

# 강제환기식 돈사 내 비육돈의 온실가스 배출 특성

박준용, 조광곤, 황옥화, 정민웅\*  
\*농촌진흥청 국립축산과학원 축산환경과  
e-mail:mwjung@korea.kr

## Emission characteristics of greenhouse gas in mechanically ventilated swine finishing farm

Junyong Park, Gwanggon Jo, Okhwa Hwang, Minwoong Jung\*  
\*National Institute of Animal Science, Division of Animal Environment

### 요약

본 연구는 축산부문 온실가스 배출량에 대한 통계 자료를 수집하기 위하여 중천장 입기/지붕 배기 환기 시스템의 밀폐식 비육돈사 내 2개의 돈방(A, B)에서 발생하는 메탄(CH<sub>4</sub>)과 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 농도를 측정하였다. 비육기간 48일 동안 1시간 간격으로 연속 측정한 결과, CH<sub>4</sub> 농도는 돈방 A에서 평균 27.05ppm, 돈방 B에서 평균 26.73ppm이었다. N<sub>2</sub>O의 농도는 돈방 A와 B에서 각각 평균 1.59ppm과 1.41ppm으로 측정되었다. 두 물질의 농도는 돈방 간에 큰 차이가 없었다. IPCC (2006) 가이드라인의 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 100년 기준 온난화지수(Global warming potential)를 적용하여 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 농도에 대한 CO<sub>2</sub> 환산량을 계산한 결과, 각각 150.3g/d/pig와 282.2g/d/pig로 CH<sub>4</sub>에 비해 N<sub>2</sub>O에 대한 CO<sub>2</sub> 환산량이 약 1.9배 높았다.

### 1. 서론

온실가스는 지구환경 유지를 위해 중요한 요소이다. 그러나 급격한 산업 발전으로 인해 온실가스 배출량이 증가함에 따라 지구온난화 및 기후변화 등의 문제가 발생되고 있다. 최근, 세계적으로 온실가스 배출량 산정 및 저감을 위해 다양한 연구들이 진행되고 있다(Jeong et al., 2017; Kam et al., 2011). IPCC(2006)에서는 축산 유래 온실가스 배출량이 산업 및 운송 수단에서 배출되는 수준(13%)과 비슷하다고 보고하였다. 또한, FAO(2003)에서도 축산업에서 배출되는 온실가스가 공업 및 산업과 유사한 수준이라고 하였다.

축산 농장에서 배출되는 온실가스는 가축의 장내발효 및 분뇨처리 과정에서 생성된다(Massé et al., 2008). 농림축산식품부(2020)에 따르면 2019년 가축분뇨 발생량은 5,184만 톤으로 매년 증가되고 있으며, 이 중 돼지 분뇨가 40.0%로 가장 높았다. 현재 국내의 축산부문 온실가스 측정을 위한 시스템은 구축되어 있지만, 국가 고유 배출량을 산정하기 위한 데이터는 부족하다.

따라서 본 연구는 축산부문 온실가스 배출량에 대한 통계 자료를 수집하기 위하여 밀폐식 비육돈사에서 발생하는 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 농도를 측정하였다.

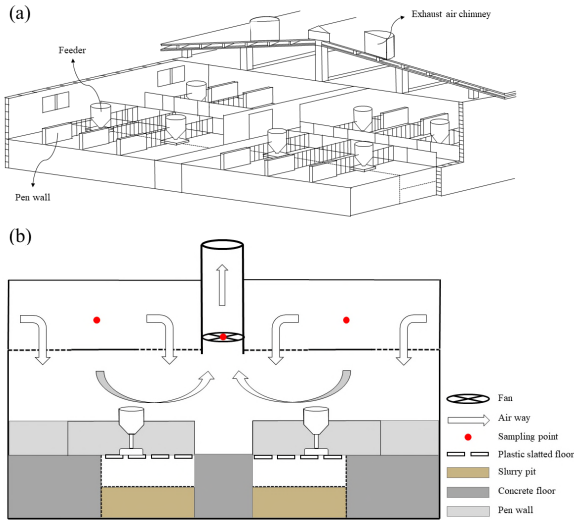
### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 공시 돈사 및 사육환경

돈사는 중앙 복도를 중심으로 돈방 2개가 배치되어 있는 반 슬랏 바닥의 밀폐식 구조이다. 돈방 내 돼지는 A 돈방 96두, B 돈방 102두 (평균 99두) 사육되었으며, 환기 방식은 중천장 입기에 지붕 배기 시스템이다(그림 1a).

#### 2.2 조사항목 및 조사방법

돈사 내 환기량과 온도는 돈방 내부에 센서를 설치하여 실시간(분 당 1회)으로 측정하였다. CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 농도는 멀티샘플러(INNOVA 1409, 6 ports;



[그림 1] Schematic of (a) inside the experimental pig farm and (b) mechanical ventilation pathway of side view

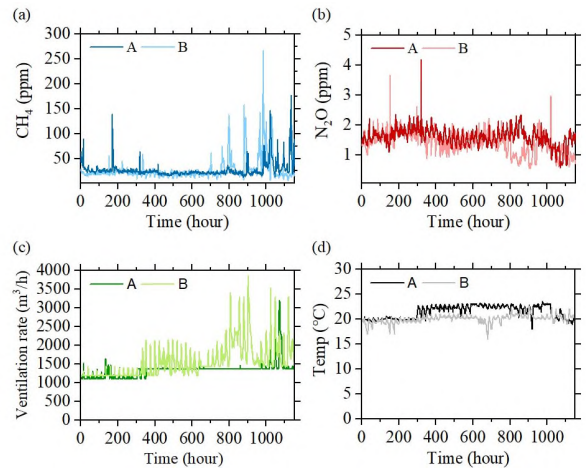
LumaSense Technologies)가 장착된 광음향분광분석 장치(INNOVA 1512i; LumaSense Technologies)를 이용하여 측정하였다. 측정 위치는 돈사 중천장 2지점과 배기팬 1지점으로 설정하였으며, 포집된 공기는 테플론 튜브를 이용하여 분석장치에 주입되도록 하였다(그림 1b).

### 3. 결과 및 고찰

돈방 A의 환기량은 평균  $14.01\text{m}^3/\text{h}/\text{pig}$ ( $11.58 \sim 33.24\text{m}^3/\text{h}/\text{pig}$ ), 돈방 B의 환기량은 평균  $15.36\text{m}^3/\text{h}/\text{pig}$ ( $11.63 \sim 37.72\text{m}^3/\text{h}/\text{pig}$ )로 측정되었다. 돈방 내 온도는 A와 B 각각 평균  $21.4^\circ\text{C}$ ( $18.0^\circ\text{C} \sim 23.5^\circ\text{C}$ )와  $20.0^\circ\text{C}$ ( $16.0^\circ\text{C} \sim 22.8^\circ\text{C}$ )이었다(그림 2c, d). 환기량은 돈방 A에 비해 B에서 조금 높았지만 온도는 돈방 B에서 조금 낮았다. 환기팬은 돈방 내 설정된 온도를 유지하기 위해 가동된다. 돈방 B의 환기량이 높은 것은 돈방 내부 온도 유지를 위해 환기팬이 강하게 가동되었으며, 이로 인해 돈방 내부의 온도가 돈방 A에 비해 더 낮아졌다.

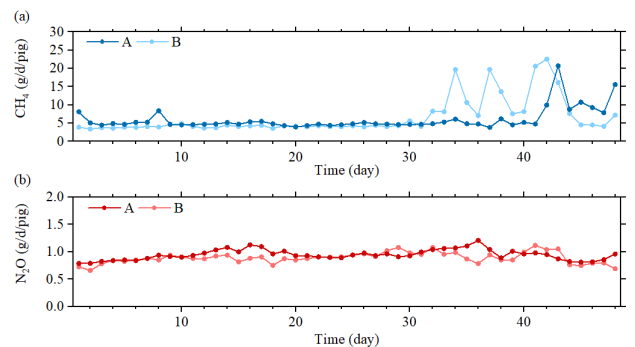
돈방 A의  $\text{CH}_4$  농도는 평균  $27.05\text{ppm}$ ( $12.05\text{ppm} \sim 176.35\text{ppm}$ ), 돈방 B의  $\text{CH}_4$  농도는 평균  $26.73\text{ppm}$ ( $6.73\text{ppm} \sim 265.85\text{ppm}$ )로 측정되었다(그림 2a).  $\text{CH}_4$  발생량은 돈방 간에 차이가 없었다(그림 3a). IPCC(2000)의 연구 결과에 따르면, 돈사 피트 내 슬러리가 1개월 이상 저장되었을 때  $\text{CH}_4$  농도가 급격히 증가되었다. 슬러리 내 미생물이 피트 내 혐기적 환경에서 증식함으로써  $\text{CH}_4$ 를 생성하였을 것이다(Lin et al., 1993, Park et al., 2005). 뿐만 아니라 돈사 내 사육두수 증가도 분뇨 배설량을 높이는 요인이며, 이로 인해  $\text{CH}_4$  발생량

증가에 영향을 준다(Gupta et al., 2007).



[그림 2] Hourly monitoring results of (a)  $\text{CH}_4$ , (b)  $\text{N}_2\text{O}$ , (c) ventilation rate, and (d) indoor temperature in A, B during finishing periods (48 days).

돈방 A의  $\text{N}_2\text{O}$  농도는 평균  $1.59\text{ppm}$ ( $0.56\text{ppm} \sim 4.25\text{ppm}$ ), 돈방 B는 평균  $1.41\text{ppm}$ ( $0.54\text{ppm} \sim 3.65\text{ppm}$ )으로 측정되었다(그림 2b).  $\text{N}_2\text{O}$  발생량은 돈방 간에 차이가 없었으며,  $\text{CH}_4$ 에 비해 낮았다(그림 3b).  $\text{N}_2\text{O}$ 는 분뇨의 질산화 및 탈질화 과정으로 생성된다(Jeong et al., 2009). 피트 내 환경은 주로 혐기적 상태인데 반해 질산화 과정은 호기적 조건에서 이루어진다(Focht et al., 1975). 이로 인해 본 연구에서  $\text{N}_2\text{O}$  발생량이 낮아진 것으로 판단된다. Kam(2011)의 연구 결과에 따르면, 돈사에서 배출되는 공기( $0.3 \sim 0.5\text{ppm}$ )와 대기 중( $0.4\text{ppm}$ )의  $\text{N}_2\text{O}$  농도가 유사하였다. 이것은 돈방 내 분뇨에 의한  $\text{N}_2\text{O}$ 의 생성이 미미한 것으로 추측된다. 하지만 본 연구에서는  $\text{N}_2\text{O}$  농도가  $1 \sim 2\text{ppm}$ 으로 대기 중 발생하는  $\text{N}_2\text{O}$  농도보다 높게 나타났다.



[그림 3] Daily emissions of (a)  $\text{CH}_4$  and (b)  $\text{N}_2\text{O}$  in A, B during finishing periods.

$\text{CH}_4$ 의 일평균 발생량은  $6.01\text{g}/\text{d}/\text{pig}$ 이고,  $\text{N}_2\text{O}$ 의 일평균 발생량은  $0.95\text{g}/\text{d}/\text{pig}$ 이다(그림 3a, b). IPCC(2006) 가이드라인에  $\text{CH}_4$ 과  $\text{N}_2\text{O}$ 의 100년 기준 온난화지수(Global warming

potential)는 각각 25와 298이다. 이를 적용하여 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량에 대한 CO<sub>2</sub> 환산량을 계산한 결과, 150.3g/d/pig와 282.2g/d/pig로 CH<sub>4</sub>에 비해 N<sub>2</sub>O의 영향이 약 1.9배 높게 나타났다.

V., Gupta, V., Sharma, C., Singh, N., "Methane and nitrous oxide emission from bovine manure management practices in India". *Environ. Pollut.* 146:219 - 224. 2007.

#### 참고문헌

- [1] Jeong, H. C., Choi, E. J., Lee, J. S., Kim, G. Y. and Lee, S. T., "The Analysis of Difference by Improving GHG Emission Estimation Methodology for Agricultural Sector in Recent 5 Years. *Journal of Climate Change Research* 2017, Vol. 8, No. 4, pp. 347~355. 2017.
- [2] Lin, Y. F. and Chen, K. C., "The relationship between denitrifying bacteria and methanogenic bacteria in a mixed culture system of acclimate sludges," *Water Res.*, 27(12), 1749~1759. 1993.
- [3] Park, S. M., Jun, H. B., Choi, C. O. and Lee, J. S., "Influence of COD/Nitrate-N ratio on denitrification and methanogenesis in anaerobic sludge." *Korean society of Environmental Engineers*, 27(7), 739~745. 2005.
- [4] Jeong, G. T., Park, S. H., Park, J. H., Lim, E. T., Bang, S. H. and Park, D. H., "Effect of factors of Nitrification process in wastewater treatment", *KSBB*, 24, 296~302. 2009.
- [5] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for national greenhouse gas inventories. Chap. 10. Emissions from livestock and manure management. 2006.
- [6] Focht, D. D. and A. C. Chang., "Nitrification and denitrification processes related to wastewater treatment, *Adv. App. Microbial* 19, 153~186. 1975.
- [7] Kam, D. H., Park, K. H., Choi, D. Y., Jung, M. S., Min, B. R., Lee, D. W. and Kim, J. K., Measurements of Greenhouse Gas From the Manure in the Piggery. *J. Lives. Hous. & Env.*, 17(3) 155~162. 2011.
- [8] FAO(Food, Agriculture Organization), world agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective. FAO Rome. pp 97. 2003.
- [9] MOE, Environmental Statistics Yearbook 2014. Korea Ministry of Environment. 2014.
- [10] Massé, D.I, Masse, L., Claveau, S., Bdnchaar, C., Thomas, O., 2008. Methane emissions from manure storage. *A. Soc. Agric. Biol. Eng.* 51, 1775-1781. 2008.
- [11] Gupta, P. K., Jha, A. K., Koul, S., Sharma, P., Pradhan,