

## PB13) 우사의 톱밥깔짚 경과에 따른 암모니아 플럭스 특성 Ammonia Flux from Sawdust for Bedding at Cow Housing

사재환<sup>1)</sup> · 전의찬<sup>1)</sup> · 이상락<sup>2)</sup> · 노기환<sup>3)</sup>

세종대학교 환경·에너지연구소, <sup>1)</sup>세종대학교 지구환경과학과,

<sup>2)</sup>건국대학교 동물생산·환경학과, <sup>3)</sup>광주보건대학 환경위생과

### 1. 서 론

2003년 우리나라 암모니아 총 배출량은 25,110,599 톤으로 추정하고 있으며, 이 중에서 농업부문에서의 배출량은 22,815,255 톤으로 가장 많은 배출량을 보이고 있다. 또한 농업부문 중 분뇨관리에서는 18,381,138 톤, 비료사용 농경지에서 4,434,117 톤으로 산정하고 있다. 이외에도 생산공정부문에서 874,784 톤이 배출되는 것으로 산정하고 있다(국립환경과학원, 2005).

대기 중에서 일반적으로 알카리성이지만 대기 중의 질산이나 황산 등과 같은 산성 대기오염물질과 반응하여 입자상물질인 질산암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), 황산암모늄( $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ ) 등의 생성에 관여한다. 이와 같은 2차 생성 입자상물질(SPM; Secondary Particulate Matter)은 대부분 미세입자(PM2.5)로서 가시거리를 저하시키고 인간의 호흡기 건강에 잠재적인 영향을 미친다(Adams, 2001). 황산암모늄과 질산암모늄과 같은 암모늄에어로졸의 대기 중 체류시간은 15일 정도로서 가스상 암모니아의 4일에 비해 긴 체류시간을 가지고 있기 때문에, 전의찬 등(2005)에 의하면 하수처리장에서 배출되는 암모니아는 악취물질로서의 영향뿐만 아니라 대기오염물질로도 인근지역에 상당한 영향을 미칠 것으로 판단하였다.

외국의 경우 암모니아에 대한 많은 연구가 1980년부터 미국과 유럽을 중심으로 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만, 국내의 경우 최근 들어 악취물질을 중심으로 생활악취 배출원 및 산업체 배출원을 중심으로 암모니아의 배출량 산정에 관한 연구가 진행된 바 있다. 전의찬(2005) 등은 하수처리장에서의 암모니아를 처리공정별, 계절별로 측정하여 배출 특성 연구하였으며, 사재환(2006) 등은 하수처리장의 암모니아 배출 특성 및 플럭스 산정용 모형 개발에 관한 연구를 수행하였다. 하지만, 암모니아 배출과 관련된 연구는 다른 대기오염물질에 비해 대단히 부족한 실정이다.

도시 규모 또는 국가 규모의 암모니아 배출을 체계적으로 관리하기 위해서는 객관적인조사방법과 이를 이용한 지속적인 모니터링, 그리고 암모니아 배출원의 활동도를 고려한 배출 특성 평가가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 암모니아 배출원 중 가장 큰 비중을 차지하고 있으나, 연구가 미비한 축산부문(소 사육)을 중심으로 암모니아 플럭스 특성과 배출량 산정 방법을 살펴보고자 한다.

### 2. 연구 방법

본 연구에서는 소 사육시설에서의 암모니아 플럭스 특성을 살펴보기 위하여 우리나라의 가장 일반적인 소 사육 시설을 대상으로 하였다. 우리나라의 한·육우 사육시설의 건축형태를 보면, 톱밥우사가 전체의 87.1%로서 가장 많이 이용되고 있으며, 다음으로는 계류식과 톱밥운동장 혼합 형태의 우사(9.8%)이다. 젓소의 경우도 톱밥우사가 가장 높은 비율을 보이고 있다. 또한, 우사의 바닥 종류는 깔짚 바닥이 전체 사육 시설의 약 95%를 차지하고 있다(농림부, 2007).

우사 바닥면에서의 암모니아 시료채취는 면오염원으로부터 배출되는 대기오염물질 량을 정량적으로 산정할 수 있는 열린챔버법을 이용하였다. 이용된 열린챔버 시스템(US EPA, 1982)을 이용하였으며, 열린챔버를 이용한 플럭스 측정은 암모니아 농도를 수 ppb~수십 ppm까지 연속측정이 가능한 화학발광법을 이용한 연속 측정기기를 이용하였다.

깔짚의 경과시간별 배출 특성을 살펴보기 위해 깔짚을 실시한 후 1주일 후부터 깔짚을 교체하기 전까지(약 35일)동일 1주일 간격으로 측정하였으며, 암모니아 플럭스의 일중 변화를 살펴보기 위하여 오전, 오후, 저녁, 야간 시간대로 구분하였다. 본 연구의 대상시설인 깔짚우사의 셀 당 면적은 약 17.1m<sup>2</sup>이며, 셀당 350~400kg의 수소가 2 마리씩 사육하고 있었다. 측정기간은 2007년 6월 5일부터 7월 3일까지 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

깔짚 경과에 따른 일 중 암모니아 플럭스 특성은 그림 26에서 보는 바와 같이, 오후 시간대(14시)에 가장 높은, 야간 시간대에 가장 낮은 암모니아 플럭스 특성을 보였다. 이는 오후 시간대에 깔짚의 온도와 대기 온도가 야간 시간대에 비해 높아 암모니아 배출이 증가한 것으로 판단된다.

깔짚을 실시한 후 1주일 경과된 시점에서 셀별(A지점~H지점) 암모니아 플럭스는 0.182~0.731mg/m<sup>2</sup>/min을 보였으나, 깔짚을 수거한 시점(깔짚 경과시간 35일 후)에서는 2.039~4.896mg/m<sup>2</sup>/min을 보여 약 7.4~24.5배의 암모니아 플럭스 증가를 보였다. 깔짚을 실시하여 수거하는 동안의 셀별 암모니아 플럭스는 그림 2에서 보는 바와 같이, 1.619~2.334mg/m<sup>2</sup>/min로서 셀별로 다소 차이를 보이고 있다.

분뇨에서의 암모니아 플럭스는 분뇨의 온도, pH, 암모늄이온 등과 같은 영향인자에 영향을 받는다. 측정된 8개의 셀별 암모니아 플럭스와 분뇨의 암모늄이온과의 상관관계(R<sup>2</sup>)는 0.546~0.822로서 셀별로 다소 차이를 보이고 있으나, 전체적으로 그림 3에서 보는 바와 같이, 0.671를 보이고 있다.

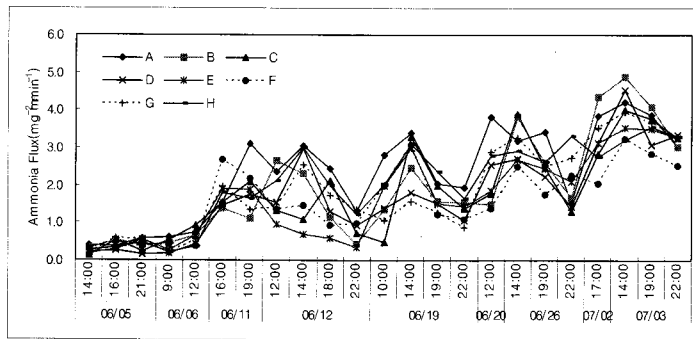


Fig. 1. Ammonia Flux by elapse of Sawdust for bedding.

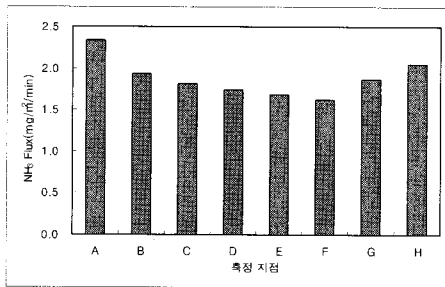


Fig. 2. Ammonia flux from sampling point (cell) of cow housing.

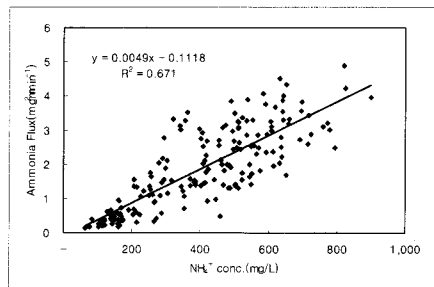


Fig. 3. The relationship between ammonia flux and ammonium concentration.

### 참고 문헌

- 국립환경과학원 (2005) 국가 대기오염물질 배출량 -연도별 배출량 추이(1999-2003년)-.
- 농림부 (2005) 농림통계연보.
- 농림부 (2007) 축사시설 현황 조사 결과.
- 사재환 (2006) 하수처리장의 악취물질 플럭스 산정을 위한 물질전달모형 개발, 한국대기환경학회지, 22(5), 701-711.
- 전의찬, 사재환, 박종호 (2005) 부유형 챔버를 이용한 하수처리장에서의 암모니아 배출계수 산정에 관한 연구, 환경영향평가학회, 14(5), 263-273.
- Adams, P.J. et al. (2001) Denal circulation model assessment of direct radiative forcing by the sulphate-nitrate-ammonium-water inorganic aerosol system, J. Geophys. Res. Atmos., 106, 1097-1111.