는 특성상 발생원 전체 면적 중 일부분의 배출량만을 측정할 수 있다는 문제점이 있어 가축분뇨와 같은 시공간적으로 불균질한(heterogeneous) 배출원의 경우 측정의 정확도가 떨어질 수 있으므로 측정 지점의 선정에 유의해야 하며(한국환경공단, 2008), 이러한 문제를 보완하기 위해 mega 챔버법을 사용하기도 한다.

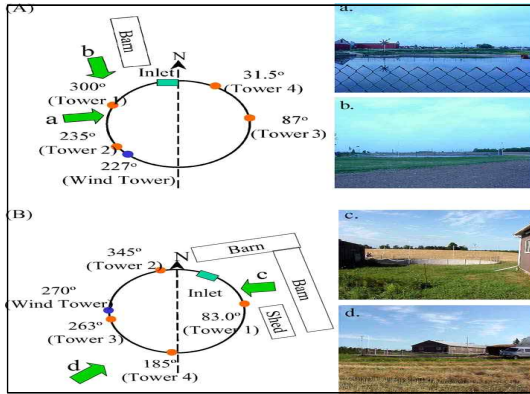
나) 미기상학적 방법

이 방법은 챔버법과 달리 온실가스 발생원에 인위적인 영향을 주지 않고 장기적이고

연속적인 모니터링이 가능한 방법이다. 하지만 측정법의 운용을 위해서 고도의 기술과 고가의 측정 장비가 필요하다. 각 방법의 이론에 맞는 적절한 축산환경에서의 측정이 가능하며, 여러 가지 방법이 있지만 flux gradient 법과 eddy covariance법, mass balance법이 축산환경 분야에서 쓰일 수 있는 방법이다. 특히 분뇨 처리시설은 온실가스의 농도가 지점별로 균일하지 않기 때문에 flux gradient법과 eddy covariance 방법은 권장하지 않으며, mass balance 방법이 주로 사용된다. Mass balance 방법은 여러 높이의 측정 장소에서 평균 풍속과 농도를 측정하여 온실가스 발생량을 계산하는 방법으로 다른 방법에 비해 측정이 비교적 용이하다는 장점이 있다(Kyu Hyun Park et al. 2006) (Fig. 4, 5).

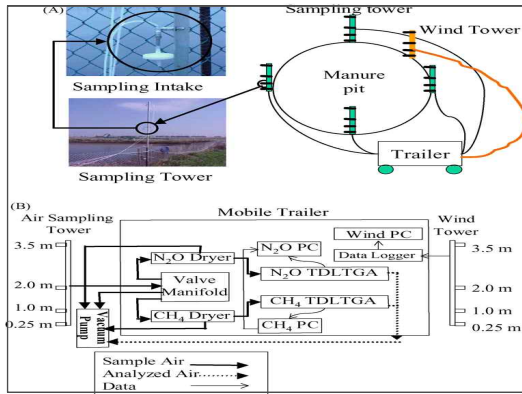
(3) 국외 온실가스 분석방법

챔버법을 이용하여 샘플링시 온실가스를 분석하는 일반적인 방법은 Gas Chromatography를 이용하는 방법이다. 그러나 mega chamber 법이나 미기상학적 방법의 경우 가스의 연속적 분석이 필요하므로, 실시간 분석이 가능한 TGA를 이용하여 온실가스를 분석하는데 이 분석 방법은 고감도임과 동시에 선택성



(Claudia et al., 2006)

Fig. 4. Selection of green house gas measurement points for animal waste facility using mass balance method.



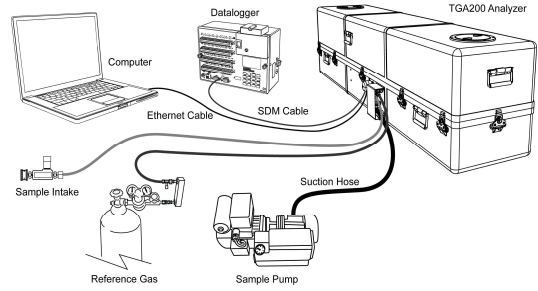
(Claudia et al., 2006)

Fig. 5. Greenhouse gas measurement practice for animal waste storage facility using mass balance method.

(다양한 가스의 분석이 가능)이 우수하며, 휴대가 용이하여 외부에서도 분석이 가능한 장점이 있다. Fig. 6은 TGA 장치 구성을 나타낸 것이며, Fig. 7은 실시간 데이터 분석 사례를 보여주고 있다.

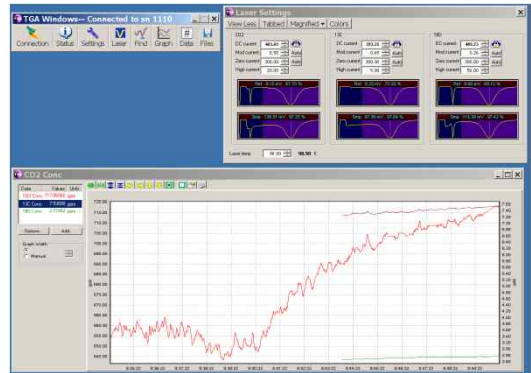
(나) 국내 현황

(1) 국내 장내 발효시 발생하는 CH₄의 배출계수 측정 및 샘플링방법



(<http://www.campbellsci.com>, instruction manual)

Fig. 6. TGA system configuration.



(<http://www.campbellsci.com>, instruction manual)

Fig. 7. Real-time analysis of greenhouse gas using TGA.

국내의 장내 발효 CH₄ 배출계수 개발 시 적용된 측정 및 샘플링 방법은 다음 Table 1과 같다. 국외 측정 사례에서와 유사하게 국내에서도 후드 타입 호흡챔버 센서를 이용하여 온실가스를 측정하였다. 농촌진흥청 국립축산과학원에서 2009년 개발한 후드타입 호흡 챔버는 해외 것과 유사한 것으로 가축의 목과 머리부분만을 후드 쪽으로 위치시키게 되고, 반추위의 메탄발효 미생물에 의해 생성되어 입을 통해 배출된 CH₄의 양을 실시간으로 측정할 수 있기 때문에 CH₄ 배출계수 개발을 위한 연구뿐만 아니라, CH₄ 저감제의 효과검증, CH₄ 저감을 위한 사료 급여 전략 구축을 위한 연구 등에 폭넓게 활용하게 되었다. Fig. 8은 국립축산과학원이 개발한 후드타입 호흡챔버 설비 (A)와 개방 회로

Table 1. CH₄ measurement and sampling methods for enteric fermentation emission factors

Development Authority	Period	Type of animal	Measurement and sampling methods
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2008 ~ 2011	Korean Cattle	Hood- type respiration chamber & sensor
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2009 ~ 2013	Korean Cattle	On tracer development
		Dairy	Hood- type respiration chamber & sensor
		Deer	Hood- type respiration chamber & sensor
		Black goat	Hood- type respiration chamber & sensor

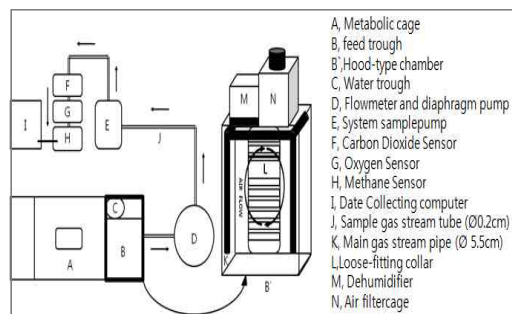


Fig. 8. Respiration chamber facility practices at National Institute of Animal Science.

형 호흡챔버 (B)를 보여주고 있으며, Fig. 9는 후드타입 호흡챔버 모식도 이다.

(2) 국내 가축 분뇨 CH₄ 및 N₂O 배출계수 측정 및 샘플링 방법

국내의 가축 분뇨 CH₄ 및 N₂O 배출계수 개발 시 사용된 측정 및 샘플링 방법은 다음 Table 2와 같다. 실제로 가축이 사육되고 있는 깔짚 혹은 무깔짚 우사, 슬러리 돈사의 경우 특성상 지속적인 모니터링이 어렵기 때문에 open (flux) 챔버법을 사용하고 있다 (Fig. 10). 분뇨의 퇴비화, 액비화 등 분뇨를 저장하여



(Seol et al., 2011)

Fig. 9. A schematic of hood-type respiration chamber at National Institute of Animal Science.

Table 2. Measurement and sampling methods for greenhouse gas emission factor for animal waste handling facilities or site

Development Authority	Period	Target		Measurement and sampling methods	
		Type of Animal	Manure management		
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2005 ~ 2008	Korean Cattle	Bedding	flux chamber	
			Without Bedding	Gas Chromatography	
		Korean Cattle	Compositing	Stirring	mega chamber
			Compositing	No Stirring	TGA (Trace Gas Analyzer)
		Pig	Compositing	Simple Deposition	mega chamber
			Compositing	Blast Deposition	TGA
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2007 ~ 2008	Korean Cattle	Compositing	Simple Deposition	mega/open chamber TGA/GC
		Pig	Compositing	Simple Deposition	wind tunnel TGA +GC
Blast Deposition					
Mechanical Agitation					
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2009 ~ 2010	Pig	slurry	Simply stored	floating chamber Gas Chromatography
			slurry	Aeration (1m ³ /ton/hr)	
			slurry	Aeration (2.5m ³ /ton/hr)	
			slurry	Aeration (5m ³ /ton/hr)	
		Compositing	Simple deposition	mega chamber TGA	
		Compositing	Naturally ventilated		
		Compositing	Blowing force		
Rural Development Administration National Institute of Animal Science	2009 ~ 2013	Korean Cattle	Bedding	flux chamber Gas Chromatography:	
		Dairy	Bedding		
		Pig	slurry	floating chamber Gas Chromatography	
		Pig	Liquid Manure treatment facilities	mass balance method	



(National Institute of Animal Science, 2010)

Fig. 10. Measurements of greenhouse gases using a floating chamber for slurry type pig housing.



(National Institute of Animal Science, 2010)

Fig. 11. Measurement of greenhouse gases using mass balance method for manure treatment facilities.

처리하는 시설의 경우 소형 open (flux) 챔버 보다는 open 챔버의 일종이지만 처리 시설 전체에서 배출되는 온실가스의 측정이 가능한 mega 챔버(윈드돔, 윈드터널)를 이용하고 있으나, 분뇨 처리시설의 면적이 큰 경우 챔버를 이용한 측정법에는 어려움이 많아, 최근에는 미기상학적 방법인 mass balance 법을 이용한 측정법을 시험 연구 중에 있다(국립 축산과학원, 2010) (Fig. 11).

(3) 국내 온실가스 분석 방법

국내 온실가스의 분석 방법으로는 tedlar bag 등 가스 포집백이나 실린지 등에 채취한 시료의 경우 Gas Chromatography를 이용하고 있으며, mega chamber 등을 이용하여 채취되는 시료의 경우에는 실시간 분석이 이루어져야 하기 때문에 국외 사례에서와 마찬가지로 TGA를 이용하여 분석하고 있다(최동운 외, 2010).

2. 국내 국가 온실가스 배출계수 개발 현황

축산분야의 국내 온실가스 관련 연구는 2000년 대 초반부터 본격적으로 시작되었으

나, 국가 보고서 작성 및 배출계수 개발을 위한 연구는 2009년부터 국립축산과학원에서 수행중인 ‘축산부문 온실가스 배출계수 및 배출량 평가’ 연구이다. 이전의 연구들은 배출량 산정에 중점을 두거나 배출량 및 배출계수 측정 방법론 설정을 위한 기초 연구로, 현재 국가 보고서에 적용되고 있는 배출계수는 없다. 그러나 축산분야의 온실가스 배출계수 개발을 위한 기초 연구로서의 의미가 크므로 본 연구의 내용에 수록 하였으며, 2009년부터 시행중인 ‘축산부문 온실가스 배출계수 및 배출량 평가’ 연구의 연구 결과는 과제 종료 이전이라 비공개이므로 결과는 수록하지 않았다. 또한, 2002년 수행된 ‘기후변화 협약에 따른 축산 부문 국가 보고서’에서는 IPCC 배출계수 산정방법론에 따라 적용 가능한 국내의 통계자료를 이용하여 Tier 2 수준의 배출계수를 산정하였는데, 산정된 배출계수는 한국환경공단의 2010년 ‘지자체 온실가스 배출량 산정 지침’에서 2010년부터 배출계수로 적용되고 있다 (Table 3).

(1) 장내 발효시 발생하는 CH₄의 배출계수 개발현황

Table 3. Researches on livestock greenhouse gas emissions and emission factors

Publication type	Agency /Journal	Title	Executed year
Report	National Institute of Animal Science	Reports on Convention on National Climate Change in Accordance with Livestock Sector	2002
Paper	Journal of Animal Science and Technology	Study by the National on Livestock Methane Emissions from Enteric Fermentation, 45(6):997-1006	2003
Report	National Institute of Animal Science	Calculation of Emission Factor for Greenhouse Gas and Development of Reduction Strategy for Ruminant Livestock Enteric Fermentation	2008~2011
Paper	Journal of Animal Science and Technology	Comparison of Methane Production in Korean Native Cattle (Hanwoo) Fed Different Grain Sources	2011
Report	National Institute of Animal Science	Quantifying Greenhouse Gas Emissions and Developing Emission Factors in Livestock agriculture sector	2009~2013
Report	National Institute of Animal Science	Investigation on Emissions of Greenhouse Gases from the Storage Period Liquid Manure	2003
Report	National Institute of Animal Science	Investigation on GHG Emissions from Stored Manure and Litter	2004
Report	National Institute of Animal Science	Investigation on Greenhouse Gas Emissions from Animal Waste Processing and Compositing	2005~2008
Report	National Institute of Animal Science	Studies on Greenhouse Gas Emissions Reductions from Animal Waste Processing	2009~2010
Report	National Institute of Animal Science	Quantifying Greenhouse Gas Emissions and Developing Emission Factors in Livestock agriculture sector	2009~2013
Report	National Institute of Animal Science	Investigation on Greenhouse Gas Emissions from Animal Waste	2007~2008

국내에서는 반추 동물에 의한 CH₄ 배출량을 저감하기 위해 사료의 개선 등에 대한 연구는 이전부터 이루어지고 있었으나, 배출계수를 개발하기 위한 연구는 시작 단계이다.

Table 4는 가축의 장내 발효에 의해 발생하는 CH₄의 배출계수 개발 연구 현황이며, 각 연구에 대한 상세 내용을 요약하였다.

Table 5는 국내에서 개발된 CH₄ 배출계수

Table 4. Developments for CH₄ emission factors generated from enteric fermentation

Development Authority	Period	Target				Emission factor (kg/head/yr)	
		Animal type	Feeding step	Age	Weight		
Rural Development Administration National Institute of Animal Science ¹⁾	2002	Korean Cattle	Calves	~12 month of age	135.1kg	39.191	
			Cattle	12 before calving	412.1kg	50.712	
			Breeding cattle	12~36 months	399.8kg	48.979	
		Dairy	Calf	bulls ~24 months of age and calf	318.4kg	61.813	
			Cattle	12 months before calving	362.3kg	45.504	
			Milking cow	25 months	624.0kg	106.690	
Rural Development Administration National Institute of Animal Science ²⁾	2008 ~ 2011	Korean Cattle	Calf	6 months	180.6 ±3.1kg	Barley	31.7
						Corn	28.4
Rural Development Administration National Institute of Animal Science ³⁾	2009 ~ 2013	Korean Cattle	Cattle	Cattle	350kg	Corn	43.9
				Cattle	600kg	Corn	50.9
		Deer	Male Formosan Dear	19~30kg	3.55		

¹⁾ Reports on Convention on National Climate Change in Accordance with Livestock Sector (National Institute of Animal Science, 2002)

²⁾ Calculation of Emission Factor for Greenhouse Gas and Development of Reduction Strategy for Ruminant Livestock Enteric Fermentation (National Institute of Animal Science, 2008-2011)

³⁾ Quantifying Greenhouse Gas Emissions and Developing Emission Factors in Livestock agriculture sector (National Institute of Animal Science, 2009-2013).

와 IPCC 가이드라인 및 미국, 일본, 뉴질랜드의 NIR의 배출계수를 비교한 표이다. 장내 발효에 의한 CH₄의 배출은 같은 축종이어도 월령, 사육 환경, 사료 등에 의하여 다르기 때문에, 각 지역별로 제시하는 배출계수에 차이가 있다.

(2) 가축 분뇨 처리 시 발생하는 CH₄의 배출계수 개발현황

국내에서는 가축분뇨 처리 시 발생하는 CH₄의 배출량 산정 또는 저감 기술 관련한 연구는 이전부터 있었으나, 가축 분뇨 처리 방법별 온실가스의 배출계수에 관한 본격적인 연구는 현재 진행되고 있는 ‘축산 부문 온실가스 배출계수 개발 및 배출량 평가’가 유일하다. 따라서 기존의 연구는 배출계수 개발 관련 연구의 의미보다는 배출량 산정으로서의 의미가 더 크나, 향후 연구를 위한

Table 5. Comparison of emission factor of CH₄ caused by enteric fermentation

(unit : kg CH₄/head/yr)

Type of animal		Domestic	IPCC 1996 G/L	IPCC 2006 G/L	USA NIR 2011	Japan NIR 2011	New Zealand NIR 2011
Korean Cattle	Calf(~12months of age).	39.191	44	47	60	53.8	56.2
	Calf(~6months of age fed on barley).	31.7			—	36.2	
	Calf(~6months of age fed onmaize).	28.4					
	Cattle	50.712			43	51.9(F) 68.5(M)	
	Cattle (Cattle early period/ corn)	43.9			69		
	Cattle (Cattle late period/ corn)	50.9					
	Breeding cattle	48.979			94	57	
Dairy	Calf	61.813	56	61	46	38.8	76.9
	Cattle	45.504			70	68.0	
	Milking cattle	106.690			140	132.1	
Deer	Male Farnosan	3.55	20	20	—	—	22.3

기초 자료로 활용하고자 조사하였다. 국립축산과학원 2002년 연구는 실측에 의한 배출계수 산정이 아닌 IPCC 가이드라인의 Tier 2 배출계수 산정식에 따라 국내 통계자료 등에서 이용 가능한 변수를 배출계수 산정식에 대입하여 계산한 결과 값으로, ‘2010년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침 (한국환경공단, 2010)’에서 사용하고 있다. 국립축산과학원에서 2009년부터 시작하여 현재 연구 진행 중인 과제 연구 결과는 과제 종료 전이므로 분석하지 않았다 (Table 6).

(3) 가축 분뇨 처리 시 발생하는 N₂O의 배출계수 개발현황

국내에서 가축분뇨 처리 시 발생하는 N₂O의 배출계수에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 가축분뇨 처리방법별 N₂O의 배출계수에 관한 본격적인 연구는 2009년부터 국립축산과학원과 일부 대학을 중심으로 진행되고 있다. 따라서 기존의 배출계수 관련 연구는 CH₄ 배출계수와 마찬가지로 배출계수 개발 관련 연구의 의미보다는 배출량 산정으로서의 의미가 더 크다고 할 수 있다 (Table 7).

Table 6. Developments of CH₄ emission factor generated from maunre management systems

Development authority	Period	Target		Emission factor ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	
		Type of animal	manure management		
National Institute of Animal Science ¹⁾	2002	Dairy	—	19.953 (kg/head/yr)	
		Korean Cattle		0.621(kg/head/yr)	
		Pig		0.183(kg/head/yr)	
		Hen		0.022(kg/head/yr)	
		Broiler		0.016(kg/head/yr)	
National Institute of Animal Science ²⁾	2003	Korean Cattle	Storage of liquid	분:0.0322	뇨:0.0008
		Dairy	Storage of liquid	분:0.0276	뇨:0.0002
		Pig	Storage of liquid	분:0.0040	뇨:0.0003
National Institute of Animal Science ³⁾	2004	Pig	Stored manure	Aerobic	0.134($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)
			Stored manure	anaerobic	0.113($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)
		Dairy	With litter		0.00007($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)
			Without litter		0.00016($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)
National Institute of Animal Science ⁴⁾	2005~2008	Korean Cattle	With litter		—
			Without litter		—
		Korean Cattle	Composting	Stirring	118.7
				Without stirring	918.7
		Pig	Composting	Simple deposition	5.463
				Blast Deposits	2.272
Mechanical agitation	74.532				
National Institute of Animal Science ⁵⁾	2009 ~ 2010	Pig	Stored liquid fertilizer	Simple storage	159.33
				Aeration (1 $\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)	24.19
				Aeration (2.5 $\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)	32.26
				Aeration (5 $\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)	61.47
		Composting	Simple deposition	216.39	
			Naturally ventilated	19.31	
			Force ventilation	21.37	
Stirring	76.14				

¹⁾ Reports on Convention on National Climate Change in Accordance with Livestock Sector (National Institute of Animal Science, 2002)

²⁾ Investigation on Emissions of Greenhouse Gases from the Storage Period Liquid Manure (National Institute of Animal Science, 2003)

³⁾ Investigation on GHG Emissions from Stored Manure and Litter (National Institute of Animal Science, 2004)

⁴⁾ Investigation on Greenhouse Gas Emissions from Animal Waste Processing and Compositing (National Institute of Animal Science, 2005-2008)

⁵⁾ Studies on Greenhouse Gas Emissions Reductions from Animal Waste Processing (National Institute of Animal Science, 2009-2010)

Table 7. Developments of N₂O emission factor generated from manure management systems

Development authority	Period	Target		Emission factor ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)			
		Type of animal	manure management				
National Institute of Animal Science ¹⁾	2003	Korean Cattle	Storage of liquid		feces 0.3160	urine 0.0140	
		Dairy	Storage of liquid		feces 0.0951	urine 0.0111	
		Pig	Storage of liquid		feces 0.0119	urine 0.0105	
National Institute of Animal Science ²⁾	2004	Pig	Stored manure	Aerobic	0.120 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)		
			Stored manure	anaerobic	0.060 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)		
		Dairy	With litter		80.166 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)		
			Without litter		22.362 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$)		
National Institute of Animal Science ³⁾	2005 ~ 2008	Korean Cattle	With litter		9.9		
			Korean Cattle		37.6		
		Pig	Composting	Stirring		1.5	
				Pig		7.1	
		Pig	Composting	Simple deposition		2.0	
				Blast Deposits		0.6	
Mechanical agitation				48.784			
National Institute of Animal Science ⁴⁾	2009 ~ 2010	Pig	Stored liquid fertilizer	Simple storage		0.487	
				Aeration ($1\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)		0.128	
				Aeration ($2.5\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)		0.393	
				Aeration ($5\text{m}^3/\text{t}/\text{hr}$)		0.207	
		Pig	Composting	Simple deposition		30.50	
				Naturally ventilated		13.04	
				Force ventilation		6.70	
				Stirring		8.89	

¹⁾ Investigation on Emissions of Greenhouse Gases from the Storage Period Liquid Manure (National Institute of Animal Science, 2003)

²⁾ Investigation on GHG Emissions from Stored Manure and Litter (National Institute of Animal Science, 2004)

³⁾ Investigation on Greenhouse Gas Emissions from Animal Waste Processing and Compositing (National Institute of Animal Science, 2005-2008)

⁴⁾ Studies on Greenhouse Gas Emissions Reductions from Animal Waste Processing (National Institute of Animal Science, 2009-2010).

결 론

배출계수에 대한 국내의 연구는 2000년대 초반부터 있었으나, 활발한 연구를 진행하지는 못하였으며 2009년부터 현재 진행중인 ‘축산 부문 배출계수 개발 및 배출량 평가’ 연구에서 배출계수를 개발 중에 있다. 축산 분야의 연구는 농촌진흥청 국립 축산과학원을 중심으로 모든 연구가 이루어지고 있으

며, 따라서 아직 인증된 온실가스 시험기관이 없는 실정이며 연구의 특수성으로 인하여 시험 기관의 인증 및 지정은 어려울 것으로 보인다.

배출계수의 측정 방법으로는 국제적으로 인증된 방법은 아직 없으며, 선행 연구사례 혹은 국외의 연구 동향에 맞추어 측정방법을 연구하며 개선하고 있는 실정이다. 국내의 경우 주로 캐나다 등에서 사용하고 있는 온

실가스 측정방법과 유사한 방법을 도입하여 배출계수를 측정하고 있으며 장내발효 부문은 호흡가스 측정 챔버를 이용하는 것 일반적이고, 가축 분뇨 처리시설 부문은 처리시설 별로 다른 측정 방법을 요구하는데 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법은 농업 및 폐기물분야에서 많이 사용하는 플럭스 챔버법이며, 최근에는 미기상학적 방법을 도입하여 가축분뇨 저장시설에서의 온실가스 측정방법에 대한 연구가 진행 중이다. IPCC에서 권장하는 시계열적 연속 측정이 되기 위해서는 미기상학적 방법에 대한 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국책기술 개발사업 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

인 용 문 헌

1. Claudia Wagner-Riddle, Kyu Hyun Park, George W. Thurtell. 2006. A micro-meteorological mass balance approach for greenhouse gas flux measurement from stored animal manure. *Agriculture and Forest Meteorology*. 136. 177-179.
2. IPCC. 2000. Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories [Online].
3. Kyu Hyun Park, Andrew G. Thomson, Michele Marinier, Karen Clark, Claudia Wagner-Riddle. 2006. Greenhouse gas emissions from stored liquid swine manure in cold climate. *Atmospheric Environment*. 40. 619-620.
4. Sean McGinn, Trevor Coates. 2010. Measurement techniques for methane emissions from livestock and livestock manure

- Whole animal chamber and hood techniques, *Agriculture and Agri-Food Canada GGAA2010 Workshop*.

5. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2002. 기후 변화협약에 따른 축산부문 국가보고서, 27-34.
6. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2007. 축산 악취 및 온실가스 저감 방안 국제 공동 세미나, 세미나자료집, 108-114.
7. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2009. 가축 분뇨 깔짚 처리와 퇴비화에 따른 온실가스 배출량 구명, 시험연구보고서, 1169-1185.
8. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2009. 가축 분뇨 유래 온실가스의 연속 측정 및 배출량 산출 기술개발, 시험연구보고서, 1215-1219.
9. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2009. 반추 가축 장내 발효 온실가스 배출계수 산출 및 저감제 개발, 시험연구보고서, 2396-2401.
10. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2010. 축산 부문 온실가스 배출계수 개발 및 배출량 평가, 내부 자료.
11. 농촌진흥청 국립축산과학원. 2011. 가축 분뇨 처리과정의 온실가스 배출량 저감 연구, 시험연구보고서, 447-474.
12. 설용주, 김경훈, 백열창, 이상철, 옥지운, 이강연, 홍성구, 박규현, 최창원, 이성실, 오영균. 2011. 곡류 사료원별 육성기 한우 장내발효에 의한 메탄가스 배출량 비교, *한국동물자원과학회지*, 53(2):161-169.
13. 최동윤, 박규현, 광정훈, 조성백, 양승학, 황옥화, 안희권, 강희철, 유용희. 2010. Pail내 돈슬러리의 메탄 발생량에 관한 연구, *한국축산시설환경학회지*, 16(3):175-180.
14. 한국환경공단. 2008. 국가 온실가스 배출계수 총괄관리 방안 수립 연구. 시험연구보고서, 1392-1396.
15. 한국환경공단. 2011. 국가 온실가스 배출계수 검증을 위한 국내외 사례조사 및 국내 적용성 검토. 시험연구보고서, 354-360, 500-506, 543-546.