

## 양계장에서 입식 및 출하작업시 분진과 가스상 물질의 노출 측정 조사

김경란<sup>1</sup> · 김효철<sup>1,2,\*</sup> · 이경숙<sup>1</sup> · 채혜선<sup>1</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>2</sup>동핀란드 대학, 핀란드

## Exposure to Dust and Organic Gas during Chicken Entrance and Shipment Tasks in Poultry Farms

Kyung-Ran Kim<sup>1</sup> · Hyocher Kim<sup>1,2,\*</sup> · Kyungsuk Lee<sup>1</sup> · Hye-Seon Chae<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea

<sup>2</sup>University of Eastern Finland, Finland

### ABSTRACT

**Objectives:** This study was conducted to evaluate area exposure of airborne dust and organic gas during entrance and shipment of chicken in poultry farms

**Methods:** Total dust was measured with NIOSH method 0500. The volume of distributed dust and organic gas(Ammonia, TVOC, Hydrogen Sulfide) were measured using direct reading instrument .

**Results:** The range of concentrations of total dust in area sample was 0.07 ~ 4.91 mg/m<sup>3</sup> during the entrance of chicks and 4.37 ~ 9.46 mg/m<sup>3</sup> during shipment respectively. Concentration of ammonia reached approximately 9 ppm during shipment. There was a difference of concentration of total dust in the area sample between shipment and entrance tasks.

**Conclusions:** It was found that the development of a special intervention program by type of task should be considered for reducing respiratory health effects among poultry farmers.

**Key words:** total dust, organic gas, entrance, shipment, poultry

### I. 서 론

분업화 및 자동화가 된 일반 제조업과는 달리 자영농을 운영하는 축산 농업인은 모든 작업을 참여해야 하는 관계로 가축의 종류, 작업 유형에 따라 다양한 물리, 화학, 생물학적 유해요인에 노출되게 된다. 이런 유해요인들 중 기존에 많이 알려진 것들로는 분진, 온열환경, 황화수소, 인수공통감염병, 근골격계 및 안전사고 위험요인 등이 있는데, 축사 규모나 형태에 따라 정량적인 차이가 매우 클 수 있지만 비숙

한 유형의 축종끼리는 정성적으로 유사하게 노출되는 경향을 보여준다(Radon et al., 2001).

축산 농업인은 유기분진 독성중후군, 천식 등의 건강영향을 호소하는 것으로 알려져 있으며, 이러한 증상을 기존 역학 연구들에서 직업성 질환으로 확인되어 오고 있다(Radon et al., 2001; Faria et al., 2006; Rylander & Carvalheiro, 2006; Guillam et al., 2013). 이 중 양계 농업인은 전반적으로 높은 유병률의 만성 호흡기계 질환을 가지고 있었고, 분진에 많이 노출될수록 천식과 만성 호흡기계 건강질환의 유병률

\*Corresponding author: Hyocher Kim, Tel: +358-46-541-8061, E-mail: hyocher@gmail.com  
Institution of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland. Kuopio, Finland, 70211  
Received: November 4, 2014, Revised: December 4, 2014, Accepted: December 16, 2014

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 높은 것으로 보고되고 있다(Faria et al., 2006).

일반적으로 축사에서 심각한 건강영향을 일으키는 요인으로 의심되고 확인되는 유해요인은 분진과 황화수소, 암모니아 등이다. 특별히 축사 분진의 경우 흙 등과 같은 무기 물질과, 닭의 분변, 깃털, 사료 가루 등을 포함하는 유기물질로 이루어진 것으로 보고되고 있으며(HSE, 2009), 암모니아 등의 가스상 물질의 발생과 매우 밀접한 관련이 있다(Kim & Kim, 2003).

이러한 상황에서 기존의 축산작업자의 분진과 가스상 물질에 대하여 수행된 작업자 노출연구는 작업장의 특성에 대한 분진 노출 연구를 주로 수행하여 오고 있다(Seedorf et al., 1998; Shin et al., 2004; Le Bouquin et al., 2013). 그러나 대부분 축사나 닭의 일령 등과 연관된 노출 평가 연구였으며, 작업자가 축사 안에서 분진에 직접 노출되는 개별 작업별로 분진과 가스상 물질의 발생 특성을 평가한 연구는 거의 없는 상황이다.

시설개선과 역학 연구를 위해서는 축사 조건이나 전반적인 유해요인의 노출 평가를 하는 것이 맞으나, 작업자의 노출 저감 방안을 개발하기 위해서는 작업별로 분진과 가스상 물질의 발생 특성을 확인하는 것도 매우 중요하다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 양계 작업에서 분진과 가스상 물질이 많이 발생하는 작업으로 알려진 입식과 출하 작업에 대해서 공기 중 분진과 가스상 물질 농도의 특성을 비교함으로써 작업자 노출 개선 방안 개발의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상

측정대상 농가는 인제, 양구 지역의 육계를 1년에 4 ~ 6회로 사육하는 13개 농가를 선정하여 작업 평가를 수행하였으며, 분진과 유기가스 측정은 작업 일정이 측정팀의 측정 가능 일정과 일치가 된 2개 농가를 대상으로 수행하였다. 입식 작업 측정은 10월 초, 중순에 수행을 하였다. 하루 중 오전 12시부터 시작해서 오후 3시 경까지 병아리 박스를 축사 안으로 운반하고 병아리를 축사 안으로 푸는 작업에 대하여 측정을 하였다.

출하작업은 11월 초, 중순에 이루어지는 작업을 대상으로 측정을 하였으며, 오전 10 ~ 12시까지 약 2시

간 동안 출하할 닭을 몰고, 트럭에 실어 나르는 작업에 대해서 측정을 하였다.

### 2. 측정 및 분석 방법

본 연구에서는 총 분진 측정은 미국 산업안전보건 연구원에서 제시하는 방법(NMAM 0500)을 참조하여 37 mm PVC필터(225-8-01, SKC, USA)를 유량 2LPM으로 조정된 펌프(Aircheck 2000, SKC, USA)와 연결하여 지역 시료로 구별하여 분진을 포집하였다. 측정 위치는 직사각형 모양의 축사 안을 가로 4등분, 세로 4등분하여 가로 구분선과 세로 구분선이 만나는 지점을 중심으로 측정을 하였으며, 추가로 작업자가 돌아다니는 입구에 1 ~ 4개의 지역시료를 측정하였다.

포집된 분진의 양은 37 mm 카세트에 조립된 상태로 2일간 데시케이터에 보관하면서 습도와 온도 수준을 조절한 후 밸런스(Analytical plus, OHAUS, USA)를 이용하여 측정 전과 측정 후 필터의 무게의 차이를 분석하였다.

축사 내 시간대별 분진 노출량을 확인하기 위하여 Grimm사의 Portable Aerosol Spectrometer(PAS) 장비를 활용하여 분진의 입경별 농도(Inhalable, Thoracic, Alveoli dust)를 측정하였다. 시간대별 분진 측정과 더불어 가스상 물질의 시간대별 측정을 하였으며, 미국 Greywolf사의 직독식 가스 측정기구인 Direct-sensor TG-502를 활용하여 황화수소, 암모니아, TVOC에 대하여 축사 내에서 작업자 출입이 잦은 입구부분에서 작업을 방해하지 않는 위치에서 측정을 하였다. 사용된 직독식 가스 측정기구의 측정 범위 및 해상도는 다음 Table 1과 같다.

## III. 결 과

### 1) 작업방식 및 작업환경의 기본 특성

측정 대상 농장에서의 입식 작업인원은 1 ~ 3명이었으며, 출하 작업시에는 농장 작업자 외에 출하작업

**Table 1.** Range and resolution of direct reading instrument for organic gas

	TVOC(ppb)	NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S(ppm)
Range	0 ~ 20,000	0 ~ 1,000	0 ~ 80
Resolution	1	0.1	0.1

을 위한 별도의 작업자(3 ~ 6명)가 작업을 하였다. 사육규모는 약 10,000 ~ 20,000수 였으며, 바닥 깔개로 왕겨를 사용하였다.

입식 작업의 방식은 작업자가 병아리가 담긴 박스를 실은 트럭이 오면 박스를 축사 안으로 운반한 후, 박스를 풀어서 병아리를 축사 중앙으로 방사하는 방식으로 이뤄진다. 병아리가 상하지 않도록 하기 위해 박스 1개당 한 사람이 붙어서 병아리를 방사한다. 단 시간에 작업이 이뤄지므로 별도의 휴식시간은 존재하지 않으며, 병아리가 날지 못하는 관계로 별도의 차단막은 설치하지 않는다(Figure 1). 입식 작업 측정 당시의 온습도 조건은 평균 23.7℃, 습도 32.5%였다.

출하 작업은 출하용 트럭을 계사의 입구에 주차한 후 닭을 입구 쪽으로 몰은 후 트럭의 닭장 안으로 넣는 방식이 반복적으로 이루어진다(Figure 2). 이 때 닭이 날아가는 것을 방지하기 위하여 트럭이 주차된 입구부분을 최대한으로 막게 된다. 출하 작업시 입구 쪽으로 몰린 닭들은 놀라서 날개 짓을 하며 움직이

는데, 트럭 위 닭장에 놓여지면서도 날개 짓을 심하게 한다. 출하 작업 측정 당시의 온습도 조건은 평균 20.3℃, 습도 90.1%였다.

입식 작업의 측정 장소별로 총 분진의 시간가중평균 노출량(지역시료)는 Figure 3과 같다. 상자 운반의 경우 0.89 ~ 2.05 mg/m<sup>3</sup>의 노출량을 확인하였으며, 병아리 풀기 작업의 경우 0.07 ~ 4.91 mg/m<sup>3</sup> 수준으로 상자운반보다 노출 수준의 편차가 컸으나, 전반적으로 상자운반 작업보다는 병아리 풀기 작업시의 분진 노출 농도가 큼을 확인할 수 있었다.

입식 작업이 이루어지는 1개 축사를 대상으로 PAS를 활용한 축사 내 시간대별 입식 작업시의 분진의 노출량 변화를 측정한 결과 앞서 작업 장소별로 확인된 시간가중평균값과 마찬가지로 축사 내부로 상자를 운반 작업까지는 분진 농도가 일정한 수준으로 유지되다가, 상자에서 병아리 풀기 작업을 시작하



Figure 1. Entrance of chicks



Figure 2. Shipment of chicken

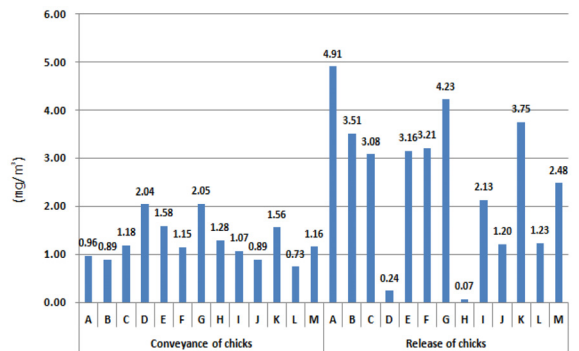


Figure 3. Time weighting concentration of total dust by type of measuring spots during entrance of chick

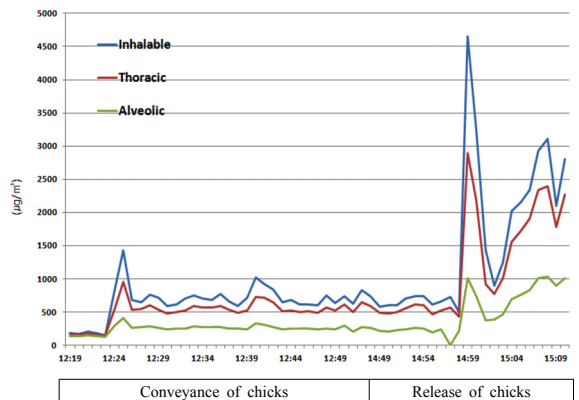


Figure 4. Dust concentration by time and task during entrance of chick

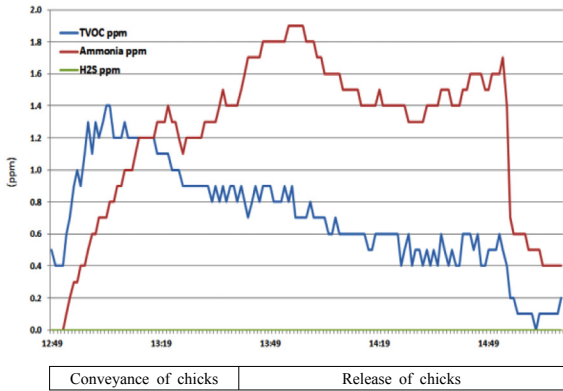


Figure 5. Concentration of organic gas by time and task during entrance of chick

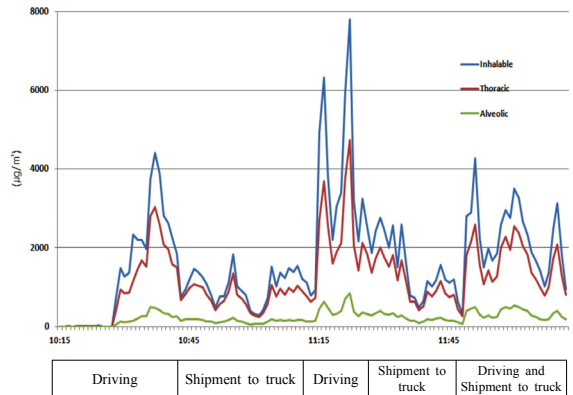


Figure 7. Dust concentration by time and task during shipment of chicken

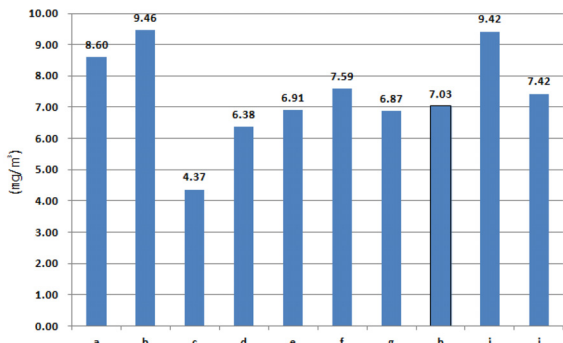


Figure 6. Time weighting concentration of total dust by type of measuring spots during shipment of chicken

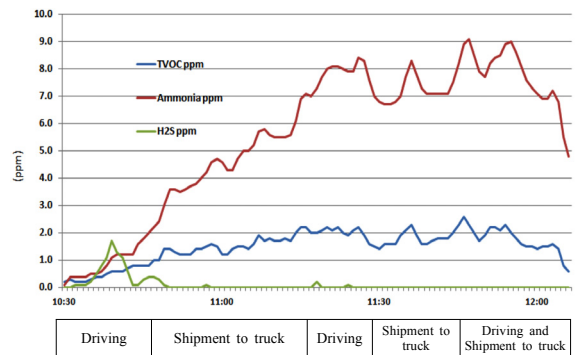


Figure 8. Concentration of organic gas by time and task during shipment of chicken

면서 분진 농도는 급격하게 변화를 하는 것을 확인할 수 있었다(Figure 4).

유기가스 노출은 박스를 운반하는 작업을 시작한 후 암모니아와 TVOC의 농도가 올라가다가(암모니아 : 최대 약 2 ppm, TVOC : 최대 약 1.4 ppm) 작업에 따른 변화가 크게 나타나지 않았다(Figure 5).

출하 작업의 측정 장소별로 총 분진의 시간가중평균 노출량(지역시료)는 Figure 6과 같다. 4.37 ~ 9.46 mg/m<sup>3</sup> 수준으로 입식 작업보다는 출하 작업시 분진 노출 농도가 매우 높음을 확인할 수 있었다.

출하 작업이 이루어지는 1개 축사를 대상으로 PAS를 활용한 축사 내 시간대별 입식 작업시의 분진의 노출량 변화를 측정한 결과는 Figure 7과 같다. 닭을 입구로 모는 작업 동안에는 분진의 농도가 전반적으로 올라가다가, 닭을 출하하기 위해 축사 문을 개방할 때에는 축사안의 분진 농도가 떨어짐을 확인

할 수 있었다. 입경별 분포 상으로는 입경이 큰 분진(Inhalable/thoracic dust)의 변화폭이 컸으며, 상대적으로 입경이 작은 분진(Alveoli dust)는 작업에 따라 변화가 작음을 확인할 수 있었다.

유기가스 노출은 앞서 입식 작업과는 달리 작업시작부터 암모니아와 TVOC가 꾸준히 상승을 하는 특성을 나타냈다. 특히 암모니아의 경우 최대 약 9 ppm 수준까지 발생하는 것으로 확인되었다(Figure 8). 황화수소는 작업 시작 초기에 약 1.7 ppm 수준까지 올라가다가 트럭에 닭을 넣기 위해 입구를 개방하는 순간부터 입식 작업과 마찬가지로 0 ppm에 수렴하는 특성을 보여주었다.

#### IV. 고 찰

본 연구에서는 육계 농장을 대상으로 하여 입식과

출하 작업 중의 공기중 분진 및 가스상 물질의 노출 수준에 대하여 지역시료를 측정하였다.

입식, 출하 작업 중 노출되는 총 분진(지역시료)의 시간가중평균 노출농도는 0.07 ~ 4.91 mg/m<sup>3</sup>(입식 작업), 4.37 ~ 9.46 mg/m<sup>3</sup>(출하 작업)으로 확인되었다.

국내의 경우 계사 내 분진 농도는 Shin et al.(2004)이 측사 내 총 분진 노출 농도를 측정한 결과 기하평균 4.0 mg/m<sup>3</sup>으로 보고하였으며, 국립축산과학원에 따르면, 국내에서 계사의 분진 노출농도는 1.1 ~ 26.1 mg/m<sup>3</sup> 수준인 것으로 보고하고 있다(NIAS, 2004). 국외의 경우 Viegas et al.(2013)은 7개 양계 농장에서 PM-10을 측정한 결과 1.4 ~ 15.2 mg/m<sup>3</sup>의 노출 수준을 확인하였으며, Basinas et al.(2012)은 계사 내 흡입성 분진의 노출 농도로 0.7 ~ 18.3 mg/m<sup>3</sup> 을 보고하였다. 이를 감안할 때 본 연구에서 측정한 분진 노출 농도는 기존 연구의 노출농도와 유사한 수준인 것으로 생각된다.

한편, Donham et al.(2000)이 양계작업작과 분진과의 건강영향의 연관성 분석결과를 토대로 제시한 권고 기준이 2.4 mg/m<sup>3</sup>(총 분진 기준)임을 고려해 볼 때 국내 농업인의 호흡기 건강영향이 전무하다고 말할 수 없다.

암모니아 등 가스상 물질의 농도는 입식 작업 최대 약 2 ppm, 출하 작업 최대 약 9 ppm 수준으로 고용노동부 기준인 25 ppm과 Shin et al.(2004)이 계사 내부의 암모니아의 지역시료 노출에 대하여 보고한 23.3 ppm(기하평균)보다 낮은 범위인 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 측정시 입식, 출하 작업 모두 측사입구가 병아리와 닭의 출입을 위해 일정부분 개방되어 있었기 때문에 자연 환기로 암모니아의 노출 수준이 낮아진 것으로 사료된다.

작업별로는 입식 작업에서 박스를 운반하는 작업보다 병아리 방사작업에서 통계적으로 유의하게 더 많이 분진이 발생하였다. 입식 작업시 방사작업에서 분진 농도가 높아진 것은 병아리의 활동이 분진농도

에 영향을 미쳤음을 의미하며, 이는 농업인에게 병아리를 방사하는 중에도 분진 노출에 주의해야 함을 의미한다. 또한 출하 작업이 입식 작업보다 통계적으로 유의하게 고농도의 분진에 노출되는 것으로 확인되었다(Table 2).

출하 작업에서 시간대별 분진 노출은, 계사를 폐쇄한 상태에서 닭을 출하하는 입구로 모는 작업 시에는 매우 높은 농도를 보이다가 출하를 위해 계사를 개방하고 작업을 하면서 급격하게 하강하였다. 그러나 암모니아와 TVOC는 작업초기부터 꾸준히 상승을 하여 최고 수준의 농도수준에 달했을 때 입식 작업의 약 6배 정도의 높은 농도를 보여주었다. 이러한 현상은 출하하기 위해 닭을 입구로 모는 과정에서 분진이 닭의 날개 깃으로 인해 발생하나 닭이 한곳에 몰려서 움직이지 못하는 상황에서는 분진이 덜 발생하였음을 의미한다. 가스상 물질의 경우에는 출하 초기 입구 개방으로 인해 암모니아 가스 농도가 내려가나, 닭의 출하를 쉽게 하기 위해 입구를 최대한 좁히는 과정에서 내부 분변에서 발생하는 암모니아와 TVOC가 내부에 축적이 되면서 나타난 현상으로 생각된다.

분진의 경우 닭의 날개 깃을 확인하거나 공기 중에 퍼진 분진으로 시야가 흐릿하게 보이는 영역을 확인함으로써 작업자가 안전보건 상의 주의를 할 수 있다, 그러나 가스는 냄새 외에는 별다른 인식 방안이 없으며, 또한 냄새에 따른 코의 감각 상실 등을 고려할 때 출하 작업시의 가스상 물질 노출은 분진과 더불어 같이 주의해야 하는 유해요인인 것으로 판단되며, 분진마스크가 아닌 방진과 방독을 겸하는 마스크의 착용이 필요할 것으로 생각된다.

일반적으로 출하 작업은 농장주가 아닌 출하를 대신 해주는 회사의 작업자(주로 외국인 노동자)가 수행한다. 1개 계사를 기준으로 출하 작업은 1년에 6 ~ 8회 이내로 이루어지 지기 때문에 육계 농업인의 경우 해당 작업 시기만 주의를 하면 되지만, 출하를 대

**Table 2.** Concentration of airborne total dust between tasks in entrance and shipment tasks(Unit : mg/m<sup>3</sup>)

	Entrance of chicks		Shipment of chicken (n=10)	p-value*
	Carrying of box(n=13)	Releasing(n=13)		
Arithmetic mean(SD)	1.27(0.42)	2.55(1.50)	7.41(1.52)	< 0.01

\* p-value among carrying, releasing in entrance of chicks and shipment of chicken by ANOVA

행해 주는 회사의 작업자의 경우 1년 내내 출하 작업을 수행할 수 있으며, 이로 인해 높은 농도 수준의 분진과 가스에 지속적으로 노출 될 수 있다. Seedorf et al.(1998)에 따르면 양계장에서 발생하는 분진에는 엔도톡신, 미생물 등의 유기분진이며, 이러한 분진들은 양돈사에서 발생하는 분진보다 더 다양하고 심각한 건강영향을 일으키는 것으로 보고하고 있다. 따라서 출하 작업을 전문적으로 담당하는 농작업자에게 장기간 개인 노출평가를 비롯한 좀 더 세분화한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

국내에서 방진벽, 환기설비 등과 같은 분진 저감 설비가 연구되고 있으나, 현실적으로 국내 육계농가의 영세성과 축사의 특성을 고려해 볼 때 농가가 비용을 들여서 육계사 내에 별도의 환기장치 등의 공학적인 개선을 하는 것은 매우 어렵다. 더불어 작업 유형별로 양계 작업자가 어떠한 호흡기 보호 프로그램을 수행해야 하는지에 대한 연구는 전무한 상황이다. Faria et al.(2006)은 계사 농업인을 위하여 호흡기 보호를 위한 별도의 안전보건 프로그램의 실행이 필요함을 강조하였다. 기존 문헌 등을 고려해 볼 때 국내에서도 별도의 호흡기 보호 프로그램이 필요할 것으로 생각되며, 본 연구에서 확인된 것처럼 작업별로 달라지는 유해요인의 노출 특성을 작업자에게 작업별로 정확한 정보를 알려주고 작업 특성에 맞는 개인보호구 착용을 강조하는 것이 축산 농업인과 관련 작업자의 농작업 재해 예방을 위한 첫걸음인 것으로 생각된다.

사람의 접근에 크게 영향을 안 받는 일반 제조업과는 달리, 살아있는 생명을 기르는 축산 농가는 조류독감, 구제역 등 가축 전염병에 취약하기 때문에 외부인의 출입을 쉽게 허용하지 않는다. 또한 측정 대상 인원이 여러 농장을 반복 방문하는 것에 대하여 농장주들이 극히 부정적이며, 만에 하나 방문했던 농장에 조류독감이 발생할 경우 여러 농장에 돌아다니는 측정팀의 보상시비가 생길 수 있었으므로 반복적인 농장방문이 불가능하였다. 본 연구의 수행년도인 2011년도에는 연초에 발생한 조류독감으로 1년 내내 농장 접근이 매우 어려운 상황이었으며, 이러한 상황에서 농장주에 대한 지속적인 설득작업을 통하여 본격적인 겨울이 시작되기 전인 10월 ~ 11월에서야 접근이 될 수 있었다.

이로 인해 본 연구는 연구 대상 농가가 강원 일부 지역의 농가로 한정되고, 축사에 반복 접근이 이루어지지 못하여, 충분한 수의 가스상 물질 노출 측정 결과를 얻지 못한 제한점이 있었다. 또한 1 ~ 6명의 작업자가 일하는 상황에서 각 작업 당 제한된 접근(1회 방문)을 통해서 분석에 충분한 개인노출 측정결과를 얻을 수 없었으며, 이로 인해 본 연구에서는 개인시료에 대한 분석을 수행하지 않았다.

그러나, 안전보건과 이를 통한 농업 노동력의 유지가 지속 가능한 농업, 농촌의 가장 필요한 조건 중의 하나임을 생각할 때, 단순 축사 조건에 따른 노출 평가보다, 작업별/농업인 입장에서의 지속적인 유해요인 노출 평가는 매우 필수적인 연구임이 확실하며, 향후 보다 적극적이고 지속적인 연구와 관심이 필요할 것으로 생각한다.

## V. 결 론

본 연구에서는 육계 농작업자의 작업 방식에 따른 공기중 분진 및 가스상 물질의 노출 특성을 비교하였다.

1. 입식 작업의 측정 장소별로 총 분진의 시간가중 평균 노출량(지역시료) 상자 운반의 경우 0.89 ~ 2.05 mg/m<sup>3</sup>의 노출량을 확인하였다, 병아리 풀기 작업의 경우 0.07 ~ 4.91 mg/m<sup>3</sup> 수준으로 전반적으로 상자운반 작업보다는 분진 노출 농도가 큼을 확인할 수 있었다.

2. 출하 작업의 측정 장소별로 총 분진의 시간가중 평균 노출량(지역시료) 4.37 ~ 9.46 mg/m<sup>3</sup> 수준으로 입식 작업보다는 분진 노출 농도가 매우 높음을 확인할 수 있었다.

3. 가스상 물질(암모니아, TVOC, 황화수소) 노출은 입식 작업에서는 암모니아가 최대 약 2 ppm, TVOC 최대 약 1.4 ppm 수준으로 발생하는 것을 확인하였다. 출하 작업의 경우 앞서 입식 작업과는 달리 황화수소를 제외하고는 작업시작부터 꾸준히 상승을 하는 특성을 나타내서, 암모니아의 경우 최대 9 ppm을 수준까지 발생하는 것으로 확인되었다.

따라서 작업간의 분진 및 가스상 물질의 노출 특성에 차이가 존재함을 고려하였을 때 단순 축사 조건에 따른 노출 평가보다, 작업별/농업인 입장에서의

지속적인 유해요인 노출 평가는 매우 필수적인 연구 임이 확실하며, 향후 보다 적극적이고 지속적인 연구와 관심이 필요할 것으로 생각한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ00648302)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Basinas I, Sigsgaard T, Heederik D, Takai H, Omland Ø, Andersen N T. Exposure to inhalable dust and endotoxin among Danish livestock farmers: results from the SUS cohort study. *J Environ Monit* 2012; 14(2): 604-614.
- Donham K J, Cumro D, Reynolds S J, & Merchant J A. Dose-response relationships between occupational aerosol exposures and cross-shift declines of lung function in poultry workers: recommendations for exposure limits. *J Occup Environ Med* 2000; 42(3): 260-269.
- Faria N M X, Facchini L A, Fassa A G, & Tomasi E. Farm work, dust exposure and respiratory symptoms among farmers. *Revista De Saúde Pública* 2006; 40(5): 827-836.
- Guillam M-T, Pedrono G, Le Bouquin S, Huneau A, Gaudon J, Leborgne R, et al. Chronic respiratory symptoms of poultry farmers and model-based estimates of long-term dust exposure. *Ann Agric Environ Med* 2013; 20(2): 307-311.
- HSE. Statement of evidence: Respiratory hazards of poultry dust. 2009; Available from: <http://news.hse.gov.uk/2009/04/02/statement-of-evidence-respiratory-hazards-of-poultry-dust/>
- Kim KY & Kim CN, Fluctuation of indoor air pollutants emitted from enclosed pig building in winter. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2003; 13(3): 191-197.
- Le Bouquin S, Huneau-Salaün A, Huonnic D, Balaine L, Martin S, & Michel V. Aerial dust concentration in cage-housed, floor-housed, and aviary facilities for laying hens. *Poult Sci* 2013; 92(11): 2827-2833.
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Exposure limits for chemical substances and physical Agents(MoEL Public Notice No. 2012-31). 2012; p. 42
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Method(0500) 1998; [cited 2014 Oct 30] Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf>
- National Institute of Animal Science(NIAS). Example of reduction of dust and odor in poultry house, 2004 [cited 2014 Oct 30], Available from: [www.nias.go.kr/envi/DataFileDown.nias?fileid=13538](http://www.nias.go.kr/envi/DataFileDown.nias?fileid=13538)
- Radon K, Weber C, Iversen M, Danuser B, Pedersen S, & Nowak D. Exposure assessment and lung function in pig and poultry farmers. *Occup Environ Med* 2001; 58(6): 405-410.
- Rylander R, & Carvalheiro M F. Airways inflammation among workers in poultry houses. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79(6): 487-490.
- Seedorf J, Hartung J, Schröder M, Linkert, K H, Phillips V R, Holden M R, et al. Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *J Agr Eng Res* 1998; 70(1): 97-109.
- Shin CI, Lee KS, Kim KR, Kang TS, Paik NW. A study on exposures to organic dusts and ammonia in poultry confinement buildings. *Korean J of Rural Med* 2004; 29(2) : 303-314
- Viegas S, Faisca V M, Dias H, Clérigo A, Carolino E, & Viegas C. Occupational exposure to poultry dust and effects on the respiratory system in workers. *J Toxicol Environ Health, Part A* 2013; 76(4-5): 230-239