소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창자돈사의 최적 환기 요건에 관한 연구

이승주 장동일 황선호 Winson M. Gutierrez 장홍희

Necessary Conditions for Optimal Ventilation of Small Negative Pressure Ventilating Piglet House with Corridor and Attic for Preheating

S. J. Lee D. I. Chang S. H. Hwang W. M. Gutierrez H. H. Chang

Abstract

This study was carried out to determine necessary conditions for optimal ventilation of small windowless piglet house (4.0 (W) × 11.0 (L) × 2.6(H) m) with corridor and attic for preheating using CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation. The experimental weaning piglet house was consisted of a corridor, an attic, 4 rooms (3.0 (W) × 2.75(L) m), 3 fences (0.7(H) m), 5 air inlets and 2 exhaust fans (0.4 (D) m) and simulated using CFD code, FLUENT. The simulation results for the experimental weaning piglet house showed that each room was uniformly ventilated under all the experimental conditions and air velocities at 0.1 m above floor are less than 0.15 m/s for 0.75 m/s and 1.0 m/s of air inlet velocity but 0.61 m/s for 1.25 m/s. The simulation results are similar to the measured results. Considering the air flow pattern, ventilating efficiency, air velocity at 0.1 m above floor and cold stress of weaning piglets and so on, the optimum velocity of air inlet might be 1.0 m/s.

Keywords : Weaning piglet house, Preheating, Ventilation, CFD simulation, Air inlet

1. 서론

국가의 경제가 계속 발전함에 따라 돼지고기의 소비가 꾸준히 증가하는 추세가 나타나고 있다. 이러한 돼지고기의 꾸준한 소비 증가로 인하여 양돈가의 수가 감소해왔음에도 불구하고 돼지 사육두수가 점차 증가해왔다. 다시 말해서 양돈장의 규모가 계속해서 대형화 및 기업화 되고 있는 상황이다 (NAPQMS, 2007). 이처럼 양돈장의 규모가 대형화 및 기업화 됨에 따라 어떤 질병 또는 어떤 환경요인에 의하여 폐사율의 증가 또는 생산성의 저하가 조금만 나타나도 그 해당 양돈가는 경제적으로 막대한 피해를 볼 수밖에 없는 실정에 있다.

가장 이상적인 것은 처음에 돈사를 건축할 때 이미 향후 양돈 규모 확대에 따른 돈사 증축 계획이 수립되어 있어야 하며, 양돈 규모 확대의 필요성에 따라 자연스럽게 돈사를 증축해야 문제가 발생되지 않는다. 그러나 대부분의 양돈가는 경제적 문제, 부지 문제, 양돈 규모 확대의 유리성에 대한 지식 부족 그리고 기타 여건 때문에 미래의 규모 확대에 대한 계획을 수립하지 못한 상태에서 양돈을 시작하였다. 이로 인하여 소규모의 돈사에 대한 연구결과나 설계기준이 미비된 상태에서 개인의 생각으로 소규모의 돈사를 여러 동으로 건축하는 현상이 전국적으로 나타나게 되었다. 즉 연교차 또는 일교차가 매우 큰 기후특성을 가지고 있는 우리나라에서 검

This work was financially supported by Agricultural R&D Promotion Center(ARPC). The article was submitted for publication on 2010-07-20, reviewed on 2010-11-10, and approved for publication by the editorial board of KSAM on 2010-11-25. The authors are Seung Joo Lee, Ph. D. Candidate and Research Associate, KSAM member, Dong Il Chang, Professor, KSAM member, Division of Bioresources Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea, Seon Ho Hwang, Research Associate, Winson M. Gutierrez, Ph. D. Candidate and Research Associate, Hong Hee Chang, Associate Professor, KSAM member, Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea. Corresponding author: H. H. Chang, KSAM member, Associate Professor, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea; Fax: +82-55-751-5510; E-mail: <hhcahng@gnu.ac.kr>.

증되지 않은 돈사가 수없이 많이 건축되는 현상이 나타난 것이다. 이에 따라 돈사 내부의 환경이 돼지의 적정사육환경으로 유지되지 않아 돼지의 호흡기 질병이 다발하고 있고 폐사율이 5~40% 정도로 매우 높게 나타나고 있다(KASV, 2006).

만약 환기가 균일하게 되지 않으면, 돈사 내 위치별로 온도의 편차, 공기질의 편차, 그리고 풍속의 편차 등이 크게 나타나게 되고 이로 인하여 호흡기 질병과 폐사가 다발할 수 있다. 따라서 무창돈사의 환기에 있어서 가장 중요한 것은 위치별 환기의 균일성이다. 또한 돼지 키 높이 위치에서의 풍속은 더울 때에는 더위 스트레스 경감을 위한 수준으로 그리고 추울 때에는 추위 스트레스를 유발시키지 않는 수준으로 유지되어야 한다. 특히 풍속에 민감한 자돈을 사육하는 자돈사의 경우에는 풍속을 적정 수준으로 유지하는 것이 매우 중요하다(Wathes and Charles, 1994).

환기의 균일성과 돼지 높이에서의 풍속을 평가하는 방법에는 연기를 피우는 방법, 풍속을 직접 측정하는 방법, CFD (Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 하는 방법 등이 있다. 이중에서 CFD 시뮬레이션 방법은 컴퓨터로 수치 계산 및 시뮬레이션을 수행하여 환기의 균일성과 돼지 높이에서의 풍속 등에 대한 결과를 예측·분석할 수 있는 방법으로서 환기해석에 광범위하게 적용되고 있다(Mistriotis et al., 1997; Bjerg et al., 2002; Lee et al., 2008).

따라서 본 연구는 현재 국내에 보급되어 있는 소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창자돈사에 대하여 환기량과 입공기의 풍속 별로 CFD 시뮬레이션을 실시한 후 자돈의 생산성에 영향을 미치는 환기의 균일성, 자돈 높이에서의 풍속 등의 설계기준을 제시하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실험돈사

본 연구에 사용된 소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창자돈사는 그림 1과 그림 2처럼 돈방이 4개 있는 폭 4.0 m, 길이 11.0 m, 높이 2.6 m의 크기로 된 돈사이다. 이 실험돈사의 적정 수용두수는 100두였고, 돈방 사이에 설치된 펜스(fence)의 높이는 뜰바닥으로부터 0.7 m이었다. 정면 벽 2.0 m 높이에 입기구가 5개 설치되어 있었으며, 정면 벽 1.6 m에 2조의 배기팬(직경 : 0.4 m)이 설치되어 있었다.

환기 풍속에 민감한 이유자돈은 피하지방층과 털이 발달하지 못하여 특히 추위 스트레스에 민감하다. 이러한 이유자돈의 추위 스트레스를 최소화하기 위하여 국내에서는 외부의 신선한 공기가 돈사 내 돈방으로 유입되는 과정에서 최대한 예열될 수 있는 소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창돈사를 주로 사용한다. 이러한 자돈사의 공기 유입 방법은 그림 1과 그림 2에서 알 수 있듯이 외부공기가 돈사의 복도로 유입되어 1차적으로 예열된 후 다시 더그매로 유입되어 2차적으로 충분히 예열된 다음 최종적으로 실제로 돼지가 사육되고 있는 돈방으로 유입되는 방법이다.

실험돈사의 급이방식은 습식급이를 인력으로 실시하고 있었으며, 21일령에 이유된 약 7 kg의 이유자돈들이 입식되어 4주간 사육되었다.

나. CFD 시뮬레이션

본 연구에서는 실험돈사에 대하여 표 1에 제시된 환기량,

Fig. 1 Photograph of the experimental windowless piglet house with corridor and attic for preheating.

Fig. 2 Schematic diagram of the experimental windowless piglet house with corridor and attic for preheating.

입기구 풍속별로 CFD 시뮬레이션을 실시하였으며, 이때의 입기구 수는 5개였다.

Gambit(Ver. 2.2, ANSYS Inc., Canonsburg, PA, U.S.A.)을 이용하여 실험돈사의 체원과 동일하게 시뮬레이션을 위한 돈사를 모델링하였다. 이때 틈바닥은 공기유동형태에 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단하여 모델링에 포함시키지 않았다. 격자망의 수가 많으면 많을수록 CFD 시뮬레이션 시 계산시간이 길어지는 대신에 계산의 정확도가 높아질 수 있다. 반면에 격자망의 수가 적으면 적을수록 CFD 시뮬레이션 시 계산시간이 짧아지는 대신에 계산의 정확도가 낮아질 수 있다. 따라서 계산시간과 정확도를 고려하여 그림 3과 같이 입기구와 배기팬 부근의 격자망은 다른 부분에 비하여 좀 더 조밀하게 생성하였으며, 격자망의 총 개수는 약 42만개이었다.

MWPS-34에서 권장하고 있는 동절기 두당 최소 환기량(0.0566 CMM/head), 환절기 두당 중간 환기량(0.2830 CMM/head) 및 하절기 두당 최대 환기량(0.7075 CMM/head)에 근거하여 이유자돈 100두를 위한 총 최소 환기량, 총 중간 환기량, 그리고 총 최대 환기량을 계산한 결과, 각각 $0.0943 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.4717 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.1792 \text{ m}^3/\text{s}$ 이었다(MWPS, 1977). 100두 총 환기량에 입기구의 풍속인 0.75 m/s, 1.00 m/s, 1.25 m/s로 나

누어 입기구의 면적을 산출하였다. 외부공기가 복도와 더그매의 예열공간을 통과한 후 입기구를 거쳐 최종적으로 실험돈사 내부로 유입되는 조건 하에서 실험돈사의 공기유동형태를 분석하고자 Fluent(Ver. 6.2, ANSYS Inc., Canonsburg, PA, U.S.A.)로 3차원 CFD 시뮬레이션을 실시하였다. 3차원 CFD 시뮬레이션 결과를 토대로 하여 환기량, 입기구 풍속 및 크기별로 틈바닥 위 0.1 m 높이에서의 공기유동형태를 분석함으로써 균일한 환기와 적정 풍속 유지 등을 위한 입기구의 풍속 및 입기구의 크기 등을 구명하였다.

자연환기가 아닌 강제환기 시에는 환기팬을 이용하여 인공적으로 공기를 유동시키기 때문에 공기유동형태에 대한 영향을 비교해 볼 때 인공적인 공기유동효과에 비하여 열부력의 효과는 매우 미미하다. 따라서 CFD 시뮬레이션 시 열부력의 효과를 배제하고 실시하였다. 또한 거시적 측면에서 돼지의 존재 여부가 환기의 전체적 균일성에 거의 영향을 미치지 않기 때문에 돼지가 없는 상태에서 CFD 시뮬레이션을 실시하였다. 이때 적용한 난류모델은 표준 k- ϵ 모델이었으며, 연속 방정식에 나타나는 항들의 이산화에는 PRESTO 스킴을 적용하였고, 해의 수렴기준은 continuity와 velocity의 경우 10^{-3} , energy의 경우 10^{-6} 이하였으며, CFD 시뮬레이션 시에

Table 1 Simulation models of the negative pressure ventilating piglet house with corridor and attic

Simulation models	Total ventilating rate(CMM)	Velocity of air inlet(m/s)	Size of air inlet(cm×cm)	No. of air inlets
Vent_Mini×Vel_Mini	5.85	0.75	20×13	5
Vent_Mini×Vel_Med	6.00	1.00	20×10	5
Vent_Mini×Vel_Max	6.00	1.25	20×8	5
Vent_Med×Vel_Mini	31.50	0.75	20×70	5
Vent_Med×Vel_Med	31.20	1.00	20×52	5
Vent_Med×Vel_Max	30.80	1.25	20×41	5
Vent_Max×Vel_Mini	77.80	0.75	20×173	5
Vent_Max×Vel_Med	78.00	1.00	20×130	5
Vent_Max×Vel_Max	77.20	1.25	20×103	5

(a) Before meshed

(b) After meshed

Fig. 3 Experimental piglet house before and after meshed using Gambit.

Table 2 Input values and solvers of the CFD model for experimental piglet house

Input conditions and properties		Analysis model	
Property	Value		
Density (kg/m^3)	1.225	Solver	Pressure Based
Cp (Specific heat, $\text{J/kg}\cdot\text{K}$)	1006.43	Formulation	Implicit
Thermal conductivity ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	0.0242	Time	Steady
Operating pressure (Pa)	101,325	Velocity Formulation	Absolute
Viscosity ($\text{kg/m}\cdot\text{s}$)	1.7894e-05	Gradient option	Gree-Gauss Cell Based

입력한 사양과 분석모델은 표 2와 같다.

다. CFD 시뮬레이션 모델의 검증

소규모 복도-더그매 예열 무창자돈사에 대하여 환기량과 입공기의 풍속 별로 CFD 시뮬레이션을 한 CFD 모델의 타당성과 정확성을 검증하기 위하여 입기구의 풍속, 각 환기량 및 입공기 풍속 별 돈방 내 틈바닥 위 0.1 m 높이에서의 풍속 등을 풍속계 SY-MPM(SUNYOUNG SYSTEC Inc., Daejeon, Korea)로 측정하였다. 배기팬의 풍속은 2개 중 왼쪽에 위치한 배기팬의 중앙에서 측정하였고, 입기구의 풍속은 5개 중 중앙에 위치한 입기구의 중앙에서 측정하였으며, 돈방 내 틈바닥 위 0.1 m 높이에서의 풍속은 각각의 돈방 중앙에서 측정하였다. 모든 시뮬레이션, 측정 및 평가는 전체적인 측면에서 볼 때 돼지가 없는 상태로 가정하고 그 결과를 평가해도 큰 문제가 없기 때문에 돼지가 없는 상태에서 이루어졌다. CFD 시뮬레이션 결과와 실제 측정 결과를 비교 분석하여 CFD 시뮬레이션 모델을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

CFD를 이용하여 소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창자돈사에 대하여 환기 시뮬레이션을 한 결과는 그림 4, 그림 5, 그림 6, 그림 7 및 그림 8과 같았다. 그림 4와 그림 5에서 보는 바와 같이 무창돈사의 폭이 작을 경우, 외부의 신선한 공기가 낮은 풍속인 0.75 m/s 이상으로 입기되면 바로 돈방 바닥 쪽으로 떨어지지 않고 대부분 입기구 반대 편에 있는 벽까지 도착하여 부딪힌 후 입기구 밑 부분에 위치한 배기팬으로 배기되는 공기유동형태를 나타내고 있다. 이는 실험돈사처럼 폭이 작고 한쪽 벽에 입기구와 배기팬이 동시에 있는 경우에는 입기구의 풍속이 높지 않은 0.75 m/s만 되도 원하는 원형태의 공기유동형태를 만들 수 있을 뿐만 아니라 환기효율을 높게 유지할 수 있음을 의미한다. 그러나 공기유동형태가 원하는 되로 형성되었다 하더라도 풍속이 지나치게 높게 되면 어린 이유자돈은 털과 피하지방층이 털 발달되었기 때문에 추위 스트레스를 받게 된다. 따라서 돈사 내부의

온도와 상관없이 0.15 m/s 이하로 입기구 풍속이 유지되는 것이 바람직하다(Waths and Charls, 1994).

일반적으로 입기구의 풍속이 증가함에 따라 돼지 키 높이에서의 풍속은 증가한다. 그림 4와 그림 5는 이러한 일반적인 특성을 잘 나타내주고 있다. 그림 4와 그림 5에서 보는 바와 같이, 최소 환기량으로 시뮬레이션 시에 입기구의 풍속이 0.75 m/s로부터 1.25 m/s까지 증가함에 따라 돈방 틈바닥 위 0.1 m 높이에서의 풍속이 0.06 m/s로부터 0.12 m/s까지 증가하였다. 또한, 최대 환기량으로 시뮬레이션 시에 입기구의 풍속이 0.75 m/s로부터 1.25 m/s까지 증가함에 따라 돈방 틈바닥 위 0.1 m 높이에서의 풍속이 0.10 m/s로부터 0.70 m/s까지 증가하였다. 이를 통하여 돈사의 폭과 입기구의 풍속이 서로 밀접하게 관계가 있고 돈사의 폭이 작은 무창돈사의 경우에는 입기구를 설계할 때 돈사의 폭을 반드시 고려해야 함을 알 수 있었다.

특히 그림 5-c의 경우처럼 입기구의 풍속이 낮다고 여길 수 있는 1.25 m/s임에도 불구하고 환기량의 증가로 인하여 돈방 바닥으로부터 0.10 m 높이에서의 풍속이 어린 자돈에게 추위 스트레스를 유발시킬 수 있는 0.70 m/s로 나타났다. 이는 최대 환기가 요구되는 여름철에 돈사 내부의 온도가 높음에도 불구하고 높은 풍속에 의하여 어린 이유자돈이 추위 스트레스를 받을 수 있기 때문에 특히 최대 환기에 필요한 입기구의 풍속을 설계할 때 유의해야 함을 의미한다. 각 조건 별로 돈방 0.1 m 높이의 풍속에 대하여 시뮬레이션 결과와 실측치를 표 3과 같이 비교하였는데, 서로 매우 유사하게 나타났다.

상기와 같이 입기구의 풍속, 공기 유동형태, 환기효율 및 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속 및 어린 이유자돈의 추위 스트레스 등을 종합적으로 고려해 볼 때, 돈방의 폭이 3.0 m 정도이고 한쪽 측벽에 입기구와 배기팬이 함께 설치된 무창이유자돈사의 경우에는 입기구의 풍속을 일반적으로 권장되고 있는 3.00~5.10 m/s(MWPS, 1977)보다 훨씬 낮은 0.75 m/s~1.00 m/s로 설계해야 한다.

그림 6, 그림 7 및 그림 8은 배기팬이 돈사 양 끝 쪽으로 약간 치우쳐 있음으로 인하여 양 끝 벽 근처에서 풍속이 다른 곳에 비하여 약간 높게 나타났으나 전체적으로 균일하게

(a) Air inlet velocity = 0.75 m/s

(b) Air inlet velocity = 1.00 m/s

(c) Air inlet velocity = 1.25 m/s

Fig. 4 Predicted air flow patterns in X-Z plane at the center of a fan in experimental piglet house when was ventilated with minimum ventilating rate.

환기가 되는 것을 잘 나타내주고 있다. 양 끝 벽 근처에서 약간 풍속이 높게 나타난 것은 풍속이 어린 이유자돈에게 추위 스트레스를 유발시키지 않을 정도로 유지된다면 문제가 없을 것으로 사료되었다. 또한 균일도가 높게 나타났기 때문에 환기 균일도에 영향을 미칠 수 있는 요인인 입기구의 개수, 크기 및 위치와 배기팬의 위치 등이 적절하게 설계된 것으로 판단되었다. 따라서 불균일한 환기로 인한 호흡기 질병과 추위 스트레스 등과 관련된 문제들이 나타나지 않을 것으로 분석되었다.

그림 6과 같이 최소 환기 시에는 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속이 입기구의 풍속이 0.75~1.25 m/s 범위 내

(a) Air inlet velocity = 0.75 m/s

(b) Air inlet velocity = 1.00 m/s

(c) Air inlet velocity = 1.25 m/s

Fig. 5 Predicted air flow patterns in X-Z plane at the center of a fan in experimental piglet house when was ventilated with maximum ventilating rate.

에서 유지될 때 입기구의 풍속에 상관없이 0.15 m/s 이하로 유지되었기 때문에 어린 이유자돈이 풍속에 의한 추위 스트레스를 받지 않을 것으로 판단되었다.

그림 7에서 보는 바와 같이 중간 환기 시에는 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속이 입기구의 풍속이 0.75 m/s와 1.00 m/s일 때에는 0.10 m/s 이하로 유지되었으나 1.25 m/s일 때에는 0.31 m/s로 0.15 m/s보다 훨씬 높게 나타나 어린 이유자돈이 풍속으로 인하여 추위 스트레스를 많이 받을 수 있을 것으로 판단되었다.

또한 최대 환기인 그림 8에서는 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속이 입기구의 풍속이 0.75 m/s와 1.0 m/s일

(a) Air inlet velocity = 0.75 m/s

(b) Air inlet velocity = 1.00 m/s

(c) Air inlet velocity = 1.25 m/s

Fig. 6 Predicted air flow patterns in X-Y plane at 0.1 m above floor of the experimental windowless piglet house when was ventilated with minimum ventilating rate.

때에는 0.15 m/s 이하로 유지되었으나, 1.25 m/s일 때에는 0.61 m/s로 0.15 m/s보다 훨씬 높게 나타나 어린 이유자돈이 풍속으로 인하여 추위 스트레스를 많이 받을 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 환기 효율성면에서 생각해 보면, 입기구의 풍속이 0.75 m/s일 때에 비하여 1.00 m/s일 때가 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속이 0.15 m/s 이하의 수준에서 높기 때문에 풍속에 의한 추위 스트레스를 유발시키지 않고 환기효율이 높을 것으로 판단되었다.

각 조건별로 돈방 0.1 m 높이의 풍속에 대하여 시뮬레이션

(a) Air inlet velocity = 0.75 m/s

(b) Air inlet velocity = 1.00 m/s

(c) Air inlet velocity = 1.25 m/s

Fig. 7 Predicted air flow patterns in X-Y plane at 0.1 m above floor of the experimental windowless piglet house when was ventilated with midium ventilating rate.

결과와 실측치를 표 3과 같이 비교하였는데, 서로 매우 유사하게 나타났기 때문에 시뮬레이션은 적절하게 잘 된 것으로 판단되었다. 위에서 살펴본 바와 같이 입기구의 풍속, 환기의 균일도 및 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속 및 어린 이유자돈의 추위 스트레스 등을 종합적으로 고려해 볼 때, 돈방의 폭이 3 m 정도이고 한쪽 측벽에 입기구와 배기팬이 함께 설치된 무창이유자돈사의 경우에는 입기구의 풍속을 일반적으로 권장되고 있는 3.00~5.10 m/s(MWPS, 1977)보다 훨씬 낮은 1.00 m/s 정도로 설계해야 바람직 할 것으로 판단된다.

Fig. 7 Predicted air flow patterns in X-Y plane at 0.1 m above floor of the experimental windowless piglet house when was ventilated with midium ventilating rate.

4. 요약 및 결론

본 연구는 총 100두의 이유자돈을 사육할 수 있는 돈방이 4개 있는 폭 4.0 m, 길이 11.0 m, 높이 2.6 m 크기의 소규모 복도-더그매 예열 음압환기방식 무창자돈사에 대하여 환기량과 입기구의 풍속 별로 CFD 시뮬레이션과 검증 실험을 실시함으로써 최적 환기를 위한 입기구의 풍속 등을 구명하고자 수행되었다. 이 실험돈사는 외부공기가 돈사의 복도로 유입되어 1차적으로 예열된 후 다시 더그매로 유입되어 2차적으로 충분히 예열된 다음 최종적으로 입기구를 통하여 돈방으로 유

Table 3 CFD predicted and measured maximum velocities in piglet rooms (unit : m/s)

Models		Room number			
		①	②	③	④
Vent_Mini×Vel_Mini ¹⁾	CFD	0.05	0.04	0.04	0.05
	Measured	0.06	0.05	0.04	0.05
Vent_Mini×Vel_Med	CFD	0.06	0.05	0.06	0.08
	Measured	0.06	0.06	0.06	0.07
Vent_Mini×Vel_Max	CFD	0.09	0.08	0.09	0.11
	Measured	0.10	0.09	0.09	0.10
Vent_Med×Vel_Mini	CFD	0.07	0.07	0.07	0.08
	Measured	0.08	0.09	0.07	0.09
Vent_Med×Vel_Med	CFD	0.09	0.09	0.09	0.10
	Measured	0.10	0.10	0.09	0.11
Vent_Med×Vel_Max	CFD	0.30	0.27	0.28	0.31
	Measured	0.31	0.29	0.30	0.31
Vent_Max×Vel_Mini	CFD	0.11	0.10	0.09	0.10
	Measured	0.11	0.09	0.09	0.11
Vent_Max×Vel_Med	CFD	0.13	0.13	0.14	0.14
	Measured	0.14	0.15	0.13	0.15
Vent_Max×Vel_Max	CFD	0.60	0.59	0.61	0.61
	Measured	0.68	0.70	0.72	0.77

¹⁾ See Table 1

입되어 돈사 내부의 오염된 공기와 혼합된 후 입기구와 같은 측벽에 설치된 배기팬을 통하여 배기되는 특징을 가지고 있었다. 환기량은 최소 환기량, 중간 환기량 및 최대 환기량으로 그리고 입기구의 풍속은 0.75 m/s, 1.00 m/s 및 1.25 m/s로 하여 3×3로 실험을 설계한 후 CFD 시뮬레이션을 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 입기구의 풍속에 관계없이 모두 균일하게 환기가 되는 것으로 나타났기 때문에 입기구의 개수와 위치 및 배기팬의 위치 등이 적절하게 설계된 것으로 판단되었다.
- 2) 입기구의 풍속이 1.25 m/s일 때 중간 환기량과 최대 환기량 시에 이유자돈에게 추위 스트레스를 유발시킬 수 있는 0.15 m/s를 크게 상회하는 0.31 m/s와 0.61 m/s로 각각 나타났다.
- 3) 그 외의 0.75 m/s 및 1.00 m/s의 입기구 풍속에서는 이유자돈의 추위 스트레스와 상관없는 수준인 0.15 m/s 미만으로 나타났다.
- 4) 반면에 풍속이 낮을 때에 비하여 풍속이 높을 때 환기효율이 높게 나타났다.

상기의 연구 결과에서 보는 바와 같이 돈방의 폭이 3 m 정도이고 한쪽 측벽에 입기구와 배기팬이 함께 설치된 소규모

복도-더그매 예열 음압환기방식 무창이유자돈사의 경우에는 입기구의 풍속, 공기 유동형태, 환기효율 및 돈방 바닥으로부터 0.1 m 높이에서의 풍속, 어린 이유자돈의 추위 스트레스 등을 고려하여 입기구의 풍속을 1.0 m/s 정도로 유지할 수 있도록 설계하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. Bjerg, B., K. Svidtb and D. Zhang. 2002. Modeling of air inlets in CFD prediction of airflow in ventilated animal houses. *Computers and Electronics in Agriculture* 34:233-235.
2. Grub, W., E. P. Forester and L. F. Tribble. 1974. Swine building air contaminant control with pit ventilation. ASAE Paper No. 74-4532.
3. Korean Association of Swine Veterinarians(KASV). 2006. Nutritional Approach to Porcine Wasting Syndrome. Porcine Wasting Syndrome Workshop: 66-68. Korean Association of Swine Veterinarians. Daejeon, Korea. (In Korean)
4. Lee, S. J., W. M. Gutierrez, B. S. Kim, J. Y. Han, D. I. Chang and H. H. Chang. 2008. Study on Modification of Inside Environment in Windowless Weaning Piglet House. *Korean J. of Environmental and Agriculture* 27(2):150-155. (In Korean)
5. Midwest Plan Service. 1977. Structures and Environment Handbook. MWPS, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
6. Mistriotis, A., T. Dejong, M. J. Wagemans and G. P. A. Bot. 1997. Computational Fluid Dynamics(CFD) in the modeling and design of ventilation systems in the agricultural industry-A review. *Bioresource Technology* 98:2386-2414.
7. National Agricultural Products Quality Management Service in Republic of Korea(NAPQMS). 2007. The Korean Agriculture Statistics--The part of Livestock. (in Korean)
8. Wathes, C. M. and D. R. Charles. 1994. Livestock Housing. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK