

## 육용계사내 浮遊먼지의 粒度 分布에 관한 연구

김종오 · 용준환

동남보건전문대학

(1993. 3. 15. 접수)

### A Study on the Size Distribution of Suspended Particulate in Broiler Houses

Jong-Oh Kim, Joon-Hwan Yong

Dong Nam Junior Health College

(Received March 15, 1993)

#### SUMMARY

Environmental measurements were made in 10 broiler confinement houses in order to characterize dust contaminants. Particles were collected by filters on nine stages Andersen Air Sampler.

The obtained results were summerized as follows;

1. The concentrations of the total suspended particles(TSP) were 7.584 mg /m<sup>3</sup>~11.589 mg /m<sup>3</sup> in 10 day old broiler houses and 15.836 mg /m<sup>3</sup>~22.471 mg /m<sup>3</sup> in 30 day old broiler houses.
2. The concentrations of the coarse particles were 4.974 mg /m<sup>3</sup>~18.981 mg /m<sup>3</sup> in 10 broiler confinement houses. Therefore, it was found that the coarse particles contributed to TSP between 65.6% and 85.0%.
3. The dust levels were higher in 30 day old broiler houses with TSP averaging about 19.341 mg /m<sup>3</sup> than 9.491 mg /m<sup>3</sup> in 10 day old broiler houses.

In view of the above results, It was concluded that domestic broiler houses need artificial ventilation system.

#### I. 서 론

국내 양계업은 최근에 들어와 시설의 대형화 및 자동화를 통하여 완전한 기업양계로 급속히 전환되는 과정에 있으나, 아직은 여타의 산업에 비하여 인력에 의한 노동집약적인 것이 현실이다. 따라서 생산성의 극대화를 위하여 노동력 절감과 열 에너지의 효율적인 이용이 절실히 요구되어 계사의 공간은 축소되고 있으며, 또한 겨울철에는 혹한에 대비한 보온 관계로 계사는 거의 밀폐되어 있어 계사내 환기 상태는 때에 따라서 사육되고 있는 닭 자체 뿐만 아니라, 관리자에게도

심각한 영향을 끼치는 것으로 알려지고 있다<sup>2,3)</sup>.

계사내 공기오염물질은 계분이나 깔짚 등의 미생물 분해 및 계군의 호흡이나 보온을 위한 연료의 연소시 발생하는 여러 유해가스와 birdbreeder's lung을 유발시키는 깔짚, 털, 사료 및 계분 등의 유기물성 입자, 즉 먼지로 대별된다<sup>4,5)</sup>.

먼지란 물체가 여러 힘에 의하여 파쇄된 입경 0.005~500 μm에 달하는 미세한 입자로 사람과 동물의 눈, 피부 등을 자극하여 염증과 궤양을 일으키고 치아를 부식시키는 산·알칼리의 자극성 먼지, 중추신경계나 신장 및 조혈장기 등 특정한 장기에 작용하여 급·만성의 장애를 일으키는 중금속 등을 함유한 전신중독

성 먼지, 천식이나 습진을 일으키는 꽃가루나 동물의 털과 같은 알러지성 먼지, 폐조직에 섬유 증식을 유도하는 석면과 같은 진폐증을 일으키는 먼지, 그리고 비교적 용해성이 작은 탄소와 같은 비활성 먼지로 구분한다<sup>1,7)</sup>.

일반적으로 대기 중의 먼지를 포집시 입경  $2\mu\text{m}$ 를 전후로 그 양측에 peak를 갖는 bimodal distribution를 나타내는데, 큰쪽을 coarse particle, 작은 쪽을 fine particle이라고 한다. 또 입경  $10\mu\text{m}$  이하의 입자들은 오랜 시간 공기중에 떠 있어서 이를 suspended particle이라고 하며, 이들 중  $5\sim 0.5\mu\text{m}$ 의 입자들은 호흡기계에 가장 많은 영향을 미쳐 respirable dust라 하여 보건학적 유해성 평가에 자주 이용된다. Respirable dust 중 인체의 기도에 들어온 것들이 호기시 다시 배출되기 위해서는 입경이  $2.5\mu\text{m}$  이상이어야 하며, 폐포에 침착율이 가장 높은 먼지는 입경  $0.1\sim 2.5\mu\text{m}$ 인 것으로 알려져 있다<sup>5,6)</sup>.

본 연구자들은 국내 축산업의 환경위생을 조사하기 위하여 계사내의 공기오염 물질 중 먼지의 농도와 입경분포를 측정하여 양계산업의 생산성 향상과 이에 중사하는 관리자들의 건강장해를 예방하는데, 그 기초자료로 제시하는 바이다.

## II. 실험 방법

### 1. 시료채취장치

육용계사내 부유먼지의 입도분포를 측정하기 위하여 分級捕集이 가능한 Andersen air sampler (Kanomax사 Model 3351)을 이용하였으며, 시료의 0부터 7 stage의 포집여지로서는 polyethylene sheet ( $\phi 80\text{mm}$ , 약  $15.5\text{mg}/\text{cm}^2$ ), 그리고 back up filter로서는 Quartz fiber filter (Kanomax사 Model 0502)를 사용하였다(Fig. 1, Table 1).

### 2. 실험방법

시료를 포집하기 전에 quartz fiber filter와 polyethylene sheet를 desicator에 넣어 48시간 방치한 후에 무게를 칭량하였으며, 시료채취는 각 계사 중앙 부라고 생각되는 지점을 택하여 채취기의 흡입구를 바닥에서 약 1.2m 높이에 위치하게 설치한 후 흡입공기량을  $28.3\ell/\text{min}$ 으로 조정하여 4시간 동안 작동시켰

다. 시료포집 후에도 filter와 sheet를 시료 포집전과 같은 방법으로 방치한 다음 무게를 칭량하여 시료의 포집 전·후의 무게차에 의하여 먼지의 농도를 구하였다.

### 3. 실험기간 및 장소

본 실험의 시료는 1993년 1월 5일에서 1993년 2월 15일 사이에 경기도 여주군에 위치한 2곳의 육용계 농장에서 각 농장별 2동씩으로 4동, 그리고 화성군에 위치한 1곳의 농장에서 1개동, 모두 5동의 브로일러 계

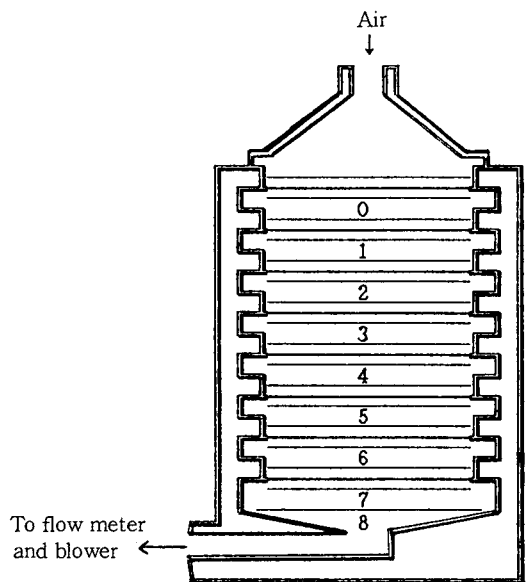


Fig. 1. Andersen Sampler(0~7:Stainless steel, 8:Backup filter)

Table 1. Size separation of each stages.

Stage	50% Cut off ( $\mu$ )
0	11
1	7.0
2	4.7
3	3.3
4	2.1
5	1.1
6	0.63
7	0.43
8	(0.08)

사를 측정하여 채취하였는데, 초생추 때와 털갈이 무렵의 계사내 먼지농도를 비교하기 위하여 계군의 10일령시(A~E)에 1차 시료를 채취한 후 20일이 지난 다음, 즉 30일령시(A~E) 동일 계사에서 1차와 똑같은 방법으로 2차 시료를 채취하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 시료채취 계사와 계군별 현황

본 실험의 시료채취에 이용된 계사와 계군의 일반적 사항은 각 계사에 비치된 사육일지와 관리자의 의견, 그리고 해당 계군을 분양한 부화장의 부화 및 분양일지를 참조하였다.

계사의 형태는 5개동 모두가 국내 육용계사의 주종을 이루는 비닐과 천 등을 사용하여 지은 것으로 평균 넓이는 330m<sup>2</sup> 이었고, 사육 방식 역시 모두 바닥에 보통의 톱밥을 깔아놓은 평사였다. 또한 E동을 제외한 4개동은 급수 및 난방의 자동화 시설을 갖추고 있었으나 급이는 전적으로 관리자의 노동력에 의존하고 있었으며, 특히 모든 계사의 환기는 계군의 일령에 관계없

이 자연환기에 의존하고 있었다.

사육밀도는 10일령시 약 40수/m<sup>2</sup>, 30일령시는 약 4수/m<sup>2</sup>이었는데, 5개동 공히 전면이나 후면의 일부를 비닐 등으로 칸막이를 하여 초생추 분양 당일, 즉 1일령부터 육추실로 사용하다 계군의 일령이 증가함에 따라 칸막이를 이동시켜 면적을 넓혀서 사육밀도를 조절하는 방식을 택하고 있었다.

#### 2. 계사내 부유먼지의 입도별 농도

본 실험기간중 채취한 시료의 분석결과에 의한 각 계사별 부유먼지의 입도별 농도와 총부유먼지량(TSP)은 Table 2 및 Table 3과 같다.

10일령 계군이 수용된 각 계사의 총부유먼지량은 7.584~11.589mg/m<sup>3</sup>이었고, 30일령시의 2차 측정에서는 15.836~22.471mg/m<sup>3</sup>이었는데, 이는 William 등<sup>8)</sup>이 보고한 7일령 계사에서의 총부유먼지량인 1.4~4.6mg/m<sup>3</sup>과 30일령 계사의 총부유먼지량 9.2mg/m<sup>3</sup> 보다 훨씬 높은 수치를 나타냈다.

이러한 차이는 계사의 환경, 즉 계사의 구조나 급수, 급이 및 난방시설, 그리고 계군의 사육밀도 등 여러가

**Table 2.** Size distribution of dust in broiler houses - 10 day old chicks -

(unit:mg /m<sup>3</sup>)

Buildings	Filter Stage									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	BUF*	
A-1	0.966	4.935	1.013	0.495	0.530	0.259	0.117	1.013	0.448	9.740
B-1	0.884	2.216	1.145	0.314	0.415	0.214	0.251	0.931	1.214	7.584
C-1	1.986	4.895	1.143	0.479	0.488	0.376	0.356	0.879	0.987	11.589
D-1	1.314	3.725	1.981	0.312	0.215	0.141	0.104	0.994	1.371	10.157
E-1	0.886	2.987	1.081	0.362	0.433	0.215	0.216	0.987	1.219	8.386

BUF : backup filter.

**Table 3.** Size distribution of dust in broiler houses - 30 day old chicks -

(unit:mg /m<sup>3</sup>)

Buildings	Filter Stage									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	BUF*	
A-1	1.536	8.581	3.923	0.518	0.141	0.283	0.153	0.530	1.743	17.437
B-1	1.236	7.874	8.213	0.618	0.214	0.315	0.217	1.641	1.024	21.352
C-1	1.896	8.125	2.018	0.312	0.165	0.168	0.287	1.021	1.844	15.836
D-1	1.213	9.345	4.267	0.286	0.215	0.326	0.157	1.876	1.921	19.606
E-1	1.024	7.541	9.922	0.326	0.168	0.518	0.152	0.923	1.897	22.471

BUF : backup filter.

지 원인으로 비교·설명될 수 있으나 가장 큰 이유는 환기시설의 차이라고 생각된다. William 등의 실험계사들은 모두 직경 약 90cm 정도의 팬 fan을 이용하여 3CFM/bird의 강제환기방식으로 계사내의 공기 청정도를 유지하고 있으나, 본 연구자들의 측정계사는 모두가 자연환기에 의존하고 있었다.

### 3. 조대입자와 미세입자의 농도

채취한 시료에서 입경  $2.1\mu\text{m}$ 를 기준으로 큰쪽인 조대입자와 작은 쪽, 즉 폐포에 침착율이 높은 입경인 미세입자의 농도는 Table 4 및 Table 5에서와 같이 10일령 계사에서는 조대입자가  $4.974\sim 7.903\text{ mg/m}^3$ , 미세입자가  $1.837\sim 2.637\text{ mg/m}^3$ 로 총면적중 조대입자의 비율인 C. P/T. A는  $65.6\sim 81.1\%$ 였고, 30일령 계사에서는 조대입자  $12.516\sim 18.981\text{ mg/m}^3$ , 미세입자  $2.709\sim 4.280\text{ mg/m}^3$ , 그리고 C. P/T. A는  $78.2\sim 85.0\%$ 로 나타나 모두 미세입자보다는 조대입자가 많았다. 이러한 결과는 계사내 부유먼지의 주성분이 가스상 물질들인 2차 입자보다는 깔짚, 사료, 깃털 및 계분 등의 거대 유기물성 입자가 계군의 활동이나 공기의 이동에 의하여 발생된 1차 입자들이 차지

하고 있기 때문이라고 사료된다.

### 4. 10일령과 30일령 계군에서의 먼지의 입도별 평균 농도 비교

비교적 어린 일령의 계군을 수용하고 있는 계사내 환경과 털갈이와 같은 먼지의 유출원이 다양해진 중추 이상의 계군이 있는 계사내 환경을 비교하고자 동일 계사 및 계군에서 10일령시와 30일령시의 2회에 걸쳐서 채취한 시료의 분석결과 총부유먼지량의 5개동 평균치는 10일령시(A~E)에는  $9.494\text{ mg/m}^3$ 이었던 것에 비하여 30일령시(A~E)에는  $19.341\text{ mg/m}^3$ 으로 훨씬 높게 나타나 계군의 일령이 많아질수록 적절한 환기 대책이 절실히 요구되었다(Table 6).

또한 이러한 수치는 본 실험에서와 같은 floor 사육 방식의 육용계사내 총부유먼지량을 조사·보고한 William 등<sup>8)</sup>의  $4.4\text{ mg/m}^3$ 와 Carlsson<sup>2)</sup>의  $9\sim 17\text{ mg/m}^3$ , 그리고 cage 사육방식의 계사내 총면적량인 Clark, 등<sup>3)</sup>의  $2.3\text{ mg/m}^3$ 보다 훨씬 높은 것으로 국내 양계장의 환경개선이 필요함을 말해주고 있었다.

**Table 4.** Concentration of coarse and fine particles -10 day old chicks-

Buildings	Coarse particle (mg/m <sup>3</sup> )	Fine particle (mg/m <sup>3</sup> )	C.P/T.A* (%)
A-1	7.930	1.837	81.1
B-1	4.974	2.610	65.6
C-1	8.991	2.598	77.6
D-1	7.547	2.610	74.3
E-1	5.749	2.637	68.6

C.P/T.A: Coarse particles/total particles.

**Table 5.** Concentration of coarse and fine particles -30 day old chicks-

Buildings	Coarse particle (mg/m <sup>3</sup> )	Fine particle (mg/m <sup>3</sup> )	C.P/T.A* (%)
A-2	14.728	2.709	84.5
B-2	18.155	3.197	85.0
C-2	12.516	3.320	79.0
D-2	15.326	4.280	78.2
E-2	18.981	3.490	84.5

C.P/T.A: Coarse particles/total particles.

**Table 6.** Comparison of TSP in 10 and 30 days old broiler houses

Buildings	Average levels -each 5 buildings- (unit-mg/m <sup>3</sup> )		
	TSP	Coarse particles	Fine particles
A-1~E-1	9.494	7.033	2.458
A-2~E-2	19.341	15.941	3.400

## IV. 결 론

국내 양계장들의 환경위생 수준을 점검하여 생산성 향상과 종사자들의 건강장해 예방을 위한 기초 자료를 제공코져 1993년 1월부터 2월에 걸쳐 10일령의 육용계사 5개동과 30일령의 육용계사 5개동을 대상으로 계사내 총부유 먼지량과 입도분포에 관한 실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 육용계사내 총부유 먼지량은 10일령의 계사에서는 7.584~11.589 mg/m<sup>3</sup>이었고, 30일령의 2차 측정에서는 15.836~22.471 mg/m<sup>3</sup>이었다.
2. 입경 2.1 $\mu$ m를 기준으로 한 C. P /T. A는 10일령시에 65.6~81.1%, 30일령시에는 78.2~85.0%으로 나타나 계사내 부유먼지의 구성에 조대입자의 기여도가 많음을 보여 주었다.
3. 10일령시 계사의 5개동 총부유 먼지량의 평균은 9.494 mg/m<sup>3</sup>이었으나 30일령시에는 19.341 mg/m<sup>3</sup>로 훨씬 높게 나타났다.

이상의 결론으로 볼 때 국내 육용계사의 환경위생상태를 개선하기 위하여 적절한 환기시설이 요구되고 있었으며, 계군의 일령이 증가함에 따라 더욱 절실함을 보여주었다.

## V. 인용문헌

1. 서부갑, 서광석, 박종웅. 1989. 최신환경위생. 도서출판 대학서림 :352-354.
2. Carlsson, B. O. 1971. Environmental hygiene problems associated with broiler production. Nord. Hyg. Tidskr. 52:22-31(1971).
3. Clark, S., R. Rylander and L. Larson. 1983. Airborne bacteria, endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44:537-541.
4. Noble, W.C., O.M. Lidwell and D. Kingstone. 1963. The size distribution of airborne particles carrying microorganisms. J. Hygiene 61:385-391.

5. Olenchock, S., S. Lenhart and J. Mull:occupational exposure to airborne endotoxins during poultry processing. J. Toxicol. Environ. Health 9:339-349(1982).
6. Thad Godish. 1988. Air quality. Lewis publishers,INC. :136-138.
7. Thedell, T., J. Mull and S. Olenchock. 1980. A brief report on gram-negative bacterial endotoxin levels in airborne and settled dusts in animal conginement buildings. Am. J. Indust. Med. 1:3-7.
8. William Jones, Kathy morring, stephen A. Olenchock, Ted Williams and John Hickey. 1984. Environmental study of poultry confinement buildings. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 45 (11):760-766.