

최 종  
연구보고서

가변 원형사 및 실험사를 이용한 환경검증형

돈사의 설계표준화에 관한 연구

Design Standardization of Environmentally-Validated  
Swine Houses with Prototype Experimental Structures

연구기관

서울대학교 농업생명과학대학

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “가변 원형사 및 실험사를 이용한 환경검증형 돈사의 설계표준화에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 10. 31.

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 최 홍 팀

연 구 원 : 송 준 익

연 구 원 : 안 희 권

연 구 원 : 김 형 남

# 요 약 문

## I. 제 목

가변 원형사 및 실험사를 이용한 환경검증형 돈사의 설계표준화

## II 연구개발의 배경 및 목적

우리 나라의 양돈농가수는 중소규모 중심으로 매년 25%씩 감소되고 있으나 호당 사육두수는 매년 20% 정도씩 증가하고 있다. 한편 WTO(World Trade Organization) 체제의 출범으로 인해 限時的으로 제한되어 왔던 축산물의 수입이 완전 개방되었으며, 이미 수입되고 있는 품목도 국내에서 가격 경쟁력이 높아 수입물량 급증이 예상된다. 국제경쟁력이 있다는 양돈도 돈육 가격등락의 심화, 인건비 상승, 사료원료의 높은 해외의존도, 생산시설의 낙후성, 사육규모의 영세성 뿐만 아니라, 생산비의 10%에 이르는 양돈분뇨 처리비 부담 등으로 인하여 점차 양돈의 생산성이 악화되고 있다.

일반적으로 양돈은 3D業種으로 인식되어 돈사에서 작업을 기피하는 경향이 있으며, 양돈 노동력 투하시간이 전체 노동투입시간의 2/3 정도에 이르기 때문에 돈사의 생산·환경제어 자동화는 한정된 노동력 문제를 해결할 수 있는 좋은 방안은 돈사시설의 자동화 관리에 있다.

현재 우리 나라의 양돈농가도 노동력 절감이라는 이점 때문에 무창돈사에 대한 관심이 최근 많아지고 있으며, 몇몇 기업형 축산농가를 중심으로 외국에서 turnkey로 직수입하여 무창돈사의 시설면적이 확대되고 있다. 또 일부 농가에서는 외국에서 수입하지 않았다하더라도 나뭇대로의 환경제어 및 환기시스템 방식을 고안하여 건축하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 돈사의 환경을 이론적으로나 실험적으로 검증한 적이 없기 때문에 현장에서 많은 문제점들이 노출됨에 따라 무창돈사의 건축이 유보되어 있다. 이는 외국의 기후나 지형에 맞게 제어논리가 개발되었기 때문에 우리나라의 기상자료만을 대체한다고 해서 외국산의 무창돈사가 software적으로 제대로 기능하지 못한다. 이는 근원적으로 돈사의 물리적 형태에 따른 換氣工學(ventilation engineering)을 무시하였기 때문이다.

그러므로 돈사의 환경제어시스템의 설계는 돼지의 성장단계와 환경변수와의 관계 즉, 열환경, 생물·화학적 환경 등이 돼지의 생산성에 미치는 영향에 대한 이해가 선

행되어야 하며, 구체적으로 돼지에게 생리적으로 쾌적한 상태의 生住環境을 제공하기 위하여 돈사내 온도, 습도, 먼지 및 유해기체의 농도, 공기속도와 空氣流動形態(air flow patterns) 등에 적정범위에 있도록 제어해야 한다. 그러나 이들 환경변수들을 하나의 제어시스템에 통합시키는 것(integration)은 거의 불가능한 일이다.

그러므로 본 연구에서는 환경변수중 온도, 습도를 복합변수를 인식하여 돈사의 실내환경을 제어할 수 있는 환기시스템을 개발하는 데 1차적 목적이 있다.

공기유동(air flow)은 제어해야 할 환경변수의 돈사내 분포 및 크기를 결정하므로 환기시스템 설계는 이들 변수와의 상관관계를 究明해야 한다. 돈사의 경우, 현장에서 단순한 定量送風-時間制御方式을 적용하여 온도를 제어하려는 기존 환경제어 시스템은 돈사의 온도조차도 적정범위내로 제어하지 못하여 호흡기질병 등의 문제점을 노출시키고 있다. 그러므로 이를 극복하기 위해서는 환경의 정밀제어 시스템 개발이 시급한 실정이다. 그러나 대부분의 축산환경시스템 및 관련기자재는 전량 수입·판매되거나, 과학적 검증능력이나 설계능력이 없는 양돈지역의 일부 鐵加工업체들이 축산환경시스템이나 기자재를 수입품의 1/3 정도 가격으로 粗惡한 기능의 생산품을 量産하고 있어 민원이 급증하고 있다. 그러므로 본 연구는 우리 나라의 기후와 생산성을 고려한, 수입품을 대체할 수 있는 環境檢證形 (environmentally- validated) 무장돈사의 환기시스템을 표준화하는 데 2차적인 목적이 있다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 원형(prototype)실험사를 이용하여 우리 나라에 맞는 한국형 돈사시설의 설계표준화를 위하여 수행한 주요 연구내용은 다음과 같다.

1. 우리 나라 지역별 돈사의 구조적 형태 및 환기형태에 관한 자료를 수집하고자 各 道의 養豚郡중 지역 대표성을 가지는 농장을 중부지방을 1997년 1월~4월 사이에, 남부지방 1997년 5월~8월 사이에, 양돈농가를 家家戶戶 방문하여 돈사의 구조, 환기 및 분뇨처리 형태를 3~5가지로 분류하였으며, 분류된 돈사중 대표성을 가지는 시설(다비 자돈, 육성, 종돈농장(죽산), 축협종돈장(영광), 원농장(논산) 등)에 현장환경 조사를 실시하여 환기모형별 효율을 비교·분석하였다.

2. 환기효율 분석자료를 바탕으로 우리 나라 기후, 지형 및 축산환경에 맞는 돈사의 폭과 길이, 환기시스템 및 운영체계 등을 정립하여 분만돈 10두, 자돈 100두, 육

성비육사 200두 규모로 원형 실험돈사를 서울대 농생대 부속목장에 신축하였다.

3. 신축된 원형실험돈사에 환경변수의 經時的(temporal), 공간적(spatial) 분포의 가시화시스템을 구축하기 위하여 Smoke generator에 의한 공기유동 可視化 및 적외선 CCD카메라에 의한 열환경 映像化시스템을 구축하였다.

4. 돈사내 환경변수분포의 예측을 위한 商用 전산시뮬레이션(computer simulation) code인 PHEONICS를 변형하여 3차원 非定常(transient), 非等溫(non-isothermal) 유동을 실행한 결과와 현장실증실험에 의한 실측값간의 유의성을 검증하여 향후 유사 공기유동을 해석함으로써 無實驗 돈사의 환기효율평가가 가능하도록 하였다.

5. 표준 환기시스템 및 환기운용전략, 구성체의 기하학적 형태를 반영한 원형실험 돈사에서 실증실험을 흡서기, 흡한기로 나누어 입식에서 출하까지 각각 160~180일간에 걸쳐서 실증실험을 실시하였다.

6. 돈사의 설계표준화를 위하여 돈사내 床上部(aerial environment) 열환경변수(온도, 습도), 공기유동형태 및 유속(air speed), 화학적 변수(유해기체), 먼지 등을 분석하였으며, 현장실험을 통하여 분석된 자료를 바탕으로 적정 사육환경을 위한 돈사의 환기시스템 표준화작업을 수행하였다.

7. 돈사환경이 적절하지 못할 경우, 이의 원인을 추적하는 것은 쉽지 않다. 이를 체계적으로 문제점을 pinpoint하기 위하여 돈사환경 진단전문가시스템을 개발하였다.

## IV 연구개발 결과 및 기대효과, 활용에 대한 건의

### 1. 연구개발결과

가. 환경검증형 돈사의 표준화를 위한 원형실험돈사를 다음과 같이 定型化하여 현장실증실험을 수행하였으며 분만사(farrowing house)와 자돈사(nursery house)에서는 일반적으로 하나의 분만방 또는 자돈방이 반복되므로 하나의 분만방, 자돈방을 대상 돈사로 모형화하였다. 또한 육성·비육돈사(growing & fattening house)에서는 cross 환기시스템을 적용하였기 때문에 돈사의 폭을 중시하고 길이는 고려되지 않았다.

나. 돈사내 환경온도에 따른 돼지의 행동을 영상을 통하여 획득한 후, 가시화 시스템(열화상 프로그램)을 통한 행동상태를 고온, 적온, 저온기로 분류하였으며, 영상처리 시스템의 하드웨어를 적외선 CCD 카메라, 영상처리 보드DIF(TH3100) 모델과 컴퓨터는 400Hz, 128MB, 586 Pentium으로 구성되었으며, 프로그램은 C++ 언어로 작성하였

다. 또한 영상처리시스템을 온도에 따라 분류했던 결과 저온, 적온, 고온으로 분류되어 돈사내 환경제어 시스템에 응용이 가능할 것으로 판단되었다.

다. 商用 전산시뮬레이션 (computer simulation) code인 PHEONICS를 변형하여 3차원 非定常 (transient), 非等溫 (non-isothermal) 유동을 분만방, 자돈방, 육성·비육돈방의 기하학적 조건과 공기유동조건을 input data로 입력하여 실행한 결과, 공기유동 형태의 모사는 실측형태와 매우 흡사하며, 유속의 크기도 오차범위내에 머물러 상용 code를 이용한 공기유동의 형태 및 크기의 예측은 매우 실용적 가치가 있는 것으로 이해되었다.

라. 일반적으로 혹한기나 혹서기에 돈사에 限時的으로 보조난방(heating)이나 냉방(cooling)이 필요할 것으로 인식하고 있으나, 추가 열원이 없을 경우, 일반 관행돈사(원치커텐)는 실내온도편차가 10~15℃에 이르나, 원형실험돈사의 연중 실내온도변화는 1~5℃로, 편차가 거의 없어 무창돈사의 돼지가 열스트레스(heat stress)를 훨씬 덜 받았다. 겨울과 여름의 경우, 일반적인 돈사의 상대습도(relative humidity)는 온도와 같이 외부의 영향을 많이 받았으나, 무창돈사는 안개분무를 통한 습도제어에 의하여 외부습도변화와 관계없이 60~70%로 적정 상대습도를 유지할 수 있었다. 그리고 암모니아 가스는 계절과 관계없이 10ppm 이하로 허용농도범위를 유지하였기 때문에 자돈이나 육성·비육돈의 성장에는 영향을 미치지 않았으나, 실내 암모니아 가스농도는 pit의 슬러리운용 전략과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었다.

마. 자체 제작한 低騒音팬을 이용하여 중간단계의 환기율을 적용하였을 때, 원형실험돈사의 入氣口 (inlet)의 유속은 2~3m/s를 나타내어 MWPS(1990)에서 요구하는 최대 환기율(5 m<sup>3</sup>/s)을 만족시켰으며, 돈사내 돼지의 體高에서 0.2m/s 정도가 감지되어 환기가 효율적으로 이루어지고 있음을 알았다.

바. 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm)을 응용한 열화상 프로그램을 이용하여 원형실험사 돼지의 發熱狀態, 온도, 습도, 유해가스, 돈사내외의 靜壓差異, 공기속도 등의 결과를 분석하여 적정환경을 결정한 후 배기팬의 속도를 조절하도록 구성되었으며, 프로그램은 C++언어로 coding하였다. 그리고 돈사환경 제어시스템의 하드웨어는 PC, 열화상 프로그램, 센서, 배기팬, Motor, Inverter로 구성되었으며, 소프트웨어는 Microsoft Visual Basic 6.0 언어를 이용하여 프로그램을 구성하였다.

## 2. 연구개발의 기대효과

이 연구의 결과로 우리 나라의 기상조건에 맞는 『돈사 환경제어시스템의 표준화』 정립에 의의가 있으며, 구체적으로 다음과 같은 효과가 기대된다.

### 가. 기술적·환경적 측면

- 1) 환경적으로 검증된 돈사의 구조적 형태 정립과 새로운 개념의 환기시스템의 표준 설계기술을 확보할 수 있다.
- 2) 현장 실증실험에 의한 실측값과 환경검증 전산프로그램에 의한 예측값의 유의성 검증으로 돈사의 無實驗 환경평가가 가능하다.
- 3) 돈사내 환경제어로 돼지 생산성을 향상시킬 수 있으며, 양돈의 환경친화적 이미지 구축이 가능하다.

### 나. 경제·산업적 측면

- 1) 환경적으로 검증된 돈사시스템의 표준화로 돼지 생산성을 提高에 의한 이익 뿐만 아니라 축사설계에 드는 경비를 절약할 수 있다.
- 2) 돈사 환기시스템의 자동화로 노동력을 절감하여 인력난을 해소할 수 있다.
- 3) 환경검증형 사육 통합시스템의 개발로 외국사에 과다하게 지급하는 loyalty를 補填할 수 있다.
- 4) 우리 나라 축산환경에 맞는 환경검증형 제어시스템의 개발로 양돈산업을 활성화 를 기대할 수 있다.

## 3. 연구개발의 결과의 활용에 대한 건의

가. 개발된 환경검증형 돈사의 표준환기시스템을 건설부와 협의하여 표준 환기 시스템으로 채택하도록 한다.

나. 개발된 환경검증형 돈사의 표준환기시스템을 축협중앙회에서 자돈사, 분만사, 육성·비육돈사의 환기시스템으로 채택하여 보급하는 것이 바람직함.

다. 축협중앙회와 농림부는 京畿道の 한 지역에 示範施設을 건축하여 개발된 환경검증형 돈사의 환기효율을 직접 경험하게 한다.

## SUMMARY

### I . Title of the Study

Design Standardization of Environmentally-Validated Prototype Swine Experimental Structure

### II . Background and Objectives of the Study

In recent years, The number of pig production farms has decreased by 25% with a simultaneous increase of growing pigs by 20%. With the advent of World Trade Organization(WTO), Korean livestock product market is placed under an obligation to open its market to all foreign products by 2001. More products are being imported because those products from USA, Australia, New Zealand, and EU nations are much cheaper than domestic products. Even pork is losing its competitiveness with foreign products due to abrupt changes in market price, high labor cost, and high dependency of raw feedstuff material on foreign countries. In addition, high manure treatment cost which amounts to almost 10~15% of total production cost make swine production less profitable.

To make matters worse, swine production facilities, more precisely, swine houses in Korea have not been built based the standard scientifically proven designs used in much of the rest of the world. This results in an unique Korean swine production environment, which is demonstrably less than ideal. The environment of pig houses can not be maintained at optimum conditions, and the accumulation of heat, moisture, and ammonia gas, dust, and pathogens has serious detrimental effect on pig production and workers. There is a great opportunity for automation of environmental control system for swine production structures and standardization with growth phases. With scientific research and verification, there is the potential to provide a more optimum environment for pigs and workers in enclosures.

The size and capacity of enclosed swine houses has significantly

increased in Korea in recent years due in part to the higher productivity for reported these systems elsewhere. Some of them are just fabricated at the production place with ready-made panels, equipments, devices from abroad in a turnkey way. Others just constructed the swine houses with blueprints from general architect who doesn't know livestock production in depth. All those houses are not environmentally proven so many producers complain of their poor performance, which is often attributed to difficulties of climate, geography, and managerial environment in Korea. However many producers are still a little reluctant to move to an enclosed swine house although they become to realize the merits of the enclosed system over the open side-wall curtain system.

Design of environmental control system of swine house should relate to growth phases and environmental parameters which affect directly or indirectly production efficiency. The thermal environmental factors includes temperature and humidity, the biological and chemical environmental factors include harmful gases, dust, and pathogens, and physical environmental factors include air speed and their spatial distribution. These parameters should be properly controlled to maintain optimum environment for swine production. However it is impractical to control these parameters by putting them all in a PLC simply because all these may not be needed for optimum environment and thus this complex control system is not cost-effective.

Therefore the dual purposes of the research were to develop the automatic control system for the most critical parameters, temperature and humidity, and to suggest standard design of the production structure adopting the automatic control system and the uniqueness of pig production in Korea. Because air flow determines the magnitude and distribution of temperature and humidity in a house, the relation of performance of ventilation system and these parameters should be investigated. In the field, a simple environmental control system regulated by time clock is popular but it fails to provide proper thermal environment in a house. In many cases this is because the control logic can not be responded to contemporary environmental

conditions of the house.

Therefore, it is necessary to develop a precision control system to maintain optimum indoor environment for pigs and workers, and to develop a standard design of enclosed swine structures environmentally-validated through field experiments, which comprise main objectives of the study.

### III. Contents and Scope of the Research

The detailed contents of the research performed to standardize ventilation system design by using a prototype swine house were as follows:

1. Field survey was made to investigate the characteristics of structural dimensions, ventilation system, and waste treatment system of the contemporary swine houses with growth phase<sub>L</sub> in Korea. The raw data were taken from 2~3 counties(郡) which are comparatively active pig production in each province(道) from January through April, 1997 in central provinces(Gyeonggi, Gangwon, Chungnam·buk) and from May through August, 1997 in southern provinces (Chonnam·buk, Gyeongnam·buk). The swine structures with growth phases for experiments were designed for the model swine structures in Korea reflecting on the analysis of the survey data to evaluate their indoor environment including Darby nursery pig and growing pig houses at Jooksan, grand parent stock house in Yonggwang NLCF, Won Pig Farm in Nonsan for further field survey.

2. The prototype swine house was constructed and comprises three bays with the growth phases(sow and litter, nursery pig, and growing and fattening pig), in which can house 10 sows and their litters, 100 nursery pigs, and 200 growing and fattening pigs, respectively. The structural and environmental control system of each bay was carefully designed to reflect the uniqueness of the climate conditions, local geographical feature, and management practice in Korea based on the analysis of field survey and a year-long discussion with Prof.

Albright, Cornell University, USA, Drs. Phillips, Denmers at Silsoe Research Institute, UK, for the design of livestock structures which fits Korean climates and livestock production environment.

3. Visualization study was also performed to predict air flow patterns and thermal environment in a house by smoke generator and to confirm temperature distribution over the space by IR CCD camera.

4. Air flow patterns and air velocities were theoretically calculated for 3 dimensional geometry with obstruction and buoyant flow by using commercial code, PHOENICS. It would be a powerful tool for prediction of air flow patterns and their velocity distribution for 3-dimensional, unsteady state, non-isothermal flow in an enclosure. The calculated flow patterns and thermal environment were in good accordance with the observed ones. The PHOENICS can be used for simulation of air flow patterns and their velocities over the space without experiments, which makes it possible to design the ventilation system for arbitrary geometries.

5. The ventilation system was designed and built in the prototype swine house and experimented for six months in hot and cold weather to evaluate ventilation efficiency and to eventually set up a standard ventilation system and its optimum operation strategies at two extreme weather conditions. Environmental parameters involving temperature, humidity, NH<sub>3</sub>, and dust over space and time were measured for evaluation.

6. Expert system was also develop to troubleshoot environmental problems in a swine house, which is a powerful tool for narrowing down the cause of the environmental problems in an enclosures.

#### IV. Results, their Anticipated Effects, and Suggestions for Easy-access to the Outcomes of the Study for Fields Applications

##### 1. Results of the Study

(1) It suggested the standard designs of the environmental control systems for sow and litter, nursery, growing and fattening houses, which were proven environmentally sound through field experiments. The standard bay of a farrowing and/or a nursery houses can be duplicated in series upon the availability of farm space and capacity. The standard design for a growing and fattening house adopts cross-ventilation system which provided better air mixing and the stable air flow.

(2) The visualization system was set up to explore the thermal comfort of swine in a bay, which can provides information if they were exposed to higher, moderate, or lower thermal environment. The visual system includes IR CCD camera, visual treatment board of DIF(TH3100), and IBM-compatible computer of 400MHz Intel Processor and 128MB RAM, of which control logic was coded with C+ language. The visualization system can be a powerful tool because it makes possible to remotely control the environment of a swine house, because human intervention can lower swine production efficiency.

(3) The commercial computer simulation code, PHOENICS was modified to predict air flow patterns and air velocities for three dimensional, non-isothermal flow in an enclosure. Flow and geometric configurations for swine houses were imposed to PHOENICS as boundary conditions. The predicted air flow patterns and the air velocities fit very well with the observed. The computer simulation can be another powerful tool for design of environmental control system of swine houses by knowing the air flow patterns and the magnitude of the velocities over the space without field experiments which cost a lot in terms of time and expenses.

(4) Additional heating and cooling may be needed even in an enclosed

swine house for several hours in a day in hot summer and cold winter. Indoor air temperature of 10~15°C was maintained in an enclosure throughout whole winter and of 1°C above outdoor air temperature in hot summer, while a temperature difference was far larger between indoor and outdoor in conventional swine house (a sided wall curtain house). An enclosed growing and fattening house has much less thermal stress so that the production efficiency has much higher than a conventional house. Regarding humidity control, it is also easier to control humidity in an enclosed swine house than a sided-wall house especially in winter without lowering indoor temperature down. It was found that NH<sub>3</sub> concentration and dust in an enclosure highly relates to waste management practice in the house.

(5) New concept of exhaust fan operation system was developed to reduce noise level, 50~80 dcb for 50%~100% of fan capacity of 8 m<sup>3</sup>/s in enclosure with maintaining proper air velocity of 2~3 m/s at the inlet and about 0.2 m/s at the height of fattening pigs. The ventilation rate satisfies the suggested maximum rate of 5 m<sup>3</sup>/s by MWPS(1990).

(6) Genetic algorithm was applied into thermal-visual program coded with C++ language to develop the control logics for environment control in enclosure by monitoring the fan speed(rpm), based on the observed data including body temperature of pigs, indoor temperature, humidity, harmful gases, static pressure difference, air velocities. PLC system equipped with thermal-visual program, personal computer, sensors, exhaust fans, motor, inverter, and control logic were coded with Microsoft Visual Basic 6.0.

## 2. Anticipated Effects by Performing the Research

The followings are the anticipated effects can be acquired by performing the research :

### 1) Technological and environmental aspects:

(1) can acquire a standard design of environmental control system for swine structures with the growth phases which were environmentally-

validated.

(2) can develop powerful tool for prediction of air flow patterns and for assess of thermal comfort in enclosure without performing field experiments.

(3) can improve the pig productivity by providing optimum environment to pigs by developing the precision control logics.

## 2) Economic and industrial aspects

(1) can save expenses to design swine house if they use a standard blueprint of the swine houses with the growth phases

(2) can reduce labor-cost by automation of the environment control system

(3) don't have to pay for foreign blueprint of swine structures by developing integrated control system.

(4) improve swine production by environmentally-validated control system to reduce disease outbreak in enclosure.

## 3. Suggestions for Easy-access to the Outcomes of the Research for Field Application

1) request to make an effort to adopt the blueprint developed as a standard environment system in agreement with the Ministry of Construction & Transportation and the Ministry of Agriculture and Forest.

2) try to distribute blueprints of the environment control system with growth phases through National Livestock Cooperatives Federation (NLCF) and their districts.

3) try to build a demonstration swine house in Gyeonggi province for educational purpose.

## CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	18
Section 1. Background of the study .....	18
Section 2. Purpose of the stud .....	19
□ Reference .....	19
Chapter 2. Geometry classification of pig houses with growth phases ....	20
Section 1. Preface .....	20
Section 2. Materials and Methods .....	21
Section 3. Results and discussion .....	24
Section 4. Conclusions .....	42
□ Reference .....	46
Chapter 3. Field Experiment of prototype pig house with growth .....	47
Section 1. Preface .....	47
Section 2. Materials and Methods .....	47
Section 3. Results and discussion .....	52
Section 4. Conclusion .....	78
□ Reference .....	78
Chapter 4. Modification of computer code for prediction of air flow patterns in pig houses .....	79
Section 1. Preface .....	79
Section 2. Modification of computer code .....	79
Section 3. Comparison of the observed and the calculated air flows ....	87

Chapter 5. Establishment of visualization system by image processing .....	94
Section 1. Preface .....	94
Section 2. Effect of environment on livestock production .....	96
Section 3. Analysis of pig behavior to surrounding environment .....	98
Section 4. Algorithm for classification of pigs behavior .....	101
Section 5. Conclusion .....	110
□ Reference .....	111
 Chapter 6. Development of expert system .....	112
Section 1. Preface .....	112
Section 2. Control algorithm .....	113
Section 3. technique and management of livestock production .....	113
Section 4. Composition of environmental control systems .....	117
Section 5. Conclusion .....	122
□ Reference .....	122
 □ Appendix. Blueprints of pig house model with growth phases .....	123

## 목 차

제 1 장 서 론 .....	18
제1절 연구개발의 필요성 .....	18
제2절 연구의 목적 .....	19
참고문헌 .....	19
제 2 장 우리 나라 돈사의 기하학적 형태의 분류 .....	20
제1절 서 설 .....	20
제2절 재료 및 방법 .....	21
제3절 결과 및 고찰 .....	24
제4절 결 론 .....	42
참고문헌 .....	46
제 3 장 원형실험사를 이용한 현장실증실험 .....	47
제1절 서 설 .....	47
제2절 재료 및 방법 .....	47
제3절 현장실증 실증결과 및 고찰 .....	52
제4절 결 론 .....	78
참고문헌 .....	78
제 4 장 환경예측 프로그램 범용화 .....	79
제1절 서 설 .....	79
제2절 실험돈사의 실내 공기유동 예측 전산프로그램 범용화 .....	79
제3절 실험돈사의 실내 공기유동 예측 .....	87
제 5 장 연무 및 열화상인식논리를 이용한 돈사환경 가시화 시스템 구축 .....	94
제1절 서 설 .....	94
제2절 열환경 및 공기유동과 돼지생산성 .....	96
제3절 공기유동의 가시화 .....	98
제4절 열화상인식시스템 .....	101
제5절 결 론 .....	110
참고문헌 .....	111

제 6 장	축사환경진단 전문가시스템의 구성 .....	112
제1절	서 설 .....	112
제2절	제어 알고리즘 .....	113
제3절	축산환경제어 처리기법과 관리방안 .....	113
제4절	제어 시스템의 구성 .....	117
제5절	결론 .....	122
참고문헌	.....	122
부록	환경검증형 원형돈사모델 설계도면 .....	123

# 제 1 장 서 론

## 제1절 연구개발의 필요성

우리 나라 돼지 사육농가수는 1999년 현재 24천호로 1990년 對比 약 80%가 감소한 반면, 사육두수는 74% 증가한 7,863천두로서, 호당 사육두수는 9.6배나 증가한 328두로 나타났다. 경영규모별로 보면, 1999년도 현재 1,000두 이상의 전업농가수는 7.2%인 1,932호에 불과하나, 사육두수기준으로 52%인 4,443천두를 사육하고 있다(가축통계 1999). 이러한 추세는 양돈 선진국들과 마찬가지로 농가수는 감소하고, 사육두수는 증가하는 경향을 보임으로써 양돈의 專業化, 규모화가 가속되고 있다. 그러나 이러한 경향은 돈사의 환경(aerial environment)이 급격히 악화됨으로써 1990년 폐사율이 1.7% 수준이던 것이 1998년에는 2.8% 수준으로 증가하였으며 (송금찬, 1999) 열악한 축사환경 때문에 호흡기 질병 등 각종 질병에 의한 생산효율 감소는 25% 이상되어 연간 약 2,000여억원의 손실이 발생하며, 간접 피해액을 합하면 총 생산액의 40%에 이른다(김재훈, 1995)고 보고되어 돈사내의 환경문제가 양돈업의 현안으로 대두되었다.

그러나 우리 나라 일반적인 돈사, 특히 육성·비육돈사는 대부분 개방돈사로 건축되어 돈사의 환경제어가 근원적으로 불가능하며, 그나마 환기팬을 on/off방식으로 작동되게 하여 현재의 돈사환경조건이 feedback으로 入力(stimulus)되어 환경을 변형(response)할 수 있도록 되어 있지 않다. 또한 외국산 무창돈사라 하더라도 일괄방식(turnkey)으로 건축되어 우리 나라의 기상조건, 지형적 특성, 축산경영환경 등 지역성을 제대로 반영하지 않음으로써 생산성이 기대에 미치지 못하여 민원이 빈발하고 있다. 그러나 무창돈사는 일교차가 심한 우리 나라에서 상대적으로 적정 열환경을 유지할 수 있다는 利點 때문에 무창돈사에 대한 관심이 최근 높아지고 있음에도 불구하고, 현재까지 이론적으로나 실험적으로 돈사의 환경을 체계적으로 검증된 적이 없어 무창돈사에 높은 관심을 가지고 있는 농가들이 건축을 망설이고 있는 실정이다.

일반적으로 무창돈사의 적정환경을 유지하기 위해서는 열환경의 온도, 습도, 생물·화학적 환경변수인 먼지, 유해기체, 병원균 등, 또한 물리적 환경변수인 공기속도 및 공기유동형태 등을 적절히 제어되지 않으면 안된다. 그러나 이들 모든 변수를 고려하는 것은 제어범주의 중복 때문에 실용적이지 못하다.

돈사의 환기시스템에 의하여 형성되는 공기속도분포 및 공기유동형태는 열환경변수인 온도 및 습도의 분포를 지배하므로 본 연구에서는 현장조사를 통하여 환기시스템을 포함한 다양한 제어기능을 가진 우리 나라 축산환경에 적합한 대표돈사를 정립 및 건축하고(2章), 돈사의 환경효율을 검증하기 위하여 물리적 환경변수와 열환경변수에 관한 현장실증실험을 수행하며(3章), 이의 有效性 檢定을 위하여 물리적 변수인 공기유동형태를 理論적으로 분석하고(4章), 열환경과 물리적 환경을 可視化하며(5章), 돈사의 문제점해결을 위한 전문가시스템을 구축(6章)하여 궁극적으로 환경적으로 검증된 돈사를 표준화하여 일반 농가에 보급함(부록)으로써 양돈생산성 제고에 기여하고자 하였다.

## 제2절 연구의 목적

우리 나라에 축산환경에 적합한 환경검증형 무창돈사를 표준화하여 이를 양돈농가에 보급함을 목적으로 본 연구를 수행하였으며, 세부목적은 다음과 같다.

- 1) 우리 나라 돈사의 구성 및 기하학적 형태, 환기시스템을 포함한 환경제어 시스템을 현장조사 분석결과를 고려한 실험 돈사설계를
- 2) 실험돈사 건축 및 실험돈사 대상 최적 환기시스템 형태 구축 및 현장실증실험
- 3) 환기시스템, 환기운용전략, 구성체의 기하학적 형태 등을 반영한 전산시뮬레이션 code를 이용한 환기효율 및 열환경 평가
- 4) 가시화시스템을 이용한 실험돈사의 환경에 따른 돼지의 거동 분석
- 5) 돈사환경의 문제해결을 위한 전문가 시스템 구축
- 6) 환경검증된 돈사의 설계표준화

## 참고문헌

1. 김재훈. 1995. 최근 돼지질병 발생현황과 피해. 월간양돈 5월호. 106.
2. 농림부. 1999. 농림수산통계연보.
3. 송금찬. 한국양돈 산업과 비육돈 생산비. 월간양돈연구. 1999.10.
4. 최홍립 외 4인. 1999. 우리 나라 중부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. 축산시설환경학회지. 5(1) : 1~15.

## 제 2 장 우리 나라 돈사의 기하학적 형태의 분류

### 제1절 서 설

쌀농사에서 생산기반은 논이듯이 양돈에서는 기반시설은 돈사이다. 우리 나라의 양돈은 전통적으로 사료영양, 사육, 질병, 번식 등에 치중하여 발전되어 왔다. 최근 IMF 구제금융 이후 중소규모 농가들의 폐농은 늘어나고, 중대규모 이상 농가들은 사육두수를 늘이는 규모화되는 현상이 가속되었다. 1998년 6월 현재 소양돈농가의 7.5%인 2,000여 中대규모 농가가 전체두수의 50% 이상인 400여만두 사육하여 농가당 평균 사육두수는 2,000 여두에 이르는 최근에서야 돼지생산성의 극대화를 위한 돈사의 구조 (structural system) 및 돈사환경(aerial environment)에 관한 학문적, 산업적 관심이 점증되기 시작하였다(최홍립 등, 1999). 1994~96년 축산기자재 전체 매출액의 약 1/3 이상을 축산시설부분이 차지할 정도를 이 부문에 대한 관심과 중요성이 양돈 업계에 확산되고 있음을 알 수 있다. 그러나 최근 양돈산업이 급성장함에 따라 열악한 사육환경 때문에 호흡기 질병 등 각종 질병에 의한 생산효율은 약 25% 이상 감소되어 연간 약 2,000여억원의 손실이 발생하며, 간접 피해액을 합하면 총 생산액의 40%에 이른다고 보고하였다(김재훈, 1995). 물론 IMF구제금융으로 인한 투자심리위축으로 일시적인 지연현상으로 대부분 외국자재인 관계로 1998년 매출은 1/3 이하로 줄어 들었지만(김성용, 1999) 양돈의 규모화가 가속되는한 이 부문의 투자하려는 추세는 지속되리라 판단된다.

국내 양돈기자재업체들은 외국돈사를 완성인도방식(turnkey)으로 수입하는 데 더 많은 정부의 축산발전기금을 투입함으로써 축사시설분야의 투자가 국내 관련산업의 발전으로 이어지지 않고, 스스로 오히려 수준에서 자족하였다. 이러한 현상은 국내 산학협동연구의 필요성을 감소시키고, 자체기술개발을 소홀히 하는 결과를 초래한 것은 물론 농가는 농가대로 우리 나라 기상조건에 부적합한 외국사돈사를 그대로 건축함으로써 생산의 저효율을 초래함을 물론이고, 고장시 외국사의 사후처리지연과 과다한 사후비용 부담요구로 경영압박을 유발할 정도로 심각한 수준에 이르렀다. 그러나 우리 나라 기후에 맞는 성장단계별 표준돈사의 구조적 형태와 환경제어시스템의 적용에 관한 실용적 연구나 현장조사는 전무한 실정이다. 다만 양계분야에서 사양시설과

관련하여 이용범 등(1991), 이덕수 등(1992)이, 계사형태에 따른 경영비와 관련하여 최희철 등(1996)의 연구가 눈에 띈 정도이다.

그러므로 본 연구에서는 우리 나라에서 현재 양돈에 적용되고 있는 양돈농가의 사양방식, 성장단계별 돈사의 구조적 형태 및 이의 환경제어시스템 (특히 환기시스템)을 현장조사하여 이의 문제점을 분석, 평가함으로써 궁극적으로 우리 나라 기후에 적합한 환경검증형 성장단계별 표준돈사 모델정립을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 제2절 재료 및 방법

### 1. 현장조사지역 및 방법

우선 현재 우리 나라에서에서 가장 광범위하게 건축되고 있는 돈사의 구조적 형태 (지붕-마루-피트) 및 돈사내에 적용되고 있는 환경제어시스템(특히 환기시스템)을 지역별, 돼지의 성장단계별 특성을 파악하고, 궁극적으로 우리 나라 표준돈사를 정립하고자 1997년 1월~4월까지 약 4개월에 걸쳐 중부지방을 5월~8월에 걸쳐 남부지방 현장조사를 수행하였다.

조사방법은 우선 유선상으로 각 도청의 축산담당자와 방문일시, 조사항목 등을 협의한 후, 약속일에 각 道의 축산담당자를 방문, 우선 해당 道의 총괄적인 축산현황을 파악한 후, 담당자의 도움을 받아 양돈이 가장 발달되어 있으며, 돈사 구조적 형태 및 환경제어시스템이 대표성을 가지는 한 2~3郡의 조합, 단지, 또는 개인농장(중대, 중소 양돈농가) 등을 방문하여 면담과 견학 등으로 조사항목을 중심으로 자료를 수집, 분석하였다. <그림 2-1>과 <표 2-1>은 현장조사한 우리 나라에 산재한 8개도 75개소 단지와 개인농가의 농장명과 행정구역상 위치를 나타낸 곳이다.

### 2. 현장조사항목

<표 2-2>와 같이 75개 농장에서 기본적으로 농장의 경영 및 질병예방의 차원에서 최근 거론되고 있는 양돈경영형태, 성장단계별 돈사의 구조적 형태 및 물리적 제원, 돼지의 생주환경과 복지 및 돈사내에서 장시간 작업하는 작업자의 건강에 영향을 미치는 돈사의 환경제어시스템 등의 항목을 조사하였다. 또한 돈사피트의 환경은 생주

환경과 상호 밀접한 관계가 있으므로 돈사내 분뇨수거시스템도 조사항목에 포함시켰다. 구체적인 조사항목은 <표 2-2>와 같다.

<그림 2-1> 우리 나라 현장조사대상 도 및 군 행정상 위치도

<표 2-1> 현장조사한 양돈농가의 행정구역상의 위치 및 농장명

도 별	시·군별	방 문 농 장 위 치
경기도	용인군	▪ 신운, 백운양돈단지 및 개인농장 4곳1
	이천군	▪ 도드람, 미원양돈단지 및 개인농장 3곳
	화성군	▪ 발안 개인농장 및 개인농장 2곳
	안성군	▪ 삼죽, 일죽양돈단지, 안성읍 개인농장 1곳
	포천군	▪ 장수양돈단지, 개인농장 2곳
강원도	철원군	▪ 철원양돈단지, 철원양돈조합단지
	홍성군	▪ 유치리 개인농장 1곳
	원주시	▪ 소초양돈단지
충북	청원군	▪ 내수양돈단지
	증평시	▪ 미원계열화 농장, 개인농장 1곳
	음성군	▪ 설당양돈단지, 개인농장 1곳
충남	논산시	▪ 중리, 영문양돈단지, 원농장
	부여시	▪ 개인농장 1곳
	공주시	▪ 미원계열화 농장 및 개인농장 1곳
	홍성군	▪ 광천양돈단지
경남	김해군	▪ 태광농장, 김해상동양돈단지,
	합천군	▪ 나대리 양돈단지,
	고성군	▪ 고성양돈단지,
	양산군	▪ 양산양돈단지,
	창녕군	▪ 대송양돈단지, 부흥양돈단지
경북	구미시	▪ 금오양돈회, 고아면 개인농장 1곳1)
	영천군	▪ 신령면 개인농장 2곳1)
	고령군	▪ 대곡리 양돈단지
	안동시	▪ 태화동 개인농장, 와동면 개인농장1)
	의성군	▪ 형계농장,
	성주군	▪ 다인종돈장, 용신양돈단지,
전남	화순군	▪ 삼천종돈장, 능주면 개인농장1)
	나주시	▪ 나주양돈단지, 반남양돈단지, 천하양돈단지, 축협종돈사업소
	순천시	▪ 설당양돈단지, 개인농장 1곳1)
	무안군	▪ 유당농산, 대박농장, 운남면 개인농장1)청계면 개인농장1)
	함평군	▪ 해보양돈단지, 장년리 개인농장1)
전북	익산시	▪ 개인농장 2곳1)
	김제시	▪ 개인농장 3곳1)
	정읍시	▪ 덕천양돈단지, 감곡양돈단지,
	완주군	▪ 전라영농, 개인농장 1곳1)

8개도 35시군 75개소의 양돈단지 및 개인농장

1)농장명이 없는 양돈농장

<표 2-2> 현장조사항목

조사항목		조사내용
사육규모 및 경영형태	사육규모 경영형태	사육두수 및 호수와의 관계에 따른 양돈경향 분석 일괄, 계열화의 추세
돈사 구조 및 환경제어시스템	환기시스템 측벽형태	음압, 양압, 중압 등의 환기시스템형태 winch curtain, 측창(재래식), 무창 등 구조적 형태
	냉난방시스템 棟당면적	혹서기, 혹한기를 위한 공기조화시스템 형태 동당면적에 따른 환기형태, 사육밀도 등 분석
	돈사제원	돈사구성체(외형)의 제원
	지붕형태	지붕의 구조적 형태
	바닥형태	분뇨처리와 관련한 돈방(pen)바닥형태
피트 돈분뇨 수거시스템 및 돈분뇨 처리시스템		돈사피트내 분뇨수거형태 수거된 돈분뇨의 처리형태 분석

### 제3절 결과 및 고찰

#### 1. 우리 나라 양돈 사육규모

<표 2-3> <표 2-4>에서와 같이 우리 나라의 도별 사육두수는 경기도 1,661천두, 충남 1,256천두, 경남 820천두 순으로 많았으며, 강원도와 충북은 경기도의 1/5 수준에 지나지 않았다.

<표 2-3> 중부지방 도별 양돈현황 (1997년 6월 당시)<sup>1)</sup>

사육현황	전 국	도 별			
		경기도	강원도	충남	충북
사육두수, 천두	6,516	1,661	300	1,256	301
백분율	100%	26	5	19	5
농가수	33,276	4,790	1,044	9,014	950
백분율	100%	14	3	27	3
호당두수	196	347	288	139	326

<sup>1)</sup>축산환경실험실 내부조사자료

경기도와 충남 및 경남의 다두사육현상은 서울과 수도권역, 대전권역의 대단위 육류 소비지 및 돈육수출업체인 (주)대성식품등의 지역편중에 따른 것으로 조사되었으며,

지역적으로 양돈이 발달된 곳은 道의 대단위 육류소비지가 인접해 있거나 운송이 편리한 지역에 편중되어 다두사육되고 있다. 3개시군을 제외한 나머지 군은 경기도의 30~40% 정도에 머물러 전형적인 多頭多家형태로 중소 영세양돈농가들이 밀집해 있는 것으로 분석된다. 따라서 향후 전업화에 따른 두수의 증가로 인하여 경기도, 충남, 경남지방의 돈분뇨 적정관리의 어려움이 예상된다.

<표 2-4> 남부지방 도별 양돈현황 (1997년 12월 당시)1

사육현황	전 국	도 별			
		경남	경북	전남	전북
사육두수,천두	6,588	820	700	654	533
백분율	100%	12	13	10	10
농가수	28,736	3,201	3,311	7,404	5,843
백분율	100%	11	7	13.4	12
호당두수	229	256	211	88	91

1축산환경실험실 내부조사자료

가. 경기도내 군별 사육현황

<표 2-5>는 경기도내 군별 돼지사육현황을 나타낸 것이다. 경기도의 사육두수는 우리 나라 총두수의 1/4을 사육하고 있으며, 평균 사육두수도 350여두로, 우리 나라에서 전업규모가 가장 큰 지역으로 서울 및 수도권 신도시를 중심으로 환형을 이루며, 양평군을 제외한 모든 군이 고투 양돈을 하고 있다.

<표 2-5> 경기도의 주요 郡(조사)의 양돈현황(1997년 6월 당시)1

사육현황	경기도	군 별				
		화성군	안성군	용인군	이천군	포천군
사육두수,천두	1,661	93.3	113.7	251.7	200.0	148.3
백분율	100	5.6	6.9	15.2	12.0	8.9
농가수,호	4,790	282	350	468	370	307
백분율	100	5.9	7.3	9.8	7.7	6.4
호당두수	347	331	325	538	541	483

1축산환경실험실 내부조사자료

특히 동남부의 용인군, 이천군과 북부의 포천군 등이 다른 군들보다 총사육두수에서는 호당 사육두수도 훨씬 많은 것으로 나타나, 우리 나라 양돈을 경기도가, 경기도내

에서는 용인, 이천군이 주도하고 있는 것으로 인식된다. 이는 최근 북부지방인 포천, 파주군 등의 양돈도 용인, 이천에서 정착된 유무형의 양돈기술이 그대로 전이되고 있는 데에서도 알 수 있다.

나. 강원도내 군별 사육현황

<표 2-6>는 강원도 대표군의 양돈현황을 나타낸 것이다. 강원도는 사육두수는 30여만두에 지나지 않지만, 군별 호당사육두수는 철원군이 348두, 홍성군 494두, 원주군 224두로 원주군을 제외하고는 전업화되어 있음을 알 수 있다.

특히 홍성군은 호당 사육두수가 약 500두에 가까워 이 지역은 경기동부의 이천군과 인접하여 양돈 전문화의 간접적인 영향을 받은 것 같다.

<표 2-6> 강원도의 주요 군의 양돈현황(1997년 6월 당시)<sup>1</sup>

사육현황	강원도	군 별		
		철원군	홍성군	원주군
사육두수, 천두	300.1	82.7	36.6	45.9
백분율	100	27.6	11.2	15.3
농가수, 호	1,044	238	68	205
백분율	100	22.8	6.5	19.6
호당두수	286	348	494	224

<sup>1</sup> 축산환경실험실 내부조사자료

다. 충남의 군별 양돈현황

<표 2-7>은 전국에서 가장 양돈농가수가 많은 충남의 代表郡의 양돈현황을 나타낸 것이다. 충남의 경우 전체중 사육두수로는 19.3%, 농가수로는 27.1%를 차지하여 우선 양돈규모가 영세함을 알 수 있다.

<표 2-7> 忠南 주요 郡의 양돈현황(1997년 6월 당시)<sup>1</sup>

사육현황	충남	군 별			
		논산시	부여군	공주군	홍성군
사육두수, 천두	1,256	128.4	32.0	65.2	296.3
백분율	100	10.2	2.4	5.2	23.5
농가수, 호	9,014	572	242	332	743
백분율	100	6.3	2.7	3.7	8.2
호당두수	139	225	132	196	399

<sup>1</sup> 축산환경실험실 내부조사자료

호당두수는 홍성군을 제외한 3개 시군은 전국평균에도 미치지 못하는 130~230두로 조사되었다. 논산시의 절대사육두수나 호당 사육두수가 부여, 공주군보다 높게 나타난 것은 대전광역시와 인접해 있기 때문으로 이해된다. 다른 군들과 달리 홍성군은 사육두수가 30여만두로 단일 군으로는 전국에서 가장 많으며, 호당 사육두수도 약 400여두로 규모화가 진행되고 있는 듯하다. 홍성군은 배후 대도시가 없음에도 불구하고 養豚郡으로 성장한 데는 군에서 양돈을 주요 농업작목의 하나로 정착시켰음을 알 수 있다. 충남의 양돈추이를 분석해보면 향후 중소규모 농가의 폐농 등의 조정국면을 거쳐 2~3년내에 경기도와 비슷한 규모의 양돈산업이 정착될 가능성이 높다.

라. 충북의 양돈현황

<표 2-8>은 충북의 대표군의 양돈현황을 나타낸 것이다. 충북은 강원도와 비슷한 수준의 양돈규모이나 호당 사육두수는 330여두로 비교적 전업화 규모화되어 있음을 알 수 있다. 특히 음성군의 경우 조사대상군중 가장 높은 670여두로 나타나 우리나라에서 군별 호당사육두수가 가장 큰 것으로 조사되었다. 음성군의 양돈전업화도 경기동부의 양돈규모화에 영향을 받은 듯하며, 특히 대규모 사료회사가 위치하여 손쉬운 사료구입도 규모화되는 한 영향요인으로 분석된다. 최근 팔당호 수질오염의 우려 때문에 수도권역에 신규양돈입지를 제한함으로써 점차 강원도, 충북 등으로 양돈농가가 이동할 가능성이 높아지고 있다.

<표 2-8> 忠北 주요 郡의 양돈현황(1997년 6월 당시)<sup>1</sup>

구분	충북	군 별		
		청원군	증평시	음성군
사육두수, 천두	309.9	49.9	17.0	49.0
백분율	100	16.1	5.5	15.8
농가수, 호	950	208	74	73
백분율	100	21.9	7.8	7.7
호당두수	326	327	230	671

<sup>1</sup>축산환경실험실 내부조사자료

마. 경남내 군별 사육현황

<표 2-9>는 경남내 군별 돼지사육현황을 나타낸 것이다. 경남의 사육두수는 우리나라 평균 호당사육두수보다 많이 사육하고 있으며, 부산광역시를 중심으로 합천군을 제외한 모든 군이 지역의 큰 편중없이 양돈을 하고 있다. 특히 동남부의 김해

군, 고성군과 북부의 양산군 등이 다른 군들보다 총사육두수에서는 호당 사육두수도 많은 것으로 나타나, 우리 나라 남부지방의 양돈을 경남이, 경남내에서는 김해군을 중심으로 동부 지방에 치우쳐 사육되고 있다. 이것은 겨울철 기온의 대부분이 零上의 날씨가 양돈의 활성화를 가져왔으며, 그리고 육류수출의 교통이 편리한 지역에 사육두수가 증가하는 것을 알 수 있다.

<표 2-9> 慶南의 주요 郡(조사)의 양돈현황(1997년 6월 당시)1

사육현황	경남	군 별				
		김해군	합천군	고성군	양산군	창녕군
사육두수,천두	818.9	245.6	95.6	50.7	47.9	48.6
백분율	100	29.9	11.7	6.2	5.8	5.9
농가수,호	6,415	579	993	175	147	180
백분율	100	9.4	16.1	2.8	2.4	1.4
호당두수	127	424	96	289	326	270

1 축산환경실험실 내부조사자료

바. 경북내 군별 사육현황

<표 2-10>은 경북내 대표군의 양돈현황을 나타낸 것이다. 경북의 사육두수는 70여 만두로, 군별 호당사육두수는 고령군이 493두, 구미시 363두, 성주군 345두로 안동시를 제외하고는 전업화되어 있음을 알 수 있다. 특히 고령군은 호당 사육두수가 약 500두에 가까워 이 지역은 대구광역시와 인접하여 소비생산의 영향을 받은 것 같다.

<표 2-10> 慶北의 주요 郡의 양돈현황(1997년 6월 당시)1

사육현황	경북	군 별					
		구미시	영천시	고령군	안동시	의성군	성주군
사육두수,천두	700.4	23.6	79.2	49.3	49.2	30.9	35.9
백분율	100	3.4	11.3	7.0	7.0	4.4	5.1
농가수,호	3,311	65	356	100	303	152	104
백분율	100	1.9	10.7	3.0	9.1	4.6	3.1
호당두수	211	363	222	493	162	203	345

1 축산환경실험실 내부조사자료

사. 전남의 군별 양돈현황

<표 2-11>은 전남내 代表郡의 양돈현황을 나타낸 것이다. 전남은 조사 당시 남부 지방에서 가장 낮은 영세규모로 전남의 경우 전체중 사육두수로는 9.0%, 농가수로는

25.7%를 차지하여 우선 양돈규모가 영세함을 알 수 있다. 호당두수는 무안군, 함평군을 제외한 3개 시군은 전국평균에도 미치지 못하는 43~179두로 조사되었다. 그러나 현재는 많은 양돈농가들의 전업화가 추진되고 있다. 무안군과 함평군은 배후 대도시가 없음에도 불구하고 절대사육두수나 호당 사육두수가 화순, 나주군보다 높게 나타난 것은 주변 소비도시의 지리적 여건보다는 양돈에서 생산되는 퇴비의 전량이 소모될 수 있는 주작목인 양파(마늘) 등의 거름(퇴비) 생산이 필요하여 호당 사육두수도 약 500~800여두로 규모화가 진행되고 있는 듯하다.

<표 2-11> 全南 주요 郡의 양돈현황(1997년 6월 당시)1

사육현황	전남	군 별				
		화순군	나주시	순천시	무안군	함평군
사육두수,천두	654.5	35.1	136.8	54.0	128.6	42.2
백분율	100	5.0	19.5	7.7	18.3	6.0
농가수,호	7,404	809	764	406	154	77
백분율	100	10.9	10.3	5.5	2.1	1.0
호당두수	88	43	179	133	835	548

1 축산환경실험실 내부조사자료

아. 전북의 양돈현황

<표 2-12>는 전북내 대표군의 양돈현황을 나타낸 것이다. 전북의 양돈지역은 고속도로에 인접한 서북부 지역에 편중되어 있으며, 조사대상의 郡間의 큰 차이를 나타내지 않았다. 특히, 익산시는 전북에서 사육두수는 많음에도 불구하고 호당사육두수는 조사대상군에서 호당사육두수가 가장 적어 소규모 농가가 편재되어 있어 돈분뇨의 적정관리가 매우 어려울 것임을 쉽게 이해할 수 있다.

<표 2-12> 전북 주요 郡의 양돈현황(1997년 6월 당시)1

사육현황	전북	군 별			
		익산시	김제시	정읍시	완주군
사육두수,천두	533.2	153.4	111	78	26.7
백분율	100%	28.7	20.8	14.6	5
농가수	5,843	1191	696	302	199
백분율	100%	20.3	11.9	5.2	3.4
호당두수	91	128	159	258	134

1 축산환경실험실 내부조사자료

2. 양돈경영형태

최근 양돈농가의 전업화 추세에 따라 경영형태도 서서히 변하고 있다. 현재까지는 한 농장에서 번식에서 비육성 출하까지 전체 사육이 일어나는 일괄경영형태가 대부분이었으나 최근에는 질병전이의 근원적 차단, 노동력 절감, 사양전문화 등 경영상의 이점으로 성장단계별로 농장을 달리하는 계열화 경영형태를 적용하는 농가가 점증하고 있다. <표 2-13, 표 2-14>는 군별 계열화 농장비율을 조사한 것이다.

<표 2-13> 중부지방 지역별 양돈 경영형태별 점유율, %

경영형태	경기도					강원도	충남				충북		
	이천	용인	화성	안성	포천		논산	부여	공주	홍성	청원	증평	음성
일괄경영	≥90	85~ 90	100	90	90	100	100	100	98	95	≥95	100	≥95
계열화	103	10~ 15	0	10	5	01	0	0	23	5	≤5	02	≤5

1계열화 전환 계획중  
2미원계열농장의 계열화 농장조성중  
3미원계열농장

<표 2-14> 남부지방 지역별 양돈 경영형태별 점유율, %

경영형태	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
일괄경영	100	96	94~ 96	97	95	95	96	93~ 96	97	96	95	100	96~ 98	95~ 97	97
계열화	01	4	≤62	3	5	5	4	≤7	3	4	5	0	≤4	≤5	3

1계열화 전환 계획중  
2단지계열농장의 계열화 농장조성중

<표 2-13>, <표 2-14>에서 보듯이 계열화는 경기도의 경우 약 10% 정도이나 그외의 지방의 경우는 약 5% 미만으로 다른 도에서의 적용은 아직 미미한 것으로 조사되었다. 경기도 이천군은 미원농장 계열농가에서 계열화정도가 높았으며, 이러한 추세는 청정돼지 일본수출이라는 목표와 맞물려 향후 신설농장은 물론이고 기존농장도 지속적으로 증가할 가능성이 높다. 경기도를 제외한 다른 도의 경우 양돈규모는 비교적 적고, 계열화 경영형태를 채택하고 있지는 않지만, 설문조사결과 계열화 의지가 가장 강한 것으로 조사되어 여건만 주어지면 빠른 속도로 계열화 및 규모화가 이루어질 것으로 관측된다. 현재 대부분의 농가가 일괄사육을 하고 있었으며, 간혹 단지계열 농장이나 미원계열농장의 1~2농장이 계열화되어 있는 것이 전부이었다. 현재 우

리 나라의 양돈 전문화는 전국적으로 균일하게 추진되고 있는 상태라고 볼 수 있다.

전반적으로 우리나라의 양돈농가들은 질병의 근원적 차단이라는 장점을 계열화해야 한다는 데는 동의하며, 추진할 의사가 강하나, 사육돈의 안정적 확보, 경영 채산성 등 이런 저런 현실적 이유 때문에 신속하게 전환되지 못하고 있는 실정이었다.

### 3. 돈사형태 및 환기시스템

환기시스템은 기본적으로 기계적 환기(mechanical ventilation)시스템과 자연환기(natural ventilaticn)시스템으로 나눌 수 있으며, 환기시스템의 효율은 돈사의 청정도를 결정하므로 이에 대한 정교한 설계가 요구된다. 현장조사결과 우리 나라의 성장단계별 돈사와 환기시스템 및 입·배기구와의 전형적 조합은 기본적으로 <표 2-15>와 같았다.

<표 2-15> 우리 나라 전형적 성장단계별 환기시스템 조합

성장단계	돈사형태/환기형태	입·배기구
분만돈과 한배새끼	무창-기계적 환기	팬
자돈	무창-기계적 환기	팬
육성·비육돈	개방식-자연환기	측벽윈치커텐, 용마루모니터, ventor

### 4. 측벽형태

<표 2-15>의 현장조사 분석결과와 같이 우리 나라에서 건축된 대부분의 자돈사 및 분만사는 주로 무창돈사로 기계적 환기시스템을 채택하고 있으며, 입배기는 기본적으로 팬을 사용하고 있었다. 포유 및 이유자돈사의 무창화는 자돈이 열, 습도에 매우 민감하기 때문에 이를 정교하게 제어하기 위함인 듯하다. 그러나 既築豚舍들은 대부분 우리 나라의 기상이 고려되지 않은 수입돈사이거나, 특정 외국사의 돈사시스템(환기시스템 포함)을 그대로 모방, 복제하여, 분만사나 체중 20kg 이상의 자돈사에서 열부하(heat stress)가 심각하며, 흑한기에는 밀폐로 인한 실내 암모니아, 먼지 등의 집적으로 화학적 환경이 악화되는 것으로 조사되어 외국사 무창 자돈사 및 분만사의 환기효율에 대한 불신이 점점되고 있는 실정이다. 기본적으로 이러한 무창 분만사,

자돈사의 경우, 계절별 환기율의 결정, 온습도 등의 정량적 변수분석 뿐만 아니라, 팬효율, 공기유동형태 등의 정성적 변수분석 등을 통하여 기건축된 무창돈사에 대한 보완이 이루어져야 할 것으로 판단된다. <표 2-16>, <표 2-17>, <표 2-18>, <표 2-19> 에서는 같이 우리 나라의 중부지방은 양돈농가의 약 90% 정도가 자돈, 분만사를 무창화한 것으로 조사되었으나 경기도 포천, 강원도 홍성, 철원, 충남 홍성 등에서는 아직도 재래식 축창이나, 원치커텐돈사가 10~20%에 이른다. 그러나 중부지방에 비하여 기후가 온난한 남부지방은 농가의 약 50% 이상은 아직까지 자연환기 즉, 원치를 사용하고 있으며 특히 단지를 제외한 농가는 경남의 김해, 경북의 고령, 전북의 익산 등에서는 아직도 재래식 축창이나, 원치커텐돈사가 57~65%에 이른다. 이러한 돈사는 겨울철 남부지방의 기후가 다른지방에 비하여 온난하므로써 시설에 크게 신경을 쓰지 않고 있었지만 양돈의 전업화 경향으로 점차 줄어들 전망이다.

<표 2-16> 중부지방의 지역별 분만사 축적형태별 점유율, %

돈사 형태	경기도					강원도			충남				충북		
	이천	용인	화성	안성	포천	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	홍성	청원	증평	음성
원치커텐돈사	2~5	6	10	4	6	5	7	12	13	*	*	13	*	*	5
무창	≥90	≥87	85	92	81	80	81	84	82	*	*	68	*	*	≥93
재래식 (축창)	2~5	7	5	4	13	15	11	4	5	*	*	19	*	*	2

\* 조사자료만으로 郡의 대표성을 논하기 어려움

<표 2-17> 남부지방의 지역별 분만사 축적형태별 점유율, %

돈사 형태	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
원치커텐돈사	≥65	50	60	50	57	52	≥44	40	≥50	51	45	≥65	65	*	53
무창	35	40	35	45	40	45	50	55	42	47	50	25	30	*	40
재래식 (축창)	≥5	10	5	5	3	3	≥6	≥8	2	5	10	≥5	*	7	

\* 조사자료만으로 郡의 대표성을 논하기 어려움

<표 2-18> 중부지방의 지역별 자돈사 축벽형태별 점유율, %

돈사 형태	경기도					강원도			충남				충북			
	이천	용인	화성	안성	포천	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	홍성	청원	증평	음성	
원치커텐돈사	2~5	6	10	≥6	2	5	6	11	18	*	*	18	*	*	4	
무창	≥93	≥90	88	92	83	80	81	87	80	*	*	68	*	*	≥93	
재래식 (축창)	2~5	1~2		2	2	15	15	13	2	2	*	*	14	*	*	3
	농가	농가														

\* 조사자료만으로 군의 대표성을 논하기 어려움.

<표 2-19> 남부지방의 지역별 자돈사 축벽형태별 점유율, %

돈사 형태	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
원치커텐돈사	≥67	55	62	50	56	50	≥45	42	≥55	52	47	≥85	67	*	53
무창	30	40	35	45	40	45	50	55	42	47	50	5	30	*	40
재래식 (축창)	≥3	5	3	5	4	5	≥5	3	≥3	1	3	10	≥3	*	7

\* 조사자료만으로 郡의 대표성을 논하기 어려움

육성·비육돈사의 경우, 단지규모 농장에서는 무창화된 곳도 전남 무안의 유당농산, 전남 나주의 천하양돈단지, 영광 축협조합 등이 있었으나 일반 양돈농가에서는 무창돈사는 거의 전무하였다. 그러나 既築 외국사 무창돈사의 환기효율이 기대에 미치지 못하여 비싼 기술료지불에 대한 불평이 높았다. 이는 외기상의 차이에 대한 고려없이 외국사의 시스템이 그대로 국내에 적용되거나, 보완을 요구할 수 있는 전문적 지식의 결여된 데서 비롯된 듯하다. <표 2-20>, <표 2-21>에서와 같이 우리 나라 육성·비육돈사의 (중부지방)80%~(남부지방)90%가 축벽원치커텐을 통해 입배기하는 개방형 돈사로 조사되었다. 이는 건축단가가 싸고, 특히 혹서기에 모든 축벽을 개방함으로써 상대적으로 열부하를 감소시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 선호하는 듯하다. 그러나 겨울철 혹한기에 낮은 단열수준으로 가온 에너지비용이 많이 들거나, 실내 저온으로 인한 성장을 감소 등이 단점으로 지적되고 있다. 이런 단점을 보완하기 위하여 최근 무창에 대한 관심이 높아지고 있으나 시설단가가 높고, 정교한 환기시스템 설계가 되지 못할 경우, 오히려 혹서기에 열, 수분, 먼지, 악취 등의 집적으로 생산 효율을 저하시킬 수 있다. 우리나라의 경우 재래식 축창돈사는 거의 사라졌으며, 대

부분 원치커텐돈사이나 최근 경기도의 이천군을 중심으로 무창돈사가 점차 늘어나는 추세이다.

그러나 양돈농가들은 무창돈사에 대한 환경관리상 기술적인 문제가 있다고 판단하여 아직까지는 비교적 환경적으로 안정적인 원치커텐돈사를 선호하고 있다. 이러한 현상은 다른 지역에서도 비슷하였다. 다만 정부의 축산발전기금으로 돈사를 건축하는 일부 단지 또는 조합에서는 행정부서의 권유로 무창 육성·비육돈사를 건축하는 농장도 조사되었다.

<표 2-20> 중부지방의 지역별 육성·비육돈사 축적형태별 점유율, %

돈사 형태	경기도					강원도			충남				충북		
	이천	용인	화성	안성	포천	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	홍성	청원	증평	음성
원치커텐돈사	90	98	99	≥80	86	≥99	≥99	90	90 (2중)	95	≥90	88	70	80	90
무창	10	1~2 농가	0	10	5	0	0	10	0	3~4 농가	5~1 0	3	1 농가	5	5
재래식 (축창)	0	0	1~2 농가	10	9	1	1	0	10	3	≤5	9	30	15	5

<표 2-21> 남부지방의 지역별 육성·비육돈사 축적형태별 점유율, %

돈사 형태	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
원치커텐돈사	≥98	95	96	95	94	95	93	94	≥95	96	≥95	90~ 92	95	96~ 97	96
무창	1 농가	4	4	4	4	3	4	4	2 농가	2	4	1 농가	3	1	2
재래식 (축창)	1	0		1	2	2	3	2	3	2	1	≥9	2	≥3	2

특히 중부지방에서는 강원도의 경우는 겨울철 외기의 온도 전달을 적게 하기 위하여 이중 원치커텐 설치율이 90~99%로 높으며, 남부지방 경남의 경우, 돈사의 단일 원치커텐 설치율이 95% 이상 다른 도에 훨씬 높았다. 이것은 남부지방에서는 혹한기의 기온이 영하로 떨어지는 비율이 낮아 돈사내에 미치는 영향이 적기 때문에 단일 커텐으로 설치하였으며, 그외의 다른 도는 환기효율을 높이하고자 2단 원치커텐 설치율이 95% 이상 이었다. 특히 남부지방은 중부지방과는 달리 무창돈사 비율이 5% 이하로 조사되었으나 현장에서는 육성·비육돈사라 하더라도 혹서기의 熱害문제를 기술적으로

해결할 수 있다면, 양돈의 영세성을 개선하려는 정부의 지원에 힘입어 무창화하려는 의지가 강하였다.

특히 충북은 타 지역에 비해 원치커텐돈사의 비율이 낮고(70~90%), 재래식축창의 비율이 높게 나타났다(5~30%), 이는 양돈농가들의 시설투자가 상당 기간 없었기 때문으로 판단되며, 현재 대단위 양돈단지의 조성계획을 추진중인데, 이미 건축된 음성의 설성양돈장이나, 옥천의 청산양돈장 등의 영향으로 무창 육성·비육돈사의 비율이 점증할 것으로 예상된다.

전반적으로 돈사형태는 자연환기시스템을 적용한 원치커텐돈사가 대부분이나 최근 정부보조로 양돈가들은 무창돈사를 건축하는 경향이 강하여 이의 점유율이 점증할 것으로 예상된다. 그러므로 특히 혹서기 무창돈사의 적정 열환경유지를 위한 심도있는 연구를 통하여 양돈에 접목시킬 수 있는 현장애로기술의 개발이 절실하다.

#### 5. 돈사의 냉난방 시스템

성장단계별 돈사의 열환경은 돼지생산효율 뿐만 아니라 에너지비용으로 인한 생산 단가에 직접적인 영향을 미치기 때문에 적정 열환경제어를 위한 냉난방시스템의 선택 및 운용은 매우 중요하다. 기본적으로 현장조사결과 우리 나라의 성장단계별 돈사와 냉난방시스템의 전형적 조합은 <표 2-22>와 같다.

<표 2-22> 우리 나라 성장단계별 냉난방시스템 조합

성장단계	여름(혹서기)	겨울(혹한기)
분만돈과 한배새끼	부분 등바람	보온등, 보온매트 등
자돈	안개분무	보온등, 보일러, 보온매트 등
육성·비육돈	안개분무(팬), 냉각패드,	열풍기, 보일러

<표 2-22>의 현장조사 분석결과와 같이, 지역에 관계없이 대부분의 분만사는 분만돈에 개별 목덜미入氣나, 환기율을 최대하여 풍속을 높여 대류열손실을 유도하고 있었으며, 자돈사의 70% 이상이 噴霧노즐로 加濕減溫하는 냉각시스템을 채택하고 있었다. 분무기의 설치위치는 외벽이나 돈사내의 측벽상부 또는 중앙에 설치를 하여 시간에 따라 분무량을 조절할 수 있게 하였다. 육성비육돈은 경기도의 일부 선진화된 농장에서는 지하수를 이용한 냉각패드시스템(cooling pad system)을 채택하고 있었으나, 90% 이상의 일반농장이나 단지에서는 단순히 분무노즐(mist nozzle)를 이용하여

냉각시키고 있었다. 그러나 선진농장이라하더라도 습도가 높으면 온도를 낮출 수 있다하여 돈을 過濕化함으로써 병원성 미생물 증식에 대한 우려가 높아지고 있다. 향후 열환경과 화학적 환경(먼지, 암모니아 등) 등의 상호관계를 고려한 적정 분무량과 운영전략에 관한 심도있는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

加溫도 지역에 관계없이 95% 이상의 분만사, 자돈사는 보온등 또는 보일러를 설치하여 바닥난방을 해주고 있었다. 특히 보온등 난방의 경우 局地的으로 보온되어 돈사 전체의 환경온도보다는 자돈주위의 온도를 높이는 효과가 큰 것으로 조사되었다. 육성·비육돈사의 난방은 주로 열풍기를 이용하여 가온하고 있으나 현재는 네델란드 헨드릭스사와의 기술제휴를 통해 설계·시공된 무지개 표준돈사 등과 같이 복도에 보일러 등을 설치하여 환기시스템과 병행하여 난방을 시켜주는 농장이 점증하고 있었다. 가온이나 냉각을 위하여 관행에너지를 사용할 경우 에너지 비용이 과다하여 경영에 부담이 되고 있으므로 에너지 절약형 가온, 냉각기술개발의 필요성이 IMF구제금융하에서 더욱 절실하다.

## 6. 棟當면적

돈사의 단면적은 환기시스템 선택, 사양시설 및 관리, 경영비 등과 밀접한 관계가 있기 때문에 적정 단면적의 설계는 매우 중요하다. 최근까지 1993년 정부가 고시한 가변형 축사표준설계도의 영향으로 60여평 규모의 돈사가 많이 건축되었으나, 1998년에 공고한 표준설계도에서는 사양관리의 효율을 고려하여 120평 규모의 표준돈사를 제시하였다. 분만, 자돈사의 동당면적은 육성, 비육사와 거의 같은 경우가 대부분이었으며, 다만 내부를 분만(포유자돈), 이유자돈, 육성·비육돈에 맞게 시설하였으므로 조사지역내의 육성·비육돈사의 棟當면적을 중심으로 조사한 자료는 <표 2-23, 표 2-24>와 같다.

<표 2-23> 중부지방 육성, 비육사의 도별 동당면적, 평

경기도				강원도			충남			충북		
이천	용인	화성	안성	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	청원	증평	음성
120~200	60~120	60~120	70~100	60~200평			60:120	120	60~120	60~120	100	120

1 60여평돈사가 50%, 120여평 돈사가 약 50% 건축되어 있음

<표 2-24>. 남부지방 육성, 비육사의 도별 동당면적, 평

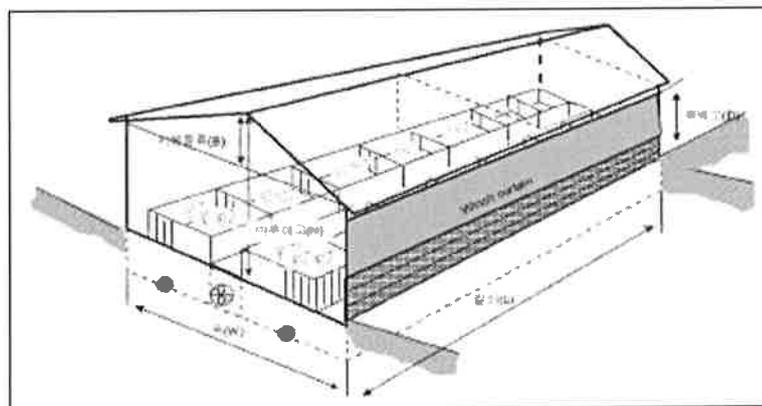
경남			경북				전남				전북			
김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
120~ 200	120	120~ 200	60~ 120	150~ 200	120~ 200	120~ 200	120	120	90~ 120	120~ 200	60~ 120	120	60~ 120	120~ 200

육성·비육사는 지금까지 건축법에 의하여 대부분의 지역에서는 동당면적을 60~120평으로 건축되어 있었으며, 일부 단지농장에서는 200평 돈사도 있었으나 극소수에 불과하였다. 그러나 최근에는 건축법이 완화되면서 신축돈사를 중심으로 200평 규모 비육돈사의 신축, 증축이 활발하게 진행되고 있다. 특히 남부지방에서는 경북의 영천, 전북의 익산, 정읍을 제외한 대부분의 지역에서는 동당면적을 120평 이상으로 신축하고 있는 돈사는 90% 이상이 200평 비육돈사의 신축, 증축이 활발하게 진행되고 있는데 이는 규모가 큰 돈사일수록 사양 및 경영의 측면에서 효율적이라는 양돈가들의 경험에서 비롯된 듯하다.

우리 나라에서 양돈이 전업화 되는 경향으로 보아 향후 이러한 경향을 전국적으로 확산될 가능성이 있으므로 향후 대형돈사에 대한 환경제어 연구에 관심을 두어야 할 것으로 생각된다.

## 7. 돈사의 구조적 제원

<그림 2-2>는 우리 나라 전형적인 원치커텐 돈사를 나타낸 그림이다. 돈사의 용마투고는 지역과 지형에 따라서 달라질 수 있다.



<그림 2-2>. 우리 나라 전형적인 원치커텐돈사

돈사의 구조적 제원은 지형적으로 바람이 많은 지역에서는 용마루고를 낮게하여 구조적인 안정성을 고려하였고, 바람이 적은 지역에서는 높게 하여 굴뚝효과(bucyancy effect)로 자연환기의 효율을 높이하고자 하였다. 특히 돈사의 폭과 길이는 환기시스템의 주풍방향과, 돈사공간의 크기는 열환경과 頂點順延(phase lag)과 밀접한 관계가 있으므로 돈사의 구조적 제원은 환기시스템의 효율 뿐만 아니라 구조적 안정성에도 영향을 미치므로 이들 영향인자들과 토지형상을 고려하여 신중히 결정해야 한다. <표 2-25, 표 2-26>은 조사지역별 처마고 및 용마루고를 나타낸 것이다.

<표 2-25> 중부지방 돈사의 돈사제원, m

지역	경기도				강원도			충남			충북		
	이천	용인	화성	안성	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	청원	증평	음성
용마루高	4.0~4.5	2.5~3.5	3.5~4.0	4.0	3.0~5.0			4.0~6.0	4.0	5.0~6.0	4.5	3.5	3.5
처마高	2.5~3.0	1.5~2.5	2.5	2.5	2.5~3.0			3.0~4.0	3.0	4.0	3.0	2.5	2.5
지붕틀춤	1.5	1.0	1.0~1.5	1.5	0.5~2.0			1.0~2.0	1.0	1.0~2.0	1.5	1.0	1.0
폭	12~18m				8~12m			10~14			12~14m		

<표 2-26> 남부지방 돈사의 돈사제원, m

지역	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
용마루高	5~5.5	4.5~5	5	5~5.5	4.5	4.5	4~4.5	4.5~5	4.5	4.5	4.5	4~4.5	4	4~4.5	3.5~4
처마高	3.0	3.0	3.0	3.0~3.5	3.0	3.0	2.5~3.0	3.0~3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5~3.0	2.5
지붕틀춤	2~2.5	1.5~2	2	2~2.5	1.5	1.5	1.5~2	1.5~2	1.5	1.5	1.5	1~1.5	1.5	1.5~2	1~1.5
폭	12m			9~12m				12m				8~12m			

우리 나라에서 경기도와 충북, 강원도는 다른 도보다 용마루고와 처마고가 약간 낮게 나타났다. 특히 강원도는 혹한기 단열과 보온을 위하여 용마루고를 낮게 건축한 농가도 조사되었으며, 중부지방에서 충남은 타 지역보다 용마루고가 약 1m 이상, 지붕틀춤은 1.0~2.0m 정도로 0.5m 이상 높은 것을 알 수 있다. 이는 특히 겨울철 多雪로 인한 돈사의 안정성과 여름철 자연환기효율을 제고시키고자하는 복합적 요인에서

비롯된 듯하다. 그러나 강원도는 비록 용마루고는 낮지만 지붕틀춤은 비교적 커, 多 雪을 고려한 설계로 이해된다. 충북돈사의 제원은 복합적인 경향을 보이는데 청원을 중심으로 하는 남서부지역은 충남과 비슷하며 동북부의 경우는 경기 동부와 비슷하였다. 이는 지형적, 기상적 영향으로 판단된다.

대체로 남부지방은 중부지방에 비하여 돈사를 높게 시설하고 있었으며, 경남은 타 지역보다 용마루고가 약 1m 이상, 지붕틀춤은 2.0~2.5m 정도로 0.5m 이상 높은 것을 알 수 있다. 이는 특히 여름철 자연환기효율을 제고시키고자 하는 복합적 요인에서 비롯된 듯하다. 또한 지역적 특성에 의한 영향도 있지만 신축하는 돈사의 높이는 대체로 높이는 경향이였다. 이것은 환기와와의 관계를 고려한 설계로 이해된다.

전반적으로 용마루고는 눈과 바람이 많은 지역에서는 용마루고를 낮추고, 지붕틀 춤을 키워 돈사의 안정성을 고려하였으며, 기온이 상대적으로 높은 지역에서는 용마 루고를 높게하여 여름철 자연환기의 효율을 제고시키고자 한 것으로 분석되었다. 돈 사의 폭과 길이는 농장의 토지형상에 따라 건축하려는 경향이 강하여 농장마다 편차 가 심하였다. 특히 돈사의 폭은 환기방식에 따라 환기효율에 큰 영향을 미치므로 토 지형태에 따른 폭의 결정도 중요하지만 적용하려는 환기방식(횡적 환기 또는 종적환 기)에 따라 돈사의 폭을 결정해야 할 것이다. 일반적으로 양돈활성화된 지역을 중심 으로 多頭飼育을 위해 돈사를 廣幅化하려는 경향이며, 특히 규모화가 가속되면 돈사 폭은 더욱 넓어질 전망이다. 그러나 일반적으로 횡방향 환기로는 돈사의 폭을 12m 이 상 광폭화하는 것은 공기제트의 운동량소멸로 바람직하지 못하다.

## 8. 돈사의 지붕형태

앞의 동당면적에서 언급하였듯이 돈사외형은 돼지성장단계별로 구분하기 힘들므로 이 節에서도 전돈사의 지붕형태를 환기시스템과 관련하여 분석하였다. 일반적으로 중 부지방에서는 일부 농가를 제외하고는 겨울철 열손실을 최소화하기 위하여 지붕(용마 루)에 환기구를 거의 설치하지 않았다. 충남 남서부의 일부농가는 엇갈린 지붕형태로 돈사를 건축하였는데 이는 여름철 냉각(cooling)을 고려한 지붕형태(환기구)라 할 수 있으나 특히 혹한기에 과도한 에너지비용이 소요되거나 저온으로 생산저하가 우려된 다. 남부지방은 중부지방과 달리 지붕(용마루)에 환기구를 설치하여 주고 있었으며, 특히 경북지방은 대부분의 농가가 입배기를 동시에 하는 입배기팬을 설치하여 주고 있었다. 이런 돈사의 경우 겨울철에는 지붕의 개방부분을 임시는 밀폐하는 방안을 고

려해볼 수 있다. 충북에서는 제레식 돈사에 한하여 지붕환기구를 설치하기도 하였다.

### 9. 돈사바닥 및 피트분뇨 수거시스템

돈사의 바닥은 가축분뇨처리와 환기측면에서 중요한 의미를 가지는 부분이다. 분만, 자돈사의 바닥은 분뇨의 발생이 돈사내의 환경에 미치는 영향이 상대적으로 적고, 재질은 다르지만 바닥재 형태는 거의 단일화되어 있어 이 연구에서는 제외시켰다. 육성·비육돈사의 분뇨수거형태는 크게 슬러리(slurry), 스크레이퍼(scraper), 인력수거(manual collection), 룬밭床(bedding with sawdust) 등의 네 가지 형태로 분류할 수 있으나 최근 룬밭상 돈사가 가축분뇨관리의 측면에서는 우수하나 질병과 경제성 측면(룬밭구입비 등)에서 심각한 문제를 제기되어 거의 없어진 상태이므로 이를 제외한 세 가지 형태로 분류한 지역별 육성·비육돈사의 바닥 점유율을 조사한 결과 <표 2-27>, <표 2-28>과 같다.

일반적으로 슬러리바닥은 분뇨관리의 노동력 저투입, 스크레이퍼 및 인력수거는 효율적인 분뇨관리 등의 장점이 있는 것으로 알려져 있다. 전면/반슬랫(slat) 콘크리트바닥-슬러리수거시스템을 설치한 농가는 경기도 30~50%, 강원도 10% 내외, 충남 20~40%, 충북 10~60%, 경남 25~35%, 경북 20%이상 내외, 전남 68~72%, 전북 52~66%로 조사되어 지역별 특성이 뚜렷하게 나타났다. 특히 남부지방에서 전남북과 경남 북은 상반된 처리시스템의 점유율이 나타났는데, 이것은 돈사신축 당시 분뇨수거에 대한 뚜렷한 대안이 없는 상태에서 주변에 널리 시설되는 시스템의 흐름에 따라 건축된 것으로 조사되었다. 그러나 최근에는 돈사의 新築率이 높은 지역일수록 슬랫바닥 설치율이 높은 것으로 조사되었다.

<표 2-27> 중부지방 지역별 돈사바닥 형태별 점유율, %

바닥형태	경기도				강원도			충남			충북		
	이천	용인	화성	안성	철원	홍성	원주	논산	부여	공주	청원	증평	음성
슬러리	30	40	40	50	10			30	40	20	10	60	50
스크레이퍼	30	50	40	30	≥80			50	40	60	70~80	30	30
룬밭돈사 또는 인력수거	40	10	20	20	~10			20	20	20	15	10	20

<표 2-28> 남부지방 지역별 돈사바닥 형태별 점유율, %

바닥형태	경남			경북				전남				전북			
	김해	합천	고성	영천	고령	안동	성주	나주	화순	무안	순천	익산	김제	정읍	완주
슬러리	35	30	25	24	23	28	29	72	71	70	68	52	62	64	66
스크레이퍼	60	60	73	70	72	68	67	20	22	23	26	30	30	25	25
榻밥돈사/ 인력수거	5	10	2	6	5	4	4	8	7	7	6	18	8	11	9

이것은 전국적인 경향으로 양돈이 상대적으로 일찍 시작한 청원군의 슬랫설치율은 10%에 지나지 않으나, 최근 양돈이 활성화된 중평, 음성군은 50~60%로 훨씬 높았다. 전면/반슬랫(slat) 콘크리트바닥-스크레이퍼수거시스템을 설치한 농가는 경기도 30~50%, 강원도 80% 내외, 충남 40~60%, 충북 30~80%, 경남 60~73%, 경북 68~72%, 전남 20~26%, 전북 25~30%로 조사되어 지역적 경향이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 이는 기본적으로 가축분뇨관리의 효율성에 기인한 듯하나 아직까지 뚜렷한 대안이 없는 실정에서 나온 문제점으로 생각된다. 인력수거의 경우 특이하게도 충남과 경기도 이천군의 인력수거비율이 높았다. 인력수거에 의하여 분뇨처리의 문제를 줄일 수 있다는 점과 아직도 케이지 돈사나 전면 固床(solid floor) 돈사가 적지 않음을 시사하고 있다. 최근 이 지역의 돈사신축이 활성화되면서 인력수거가 감소되고 스크레이퍼 또는 슬러리돈사가 늘어날 전망이다. 강원도의 경우 특히, 겨울철 분뇨의 결빙으로 인한 작동효율 저하에 대한 불만이 높음에도 불구하고 스크레이퍼 설치율이 다른 지역보다 월등히 높은 것은 지역적 기후특성이나 분뇨수거효율 등의 과학적 검증을 거쳐 선정된 것이 아니라 소위 주위 선진농가의 의견을 그대로 수용한 때문으로 이해된다. 충남은 슬러리, 인력수거 또는榻밥돈사가 점차 스크레이퍼 수거시스템으로 전환하는 추세이었다. 이는 정부가 돈슬러리처리의 어려움을 인식하여 스크레이퍼를 이용할 경우 1차적 고액분리한 액처리가 상대적으로 관리하는데 용이하다고 판단하여 권장하고 있기 때문으로 이해되지만 실제 현장에서는 스크레이퍼를 이용한 분뇨분리가 기대만큼 오염부하량이 저감되지 않는다는데 문제가 있었다. 충북의 경우 청원군이 대부분 스크레이퍼 수거시스템 돈사를 이루고 있지만, 동북부의 경우에는 슬러리돈사의 비율이 높은 것을 알 수 있으며, 이는 동북부지방에 발달한 시설원예단지에 영양분이 높은 돈슬러리상태로 환원할 수 있기 때문으로 판단된다.

특히 남부지방은 지역적 편중이 심하여 향후 분뇨수거 시스템에 대한 정부나 학계

의 뚜렷한 대안이 나와야만 처리시설에 대한 투자비의 절약이 가능하다.

우리 나라의 분뇨수거시스템은 일반적으로 인력수거나 톱밥돈사를 분뇨처리 소요시간이 적게 드는 슬러리나 스크레이퍼 수거로 전환되는 추세이며, 지역에 따라 주변에 공공처리장이나 퇴비화공장이 위치하여 분뇨이송처리가 가능한 곳에서는 슬러리돈사가 많았고, 그렇지 못한 지역에서는 스크레이퍼 돈사 비율이 높은 것으로 조사되었다. 또한 분뇨처리는 자원화(퇴비화)가 대부분이며, 道間 차이를 발견하지 못하였으나 양돈 사육규모에 따라 中大규모 농장은 자가처리를, 中小농가는 위탁처리하는 경향을 나타내었다.

#### 제4절 결 론

본 연구에서는 우리 나라에 현재 양돈에 적용되고 있는 농가의 사양방식, 성장단계별 돈사의 구조적 형태 및 이의 환경제어시스템 (특히 환기시스템)의 실태를 현장 조사를 통하여 분석, 평가함으로써 궁극적으로 우리 나라 기후에 적합한 환경검증형 성장단계별 표준돈사 모델정립을 위한 기초자료로 활용하고자 1997년 1월~8월까지 약 8개월에 걸쳐 우리 나라에 산재한 75개소 단지와 개인농가를 방문조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 우리 나라에서 경기도와 충남, 경남의 절대사육두수가 다른 도보다 2~5배 많은 것은 서울 및 수도권 위성도시, 대전광역시 등의 육류소비지 및 돈육수출업체인 (주)대성식품등의 지역편중에 따른 것으로 그러나 양돈이 발달된 곳은 道의 대단위 육류소비지가 인접해 있거나 운송이 편리한 지역에 편중되어 다두사육되고 있다. 그러나 호당 사육두수는 경기도는 347두, 충북 326두, 경남 256두, 강원도 288두로 규모화되어 있는 반면, 충남 139두, 전남 88두, 전북 91두로 多頭多家の 영세 양돈농가가 밀집해 있는 것으로 분석되었다. 따라서 충남, 전남, 전북은 2~3년내에 구조조정을 통해 전업화가 가속될 것으로 예상된다. 특히 중부지방에서 강원도와 충북은 절대數에서는 경기도의 1/5에 지나지 않으나, 환경관련 민원이 빈발함에 따라 기존 또는 신규농가가 이 지역으로의 입지가능성이 높아 양돈산업이 성장할 것으로 추측된다.

경기동남부의 용인군, 이천군과 북부의 포천군, 충남 홍성군 등은 15~30만두를 사육하고 있으며, 호당 사육두수도 400~550여두로 다른 군에 비해 훨씬 많아 우리나라 양돈을 주도하고 있는 양돈군으로 인식된다. 최근 충북 음성에 양돈단지가 조성

되면서 호당사육두수로는 전국에서 가장 높은 671두에 이르러 향후 양돈이 郡의 주산업으로서 성장가능성이 있다.

남부지방에서 경남은 절대사육두수가 전남북보다 10만두 이상 많은 것은 겨울철의 지형적인 위치와 주변의 돈육수출단지의 지역편중에 따른 것으로 이해된다. 그리고 호당 사육두수는 경남은 256두로 규모화되어 있는 반면, 전남은 88두로 多頭多家の 영세 양돈농가가 밀집해 있는 것으로 분석되었다. 그러나 조사당시와는 다르게 현재는 전남은 163두 정도로 구조조정을 통해 전업화가 이루어지고 있다.

2. 질병의 근원적 차단을 목표로하는 계열화경영으로의 전환은 경기도의 경우 약 10% 정도이나 그외의 지방의 경우는 약 5% 미만으로 다른 도에서의 적용은 아직 미미한 것으로 조사되었다. 경기도 이천군은 미원농장 계열농가에서 계열화정도가 높았으며, 이러한 추세는 청정돼지 일본수출이라는 목표와 맞물려 향후 신설농장은 물론이고 기존농장도 지속적으로 증가할 가능성이 높다. 경기도를 제외한 다른 도의 경우 양돈규모는 비교적 적고, 계열화 경영형태를 채택하고 있지는 않지만, 설문조사결과 계열화 의지가 가장 강한 것으로 조사되어 여건만 주어진다면 빠른 속도로 계열화 및 규모화가 이루어질 것으로 관측된다. 현재 대부분의 농가가 일괄사육을 하고 있었으며, 간혹 단지계열 농장이나 미원계열농장의 1~2농장이 계열화되어 있는 것이 전부이었다. 현재 우리 나라의 양돈 전문화는 대체로 전국적으로 균일하게 추진되고 있는 상태라고 볼 수 있다.

3. 우리 나라에서 90% 내외의 자돈사 및 분만사는 주로 무창돈사로 입배기 팬을 이용한 기계적 환기시스템을 채택하고 있는 것으로 조사되었다. 이미 건축된 분만사나 자돈사에서 열·화학적 환경이 악화되어 무창돈사의 환기효율에 대한 불만이 고조되어 있는 실정이었다. 그러므로 기건축된 무창돈사에 대한 현장에로해결 차원에서 기술적 보완이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

육성·비육돈사는 중부지방 농가의 90% 이상이 측벽원치커텐이나 용마루 환기구 등을 이용한 자연환기를 하고 있었다. 경기도의 경우 재래식 측창돈사는 거의 사라졌으며, 대부분 원치커텐돈사이거나 최근 이천군을 중심으로 무창돈사가 점차 늘어나는 추세이다. 남부지방 경남의 경우 단일 원치커텐이 95% 이상으로 다른도에 비하여 훨씬 높았다. 이것은 혹한기의 기온이 영하로 떨어지는 비율이 낮기 때문이라 생각되며, 다른 지방은 대부분 2단 원치커텐돈사이거나 최근 지역의 단지를 중심으로 무창돈

사가 점차 늘어나는 추세이다. 다만 전북의 익산에서는 농가의 영세함으로 인하여 재래식 측창돈사가 8~10% 남아있는 것으로 조사되었으며, 이러한 현상은 다른 지역도 마찬가지이었다. 다만 강원도에서는 저온으로 이중원치커텐돈사가 많았으며, 충북은 아직도 재래식 측창돈사가 5~30% 남아있는 것으로 조사되었다. 그러나 양돈농가들은 무창돈사에 대한 환경관리상 기술적인 문제가 해결되면 투입노동력을 획기적으로 절감할 수 있는 무창돈사의 선호를 나타내어 혹서기, 혹한기 무창돈사의 적정 열환경 및 화학적 환경을 유지하기 위한 연구가 병행되어야 할 것으로 생각된다.

4. 지역에 관계없이 대부분의 분만사는 분만돈에 개별 등온기나, 환기율을 최대하여 풍속을 높여 대류열손실을 유도하고 있었으며, 자돈사의 70% 이상이 噴霧노즐로 加濕減溫하는 냉각시스템을 채택하고 있었다. 육성비육돈은 경기도의 일부 선진화된 농장에서는 지하수를 이용한 냉각패드시스템(cooling pad system)을 채택하고 있었으나, 70~90% 이상의 일반농장이나 단지에서는 단순히 안개분무노즐(mist nozzle)를 이용하여 냉각시키고 있었다. 돈사를 過濕化함으로써 병원성 미생물 증식에 대한 우려가 높아지고 있다.

加溫도 지역에 관계없이 95% 이상의 분만사, 자돈사는 보온등( $\geq 95\%$ ) 또는 보일러를 설치하여 난방을 해주고 있었다. 특히 보온등 난방의 경우 局地的으로 보온되어 돈사전체의 환경온도보다는 자돈주위의 온도를 높이는 효과가 큰 것으로 조사되었다. 육성·비육돈사의 난방은 주로 열풍기를 이용하여 가온하였으나, 북도에 보일러 등을 설치하여 환기시스템과 병행하여 난방하는 농장도 점증하고 있었다. 가온이나 냉각을 위하여 관행에너지를 사용할 경우 에너지 비용이 과다하여 경영에 부담이 되고 있다. 향후 열환경과 화학적 환경 등의 상호관계를 고려한 경제적 냉난방기술의 개발 및 운영전략에 관한 심도있는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

5. 동당면적은 성장단계와 지역에 관계없이 60~120평으로 하고 있었으며, 일부 단지농장에서는 200평 이상의 돈사도 신증축하고 있었다. 돈사의 대형화추세는 전지역이 비슷하였으며, 이는 대형돈사일수록 사양 및 경영의 측면에서 효율적이라는 양돈가들의 경험에서 비롯된 듯하다. 대형돈사는 경영비절감의 효과는 있지만 환경적으로 대형사고의 위험도 높기 때문에 보다 안정적 사양을 위한 환경제어전략에 관한 연구에 관심을 두어야 할 것이다.

6. 돈사의 제원, 즉, 용마루고, 처마고, 지붕틀춤, 폭, 길이 등은 지역과 지형, 기

후에 따라서 달라질 수 있다. 경기도와 충북은 강원도나 충남보다 용마투고와 치마고가 약간 낮게 나타났다. 충남은 타 도의 돈사보다 용마투고가 약 1m 이상, 지붕틀춤은 1.0~2.0m 정도로 0.5m 이상 높은 것으로 조사되었다. 경남은 다른 지역보다 용마투고가 약 1m 이상, 지붕틀춤은 2.0~2.5m 정도로 0.5m 이상 높은 것으로 조사되었다. 이것은 여름철 자연환기효율을 제고시키고자 하는 복합적 요인에서 비롯된 듯하다. 돈사의 폭과 길이는 농장의 토지모양에 따라 건축하려는 경향이 있지만 기본적으로 多雪지역은 돈사의 지붕틀춤을 키워 雪荷重을, 바람이 많은 지역은 용마투고를 낮추어 풍하중을 최소화하고자 하였다. 돈사의 폭과 길이는 농장의 토지모양에 따라 건축하려는 경향이 있지만 일반적으로 양돈활성화된 지역을 중심으로 돈사를 廣幅化하려는 경향이 있으나 공기제트의 안정성 때문에 환기효율이 자하될 우려가 있음을 유의할 필요가 있다.

7. 앞의 동당면적에서 언급하였듯이 현실적으로 우리 나라 돈사의 외형은 돼지성장단계별(임신사, 분만사, 자돈사, 육성·비육돈사 등)로 구분되지 못하였다. 일반적으로 일부 농가를 제외하고는 겨울철 열손실을 최소화하기 위하여 지붕(용마투)에 환기구틀 거의 설치하지 않았다. 충남 남서부의 일부농가는 엇갈린 지붕형태로 건축하였는데 이는 여름철 냉각(cooling)을 고려한 지붕형태(환기구)라 할 수 있으나 겨울철 과도한 에너지비용이 소요되거나 저온으로 생산저하가 우려되었다.

8. 육성·비육돈사의 분뇨수거형태는 전면/반슬랫(slat) 콘크리트바닥-슬러리수거시스템을 설치한 농가는 약 40%, 전면/반슬랫(slat) 콘크리트바닥-스크레이퍼수거시스템을 설치한 농가는 약 60%로 조사되어, 아직까지는 콘슬랫바닥-스크레이퍼 분뇨수거시스템이 主流를 이루고 있음을 알 수 있다. 이는 기본적으로 가축분뇨의 고액분리효율이 높은 데 기인한 듯하다. 강원도의 경우 스크레이퍼 설치율이 다른 지역보다 월등히 높은 것은 지역적 기후특성이나 분뇨수거효율 등의 고려보다는 주위 선진농가의 의견을 그대로 수용한 때문으로 조사되었다.

일반적으로 우리 나라의 돈사의 분뇨수거시스템은 인력수거나 톱밥돈사에서 노동력이 저투입되는 슬러리나 스크레이퍼 수거로 전환되는 추세이며, 지역에 따라 주변에 공공처리장이나 퇴비화공장이 위치하여 분뇨이송처리가 가능한 곳에서는 슬러리돈사가 많았고, 그렇지 못한 지역에서는 스크레이퍼 돈사 비율이 높은 것으로 조사되었다. 또한 분뇨처리는 자원화(퇴비화)가 대부분이며, 道間 차이를 발견하지 못하였으

나 양돈 사육규모에 따라 中大규모 농장은 자가처리를 中小농가는 위탁처리하는 경향을 나타내었다.

9. 1~7에서의 현장조사 결과로 바탕으로 성장단계별 환경검증형 표준돈사정립을 위한 실험돈사는 다음과 같이 정형화하여 실증실험을 수행하였다. 다만 분만사와 자돈사에서는 일반적으로 분만방 또는 자돈방이 반복되므로 하나의 분만방, 자돈방을 모사(simulaticin) 대상돈사로 모형화하였다. 또한 육성·비육돈사에서는 cross환기 시스템을 적용하였기 때문에 돈사의 폭을 중시하고 길이는 고려되지 않았다.

성장단계 별	계원, m		각돈 방수	바닥 시스템	환기시스템
	WxLxH	용마두고 (지중틀춤)			
분만사	5.4x9.0x3.0	4.5(1.5)	10	플라스틱 바닥재	입기:개인환기구 배기:측벽팬
자돈사	4.6x9.0x3.0	4.5(1.5)	10	"	입기:덕트시스템/천정多孔空氣口 배기:측벽팬
육성· 비육돈사	12.0x21.0x3.0	4.5(1.5)	19	전면 콘슬랫	입기:양측벽처마슬롯입기구 배기:측벽배기팬

## 참고문헌

1. 김성용. 1999. IMF 이후 축산시설환경기계산업의 변화와 당면과제. 한국축산시설환경기계협회.
2. 김재훈. 1995. 최근 돼지질병 발생현황과 피해. 월간양돈 5월호. 106.
3. 이용범. 1991. 젖소, 닭 사양시설 및 기계의 개량요인 조사연구. 농업기계화연구소 시험연구보고서. pp 27-45.
4. 이덕수, 최희철, 양창범, 김상철. 1992. 산란계 자동화시설개선 연구. 축산시험장 시험연구보고서. pp 433-440.
5. 최희철. 1996. 산란계농가의 자동화계사 시설실태 및 의식조사 연구. 축산시설환경학회지. 2(2):103-110.
6. 최홍립, 송준익, 김현태, 안희권, 고석영. 1999. 우리 나라 중부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. 축산시설환경학회지. 5(1):1-16.
7. 축협중앙회. 1997. 가변형 축사표준설계도

## 제 3 장 원형실험사를 이용한 현장실증실험

### 제1절 서 설

현재 우리 나라의 양돈호수는 소규모 농가를 중심으로 1995년 이후로 매년 17%씩 감소함으로써 호당 사육두수가 매년 23%씩 증가할 정도로 양돈의 규모화가 가속되고 있다. 이는 곧 돈사면적의 확대를 촉진시켜 최근에는 棟當 면적이 120평에서 다시 200평으로 건축하려는 움직임이 축산농가들 사이에 고조되어 있는 것으로 조사되었다(최홍립 등, 1999). 돈사의 대형화 외에도 심한 일교차 때문에 無窓化하려는 경향이 강하게 나타나므로 돈사의 무창화와 대형화에 따른 정밀 환경제어시스템의 정립 및 이의 환경검증이 매우 시급한 양돈현안으로 대두되었다.

본 연구에서는 서울대 농생대 부속동물목장에 설계, 건축된 원형 실험돈사(<그림 3-1>참조)에 사육단계별 돈사의 기하학적 형태 및 환기시스템을 변형하여 可變 환기시스템의 환기효율 및 열환경을 평가하였다. 실제 돼지를 입식하여 온도 뿐만 아니라 공기속도, 상대습도, 유해가스(암모니아) 농도 분포 및 환경에 따른 돼지의 거동을 분석하였다.

### 제2절 재료 및 방법

#### 1. 실험기간 및 장소

현장실증실험은 서울대학교 농생대 부속동물목장 축산환경실의 실험돈사에서 1차(혹한기), 1998년 11월 19일 ~ 1999년 4월 13일, 2차(혹서기) 1999년 5월 13일~9월 30일)로 나누어 실시하였다.

#### 2. 실험설계

원형실험돈사는 <그림 3-1>과 같이 길이 30m, 폭 12m로 설계, 건축하였다. 자돈방의 제원은 길이 9m× 폭 4.6m이며, 모돈방 길이 9m× 폭 5.4m 이었으며, 육성·비육돈방 폭 12m× 길이 20m로 건축되었으며, 단열 및 원활한 공기유동을 위하여 각돈방

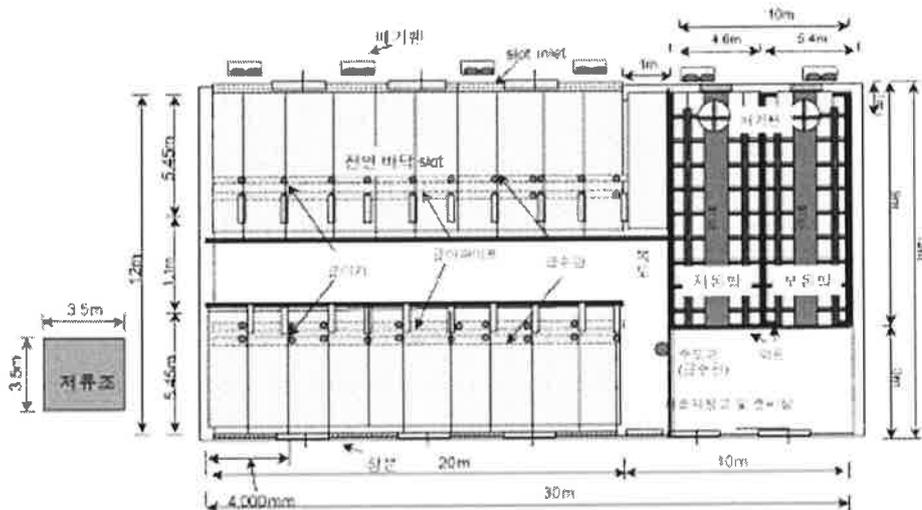
(임신방, 자돈방, 육성·비육방에 50mm의 판넬로 천정마감을 하였다.)

### 3. 共試動物

본 실험에 공시된 돼지는 삼원교잡(Landrace×Yorkshire×Duroc)으로서, 흑한기의 자돈은 1998년 늦가을에 생산된 것으로 생후 14일령에 離乳하였고, 흑서기에는 봄(4월 23일)에 평균체중은 5.5kg인 200두를 공시하여 자돈방에서 약 25kg까지 사육한 후, 육성·비육돈방에 입식하여 110kg전후까지 사육하였다. 동일체중 돼지를 선발하여 배치하고 암수性比를 일정한 두수로 공시하였다.

### 4. 실험시설과 사양관리

환경제어 시스템의 효율을 평가하기 위하여 건축된 실험원형돈사의 외부의 모습은 <그림 3-2>와 같으며, 환경제어 돈사의 내부는 임신방, 자돈방, 육성비육방으로 나누어져 있으며, 돈방의 크기는 MMPS(1990)에서 권장하고 있는 필요면적으로 시설을 하였다. 사료급여는 자돈사는 건식급여를 실시하였으며, 육성사는 습식급여로 하였으며 사료는 무제한으로 급여하였다.



<그림 3-1> 원형실험돈사 제원 및 평면도



<그림 3-2> 원형실험돈사 실상도

돈방바닥은 자돈사의 경우는 <그림 3-3>과 같이 전면 플라스틱 매트(Plastic mat)로, 육성·비육사(<그림 3-4> 참조)는 부분 콘슬랫 (partially concrete slat)으로, 분뇨처리는 重力 排水式 (피트슬러리)처리로 하였으며, 기타 사양관리, 방역 및 질병 관리는 일반관행에 준하여 실시하였다.



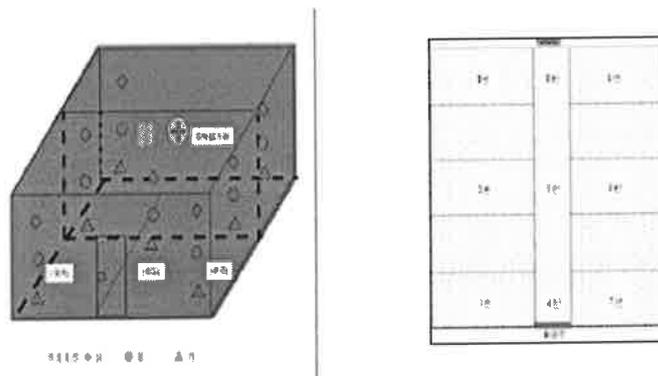
<그림 3-3> 실험자돈사의 플라스틱 바닥



<그림 3-4> 육성·비육돈방 콘슬렛 바닥

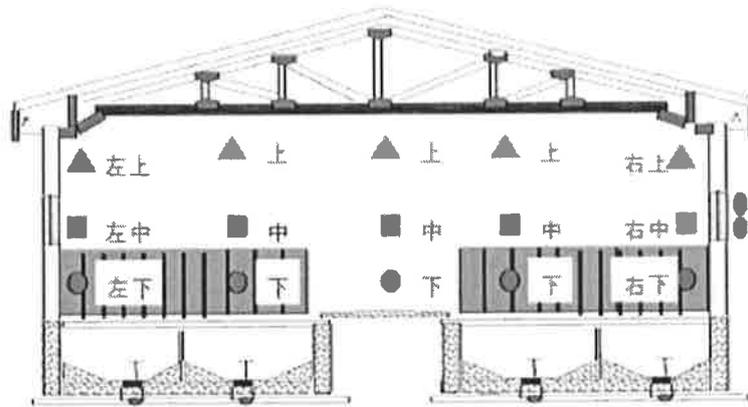
### 5. 측정항목 및 방법

원형실험 자돈방의 온도(<그림 3-5참조>)는 從斷面(longitudinal section) 上 (200cm), 中(120cm), 下(60cm)로 橫단면(cross section)으로 前(출입구벽으로부터 100cm), 中(450cm), 後(800cm)의 27개 측정점과 외기온, 복도온 등 총 29개 지점을 매 30분마다 온도감지기(Medel 1512)로 多點기록계(NEC3500)로 자동측정하게 하였다. 내 외부의 靜壓(static pressure), 암모니아 가스의 농도는 돈사환경제어 Program을 이용하여 필요에 따라 측정하였다.

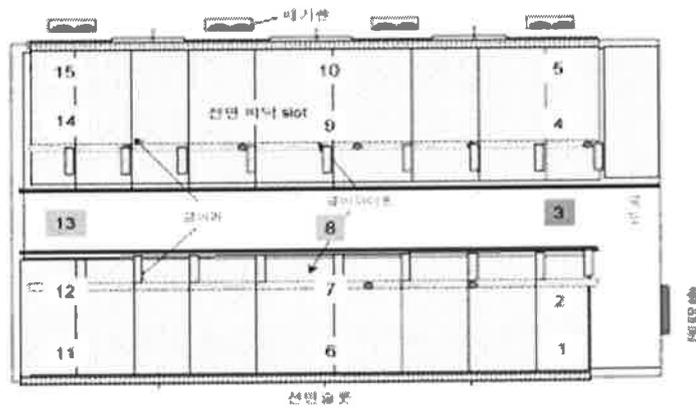


<그림 3-5> 자돈방내 환경변수 측정위치

<그림 3-6>, <그림 3-7>은 육성·비육돈방의 측정지점을 나타낸 것이다. 돈사내 12개 지점 및 슬롯 입기구(slot inlet)을 선정하여 hotwire流速計(KANOMAX Model 6210)를 이용하여 유속을 측정하여 DB에 매30분마다 자동기록되도록 하였다.



<그림 3-6> 육성·비육돈방 단면측점위치



<그림 3-7> 육성·비육돈사 측정위치

### 제3절 현장실증 실험결과 및 고찰

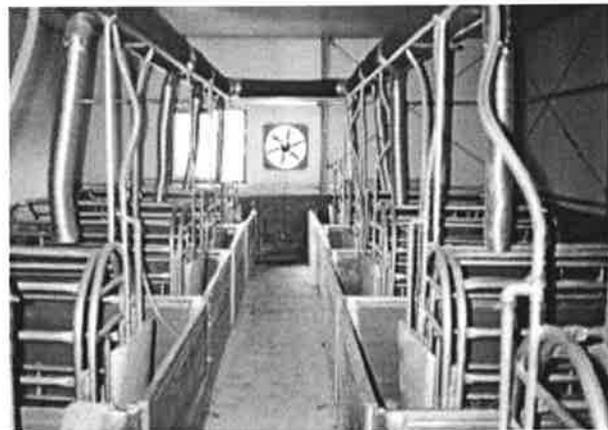
#### 1. 분만방 환경분석

##### 가. 분만방 사육환경

<그림 3-8>은 돈방당 120~ 140kg 전후의 분만돈을 각돈방당 1두씩 입식하여 1999년 8월 27일부터 10월 15일까지(약 7주간) 원형실험 분만방의 환경분석실험을 수행하였다.

<표 3-1> 분만사의 사육현황

항 목	분만사
분만사제원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 9m(L)×4.6m(W)×3.0m(측벽고, D), 마부대고 (H) 4.5m</li> <li>○ 지붕틀춤(B) 1.5m</li> <li>○ 복도넓이 : 9m(L)×0.8 m(p)</li> <li>○ Pit 깊이 : 45cm</li> </ul>
분만돈정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 분만돈수: 1두/각돈방*10돈방=10두</li> <li>○ 체중 : 120~140kg/두(12개월 전후)</li> </ul>



<그림 3-8> 분만돈방 내부 실상도

## 나. 분만방의 환기시스템

분만방의 최적 환기시스템을 결정하기 위하여 기본적으로 2형의 입기형태와 2형의 배기형태를 조합하여 <표 3-2>와 같이 FA, FE, FC, FD를 대상으로 하였다. 특히 흡서기의 송풍량을 극대화하기 위하여 분만돈 개별환기덕트에 sirocco팬 (2200m<sup>3</sup>/hr : CMH)을 장착하였으며, 입기팬의 용량을 최대한으로 하여 환기효율을 실험하였으며, 천정팬 및 출구팬은 화탄산 EMI(최대용량 6600CMH)를 장착하였다. 환기시스템의 효율을 검증한 결과에서 8월 29일날의 측정결과를 대표적으로 나타내었다.

<표 3-2> 분만방의 실험대상 환기시스템 구성

환기시스템 코드	主力	入氣	排氣	실험여부
FA	負壓/陽壓	모든 개별환기덕트 + 입구벽 하단 슬롯입기구	천정배기팬	^
FB	負壓/陽壓	모든 개별환기덕트 + 입구벽 상단 슬롯입기구	출구벽 배기팬	^
FC	負壓/陽壓	모든 개별환기덕트 + 입구벽 상단 입기구	천정배기팬	^
FD	負壓/陽壓	모든 개별환기덕트 + 입구벽 하단 슬롯입기구	천정+출구벽 배기팬	^

### 1) FA 환기시스템

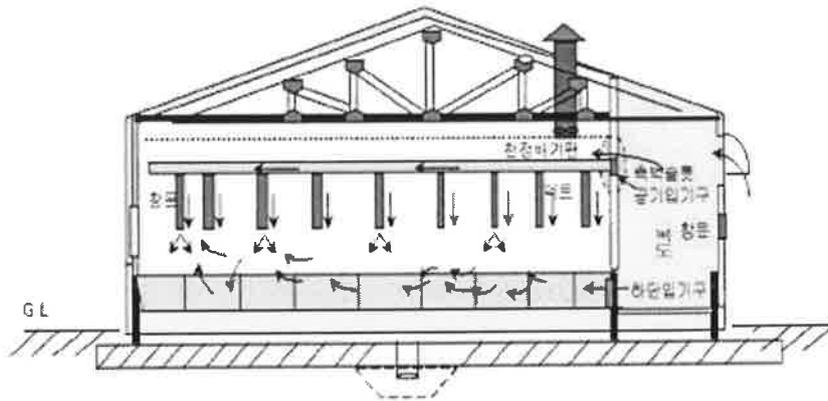
FA환기시스템의 공기유동<그림 3-9>은 기본적으로 입구벽 하단 장방향 슬롯 입기구로 유입된 공기는 천정 전면 배기팬 및 시로크팬에 의한 모든별 개별 환기덕트를 통해 분만, 포유자돈에게 노출되었다가 前面 천정팬에 의하여 배기되도록 되어 있다. <표 3-3>는 FA 환기시스템의 공기유속분포를 나타낸 것이다. 천정배기팬에 의하여 생성된 부압(negative pressure)으로 입구벽 하단 입기구와 분만돈 개별 등바람 덕트로 유입되는 공기의 유속은 <표 3-3>과 같이 쉰지점에서 상부지점 0.21~0.67m/s, 중앙(덕트 하부지점 7.73~10.9 m/s의 분포를 나타내었으며, 입구벽 하단의 입기구 유속은 1.64m/s~3.21m/s로 나타났으나, 각돈방에 입구에 의한 풍속의 영향이 미치지 못하고 돈사 복도를 따라 천정배기팬에 의하여 배기되었다. 또한 천정에 부착된 천정배기팬은 실험 결과, 강한 부압을 형성하지 못하였다. 돈사내 소음은 81~82db 수준으로 다른 시스템과 유사하게 나타나 배기팬의 위치에 따른 소음의 차이는 나타나지

않았다. 분만사내 지점에 따른 온도는 출입구 지점 25.9℃, 천정배기팬 지점 26.5℃로 측정되어 돈방 전체적으로 균일하였다.

<표 3-3> FA의 실험결과

구 분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	0.21	0.55	0.34	0.23	0.22	0.45	0.24	0.67	0.43
중	7.83	0.64	10.9	7.88	0.43	9.64	7.73	0.98	8.72
하	1.64	3.21	1.74	1.35	2.76	1.53	1.69	1.64	1.78
소 음		82.8db			80.9db			81.7db	
온 도		26.5℃			26.2℃			25.9℃	

측정지점 : - 상 : 천장으로부터 80cm 지점, - 중 : 개별환기덕트 하부 10cm 지점,  
- 하 : 바닥으로부터 30cm 지점)



<그림 3-9> FA 환기시스템의 예측공기유동

## 2) FB 환기시스템

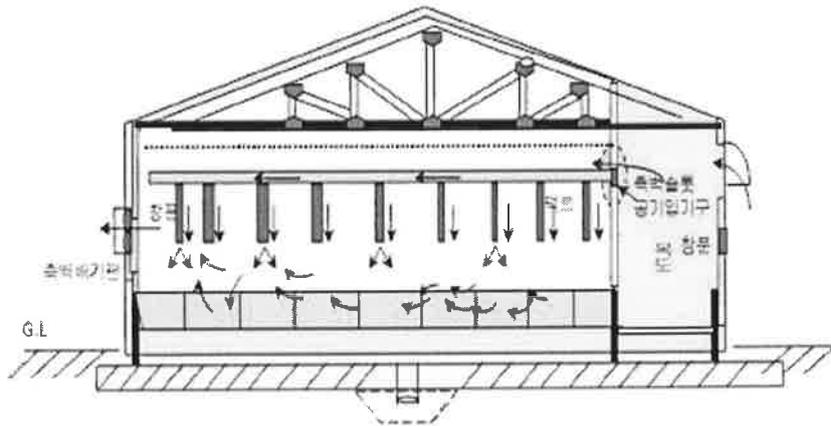
FB환기시스템의 공기유동<그림 3-10>로 입구벽 상단 장방형 입기구와 개별환기덕트로 유입된 공기는 출구벽 팬으로 배기되도록 되어 있다. <표 3-4>는 FB 환기시스템의 공기유속분포 및 환경측정 결과를 나타낸 것이다. 돈방내 공기유속과 유동흐름을 관찰한 결과, 전지점에서 공기유속은 상부지점 0.12~0.31m/s, 중앙지점 7.68~9.96m/s, 하부지점 1.35~3.21m/s로 측정되었다. 특히 혹서기를 위한 개별환기덕트의 풍속은 분만돈에 쾌적한 환경을 제공하는 것으로 나타났으나, 개별환기덕트는 혹서기 낮 동안의 짧은 시간 가동하는 것이 안정적이라 판단된다. 소음은 82~83db로써 FA보

다 약간 높게 나타났으며 (82.6db), 온도는 FA시스템보다 약 1℃ 정도 낮게 나타났지만 돈방내 측정지점에 따른 차이는 나타나지 않았다.

<표 3-4> FE의 실험 결과

(단위 : m/s)

구 분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	0.12	0.31	0.27	0.11	0.12	0.35	0.14	0.28	0.20
중	8.31	0.27	10.7	7.88	0.31	9.96	7.68	0.38	8.74
하	1.44	0.85	1.42	1.95	0.28	1.27	1.52	1.32	2.13
소 음		82.1db			81.8db			82.6db	
온 도		25.8℃			25.1℃			25.1℃	



<그림 3-10> FE환기시스템 예측공기유동

### 3) FC 환기시스템

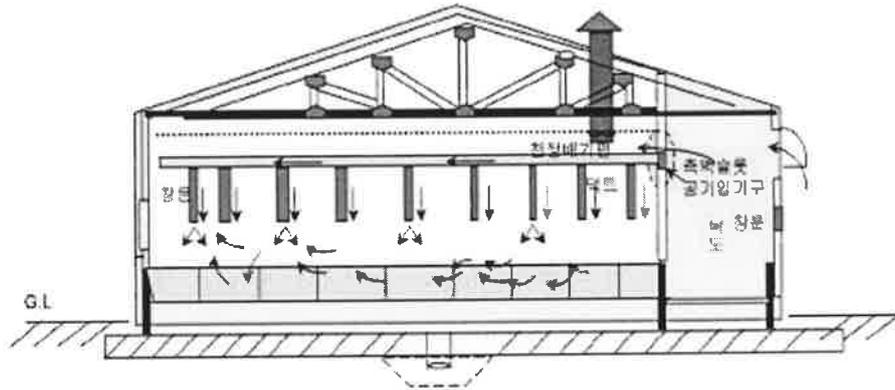
모든 개별환기덕트와 입구벽 상단 장방형 입기구로 유입된 공기는 천정팬으로 배기되게 한 FC환기시스템의 예측공기유동은 <그림 3-11>, 유속분포는 <표 3-5>과 같다.

<표 3-5>에서 보는 바와 같이 외부의 팬에 의해 덕트를 통해서 들어오는 공기의 유속과 돈방전체의 공기흐름을 관찰 한 결과 돈방내 전체 실험지점에서 공기의 유동을 고르게 측정할 수 있었다(0.13~11.9 m/s). 그러나 개별환기덕트에서 나오는 풍속은 돈방내의 모든 목덜미에 직접 닿는 공기의 속도는 적어도 7m/s 이상으로 대체로 높게 나타났다. 돈방내의 소음은 출입구 상부에 천장배기팬이 부착되어 전면의 소음은 높

았으며 (82.4db) 출구벽 배기팬으로 갈수록 소음은 약간 낮은 경향이었다 (80.3db). 온도는 돈방내 측정지점간의 차이는 나타나지 않았으며 대체로 균일하였다. (25.1~25.8℃).

<표 3-5> FC의 실험 결과 (단위 : m/s)

구분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	0.13	0.50	0.37	0.15	0.19	1.24	0.17	0.31	0.25
중	7.49	0.19	11.6	7.71	0.36	9.70	7.23	0.36	8.87
하	1.76	2.37	1.22	1.74	0.42	0.48	1.75	1.01	4.56
소음		82.4db			80.5db			80.3db	
온도		25.8℃			25.1℃			25.1℃	



<그림 3-11> FC환기시스템 예측공기유동

#### 4) FD 환기시스템

모든 개별덕트와 입구벽 상단 장방형 입기구로 유입된 공기는 천장팬 및 출구벽 배기팬으로 배기되게 한 FD환기시스템의 예측공기유동은 <그림 3-12>, 유속분포는 <표 3-6>과 같다.

돈방내 공기유속을 관찰한 결과 외부의 팬(sirocco fan)에 의해 덕트를 통해서 들어오는 유속은 다른 시스템과 크게 차이가 나지 않았다. (0.13m/s~9.43m/s). 그러나 출구벽 배기팬과 천정배기팬 2대의 배기팬을 펜에 의한 소음은 소음으로 다른시스템 (FA, FB, FC시스템) 보다 대체로 높게 나타났다. (82.7 ~84.9db). 온도의 대체로 균일하였다. (25.7~26.2℃).



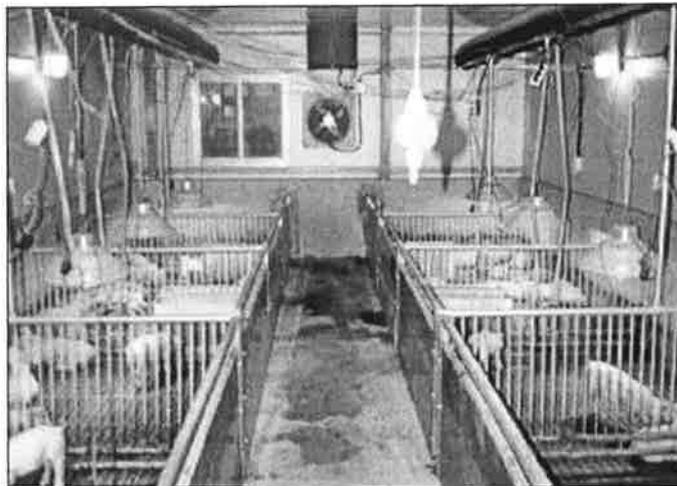
## 2. 실험자돈사의 환경

### 가. 실험자돈방 사육환경

<그림 3-13>은 돈방당 離乳 14일령 (5~7kg) 자돈을 각돈방당 1C두씩 입식하여 1998년 11월 19일부터 12월 18일까지(약 4주간) 원형실험 자돈방의 환경분석실험을 수행하였다. 자돈방의 적정온도(22~26℃)유지를 위하여 바닥으로부터 60cm 상부에 620w 보온등을 10개 설치하여 보온하였다.

<표 3-7> 자돈사의 사육현황

항 목	자돈사(B)
자돈사제원	○ 9m(L)×4.6m(W)×3.0m(측벽고, D), 마루대고 (H) 4.5m ; 지붕틀춤(B) 1.5m ○ 복도넓이 : 9m(L)×0.8 m(p) ○ Pit 깊이 : 45cm
자돈정보	○ 자돈수 : 9두/각돈방*10돈방/돈사*2돈사=180두 ○ 체중 : 5~7kg/두 (14일령)



<그림 3-13> 자돈방 내부 실상도

## 나. 자돈방의 환기시스템

자돈사의 환기시스템은 예비실험결과 안정적 환기효율이 기대되는 환기시스템을 선정하여 <표 3-8>과 같이 설계하였다.

<표 3-8> 자돈사 환기시스템 설계

환기시스템 코드	主力	入氣	室內	排氣	실험대상 여부
NA	負壓	출입구벽 상단 슬롯입기구	비닐천공막	천정배기팬	×
NB	負壓	출입구벽 상단 슬롯입기구	비닐천공막	출입구벽 배기팬	^
NC	負壓	출입구벽 원형입기구	원형천공덕트	출입구벽 배기팬	^

우선적으로 배기팬의 장착위치에 관한 팬효율 검정을 위한 예비실험을 한 결과 천정배기팬이 출입구벽 배기팬보다 효율이 떨어져 환기시스템 NA를 실험대상에서 제외시켰다. <표 3-8>에서와 같이, 돈사내 평균유속 및 편차는  $0.076 \pm 0.079$  m/s 로 NB, NC보다 평균 유속이나 균일도에서도 떨어진다.

<표 3-9> NA의 유속분포

구 분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	0.11	0.05	0.15	0.13	0.12	0.17	0.08	0.11	0.12
중	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.07	0.4	0.07
하	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.07	0.03

배기팬 입구 0.63m/s, 입기속도 1.4m/s,

### 1) NB 환기시스템

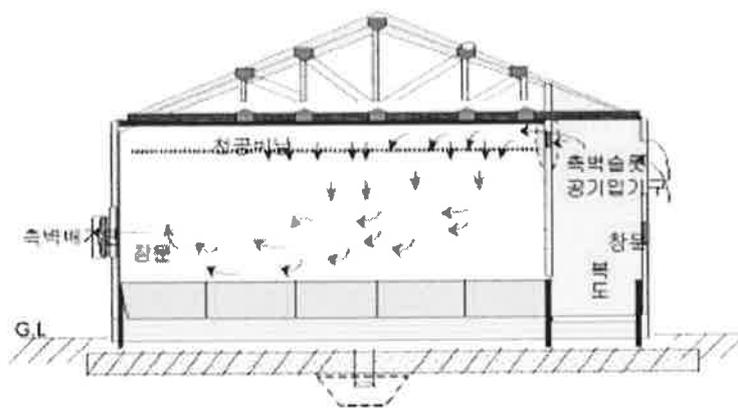
기본적으로 NB는 <표 3-10>에서 후측벽 배기팬에 의한 실내 부압이 형성됨에 따라 일단 복도에서 調整(conditioned)된 공기는 돈사 前측벽 상단의 슬롯입기구를 통하여 유입되어, 실내천정의 비닐천공막을 거쳐 수직하강하면서 後측벽 팬에 의하여 배기되도록 하였다. 30cm(H)×360cm(L) 크기의 슬롯입기구는 슬롯위 힌지에 의하여 개방정도는 인위적으로 조절할 수 있도록 하였다. <그림 3-14>는 NB의 예상공기흐름도를 나타낸 것이다. 평균유속은 0.11m/s이며 편차는 0.08m/s로서 NA보다는 개선되었으

나 돼지채고에서는 거의 유속이 감지되지 않을 정도로 낮다.

<표 3-10> NE의 유속분포

구 분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	0.1	0.15	0.13	0.13	0.15	0.14	0.1	0.32	0.08
중	0.04	0.11	0.15	0.05	0.06	0.15	0.08	0.26	0.11
하	0.02	0.06	0.03	0.3	0.03	0.03	0.1	0.03	0.03

1배기팬 입구 0.39m/s, 입기속도 1.2m/s,



<그림 3-14> NB의 가상 공기흐름도

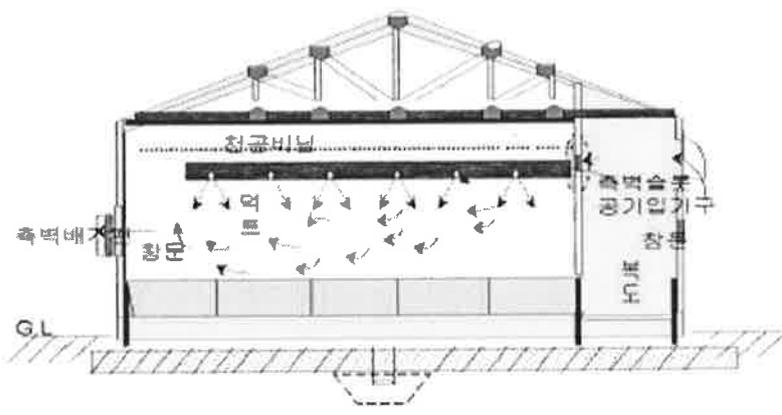
## 2) NC 환기시스템

기본적으로 NC도 NB와 마찬가지로 부압에 의하여 공기유동이 형성된다. <표 3-11>에서와 같이 일단 복도에서 調整(adjusted)된 공기는 돈사천정 상부에 설치한 천공원형덕트를 통하여 수직하강하며, 後측벽 팬에 의하여 배기되도록 하였다. <그림 3-15>는 NC의 예상공기흐름도를 나타낸 것이다. 평균유속은 1.87m/s으로 NA,NB보다 훨씬 높게 나타났다. 상부덕트 천공을 통해 유입되므로 유속의 편차폭 가지고 균일도를 분석하는 것은 바람직하지 않다. 다만 體高에서의 유속은 0.2~0.3m/s에 이르러 적정 유속과 상대적으로 균일한 분포를 보였다.

<표 3-11> NC의 실험 결과,  $\pi/s$   $1.87 \pm 2.99$

구 분	진			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	7.82	0.12	7.64	7.43	0.20	6.36	7.36	0.32	7.27
중	0.16	0.18	0.49	0.45	0.03	0.71	0.48	0.10	1.51
하	0.13	0.07	0.17	0.12	0.04	0.23	0.21	0.25	0.69

1배기팬 입구 0.42m/s, 입기속도 1.65m/s,



<그림 3-15> NC의 예측 공기흐름도

#### 다. 자돈사의 현장실증실험

자돈이 입식(1998년 11월 7일~12월 20일)된 상태에서 환기시스템, NB, NC에 따른 실내환경을 평가하기 위하여 자돈사내 공기속도, 온도, 습도, 암모니아 농도, 낙하세균밀도 등을 분석하였다. 측점은 <그림 3-5>와 같이 끌고루 분포시켜 자돈사의 환경을 대표하도록 하였다.

##### 1) NB 환기시스템

###### 가) 외기상

11월 19일 자돈이 입식된 이후의 외기온의 최저온 범위는  $-6.5 \sim -4.9^\circ\text{C}$ , 최고온은  $1.2 \sim 14.6^\circ\text{C}$ 로 외기온의 편차는 약  $5.1 \sim 14.4^\circ\text{C}$ 를 나타내었다. 이 때는 흑한기로 넘어가는 전이기간으로서 낮과 밤의 온도차가 나타나지만, 단열이 우수한 돈사에서는

약간의 보조열원으로라도 환경온도가 유지할 수 있다.

나) 공기속도분포

기본적으로 NB에 대한 공기속도 분포는 초실험기간(1주~3주)에 걸쳐 거의 동일하게 나타나기 때문에 12월 9일의 공기속도 분포분석을 위하여 대표적으로 <표 3-12>에 나타내었다. 배기팬은 5 단계로 유량을 조절할 수 있는 프로펠러형 팬이며, 겨울철에는 1단계인 최소 환기수준(14.13  $\pi/\text{min}$ )을 유지하도록 하였다. <표 3-12>와 같이 자돈방에서 공기흐름은 거의 감지되지 않았으나, 천정비닐막의 천공바로 아래의 공기속도는 0.3~0.4 m/s로 감지되었지만, 床高 1.2m(중앙) 또는 자돈체고(바닥으로부터 20cm 이내) 全支點에서는 전반적으로 속도가 감지되지 않았다. 이는 기본적으로 실내로 유입되는 공기의 운동량(momentum)이 적어서 공기제트가 빠르게 소멸되어 버리기 때문으로 이해된다. 실내 평균 유속과 편차는  $0.12 \pm 0.16 \text{ m/s}$ 로 나타났다. 이러한 자돈사의 환경은 실험당시 자돈의 분뇨배설이 상대적으로 적기 때문에 실내 암모니아 농도가 적정수준 유지하는 한, 특히 겨울철 크게 문제될 것이 없으나, 혹서기에는 온도집적으로 인한 熱害가 우려된다.

<표 3-12> NB 공기속도분포,  $\pi/\text{s}$

측점	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	10번
상	0.35	0.27	0.33	0.31	0.29	0.41	0.29	0.34	0.37	0.42
중	0.04	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03
하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

배기팬 입구 0.39m/s, 배기팬 배기 1.2m/s,

다) 온도분포

기본적으로 NB에 대한 온도분포는 전실험기간에 걸쳐(1주~3주) 돈사내 온도분포 및 편차가 공기속도와 마찬가지로 거의 동일하게 나타나기 때문에 <표 3-13>과 같이 3주실험이 종료된 12월 9일의 온도분포를 대표적으로 나타내었다. 실험자돈방내 온도분포는 전반적으로 24~30℃의 분포를 보였으며, 평균온도와 편차는  $26.50 \pm 1.95 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 즉, 천공비닐 아래인 상부는 약 24℃내외, 중간지점에서는 26℃내외, 이유자돈의 체고에서는 약 30℃ 내외로 이유자돈을 위한 적온대를 유지하였다. 이유자돈 보온을 위하여 돈방당 하나의 상부 600W의 보온등과 바닥에 310W의 보온매트를 각돈방에 설치하였다. 에너지소비량은 초기입식후 10일까지(24일령)는 약 8.3kw/h로 하루

199.2kw/day가 소모되었으나, 입식 10일이후부터 3주 실험 종료시까지 보온메트를 철거를 하여 소비전력은 약 6kw/h로, 하루 144kw/day가 소모되었다.

<표 3-13> 온도분포, ℃

측정위치	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	10번
상	24.1	23.9	24.3	23.8	24.3	24.2	24.0	24.4	24.5	24.2
중	26.3	26.5	26.5	26.7	26.2	26.7	27.2	26.3	26.3	26.4
하	28.9	29.1	28.7	29.2	28.7	28.5	29.3	28.5	28.9	28.5

라) 습도

외기의 습도범위는 기상의 조건에 따라 대체로 56~87%로 측정되었으며, 돈사내의 습도는 어느 정도 일정한 수준 즉, 56~68% 수준을 유지하고 있었다. 자돈방의 습도는 어린돼지가 성장할 수 있는 범위를 만족시켰으나 시간이 경과할수록 돼지의 성장과 더불어 호흡량의 증가로 인하여 입식 20일 후부터는 수분집적현상이 관찰되었다. 겨울철에는 적정수분조절을 위한 加濕(humidifying), 여름철에는 실내온 저하를 위한 加濕이 필요하므로 분무장치가 필요한 것으로 판단된다.

마) 화학적 환경

초기 자돈사내에 분진은 거의 감지되지 않았으며(0.008 mg/m<sup>3</sup>) 3주 시험종료시에 약간의 분진이 검출되었다(0.047 mg/m<sup>3</sup>). 이것은 축사내 공기에는 0.3~25.6 mg/m<sup>3</sup>의 먼지가 함유되어 있다는 일반적인 문헌에 비교하면 상당히 양호한 수준이었다. 암모니아 가스는 3주 시험종료시에 1~1.5 mg/l을 나타내 자돈방내의 화학적 환경은 양호한 편이었다. 이는 돈사가 신축되어 기존 오염물질이 잔류되어 있지 않는 상태도 고려해야 할 것이다

2) NC 환기시스템

가) 공기속도분포

기본적으로 NC에 대한 공기속도 분포는 전실험기간에 걸쳐(4주~6주) 거의 동일하게 나타나기 때문에 NB와 마찬가지로 <표 3-14>의 12월 15일 공기속도 분포를 대표적으로 해석하였다. 배기팬은 팬은 최소 환기수준(14.13CMM)을 유지하도록 하였다. ϕ250mm의 천공 원형덕트는 덕트하부에 적정간격으로(측벽으로부터 50cm에서 차츰80cm첨가) ϕ50mm 천공 11개가 덕트하부에 분포되어 유입공기가 하강하도록 하였다.

<표 3-14>, <그림 3-16>와 같이 실험 무창자돈사에서 공기흐름은 덕트 천공아래의 공기속도는 1.0~1.3 m/s, 1.2m(중앙)지점에서는 0.5m/s내외, 자돈체고 (바닥으로부터 20cm 이내)에서는 속도가 거의 감지되지 않았다. 공기제트의 속도가 1m/s정도이나 운동량의 소산이 매우 빠르게 일어나 약 2.5m의 수직 流下거리에도 거의 속도가 감지되지 않았다. 실내 평균유속 및 편차는  $0.53 \pm 0.47 \text{ m/s}$ 로 나타났다. 흡서기에는 배기팬의 단계를 높임으로써 덕트천공에서 공기유속을 體高에서 0.1~0.2m/s 정도로 유지하여 대류에 의한 체온손실을 유도할 필요가 있다.

<표 3-14> NC 공기속도분포, m/s

측정위치	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	10번
상	1.02	1.04	1.12	1.11	1.13	1.07	1.21	1.33	1.08	1.08
중	0.43	0.40	0.48	0.52	0.54	0.47	0.46	0.52	0.49	0.44
하	0.01	0.0	0.01	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0

1배기팬 전면속도 0.52m/s, 배기팬 배기속도 2.12m/s

#### 나) 온도분포

기본적으로 NC에 대한 온도분포도 NB와 마찬가지로 전실험기간(4주~6주)에 걸쳐 돈사내 온도분포 및 편차가 공기속도와 마찬가지로 거의 동일하게 나타나기 때문에 <표 3-12>와 같이 4주~6주동안의 기간중 12월 17일의 온도분포를 대표적으로 나타내었다. <표 3-15>과 같이 실험 무창자돈사에서 온도는 전반적으로 24~29℃로 평균온도와 편차는  $26.5 \pm 1.95 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 즉, 천공비닐 아래인 상부는 약 24℃내외, 중간지점에서는 26℃내외, 이유자돈의 체고에서는 약 29℃ 내외로 이유자돈을 위한 적온대를 유지하였다. 이유자돈 보온을 위하여 돈방당 하나의 상부 600W의 보온등을 설치한 결과 9C두의 돈방에 소모된 전력은 약 6kw/h로, 하루 144kw/day가 소모되었다.

우리 나라 겨울철 중부지방의 기온이 영하로 떨어지는 날이 20일 이상이므로 자돈에 있어서는 보조열원이 필요하지만, 돈사건축시 단열정도가 높은 건축자재로 조립할 경우, 열손실을 최대한 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

<표 3-15> 온도분포1%, °C

측정위치	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	10번
상	24.1	23.9	24.3	23.8	24.3	24.2	24.0	24.4	24.5	24.2
중	26.3	26.5	26.5	26.7	26.2	26.7	27.2	26.3	26.3	26.4
하	28.9	29.1	28.7	29.2	28.7	28.5	29.3	28.5	28.9	28.5

1 12월 17일 실험자료;

2외기온 및 습도 : 0.7°C & 70%, 복도 : 4.5°C & 64%, 실내 50%

#### 다) 화학적 환경

자돈사내에 분진은 4주경에는 (0.042 mg/m<sup>3</sup>), 시험종료시(12월 27일)에 약간의 분진이 검출되었다(0.068 mg/m<sup>3</sup>). 이것은 급이의 형태가 건식급이를 할 경우에는 분진의 양이 많아짐을 알 수 있으며, 또한 측정할 경우의 환경 즉, 자돈의 휴식이나 운동등에 따라 분진량이 좌우될 수 있기 때문에 최대한 같은 환경조건하에서 측정을 하였다. 암모니아 가스는 시험종료시(12월 27일)에 3 mg/l을 나타내어 자돈방내에서 가스의 발생량이 증가하는 시점으로 관찰되었다. 하지만 이것은 돈사가 신축되어 기존 오염물질이 잔류되어 있지 않은 상태도 고려해야 할 것이다. NC의 적용시점은 NB보다 1~3주 더 경과되어 자돈이 증체되었음에도, 암모니아나 먼지의 농도 등이 크게 증가하지 않았다. 이는 상대적으로 NC의 환기효율이 NB보다 양호한 때문으로 이해된다.

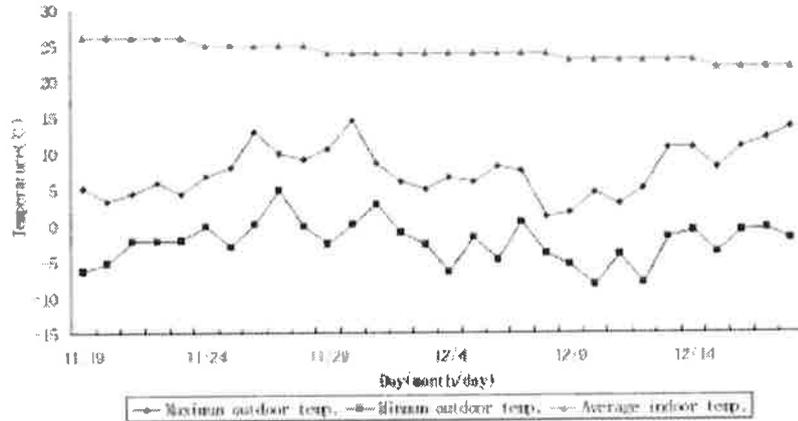
#### 라. 계절별 자돈방 환기시스템의 효율 현장실증실험

자돈이 입식(1998년 11월 19일~1999년 1월 18일)된 상태에서 환기시스템, NB, NC에 따른 실내환경을 평가하기 위하여 자돈사내 공기속도, 온도, 습도, 암모니아 농도 등을 분석하였다. 측점은 <그림 3-5>와 같이 골고루 분포시켜 자돈사의 환경을 대표하도록 하였다.

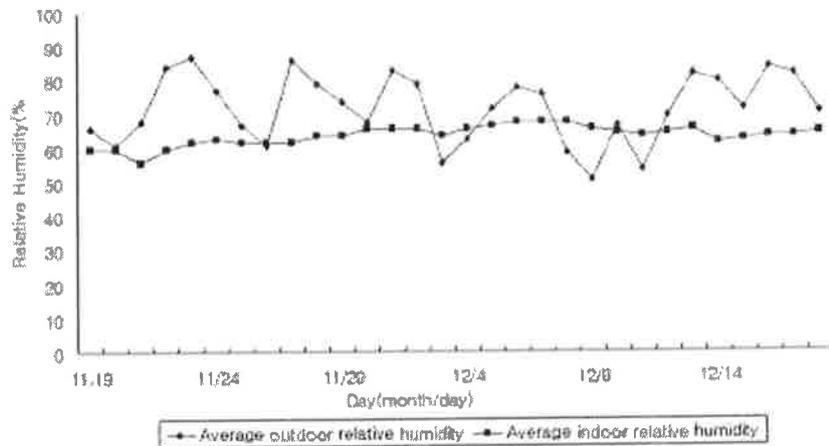
##### 1) 冬節 자돈사 현장검증 실험결과

1998년 11월19일~12월18일까지의 자돈사의 시스템 성능을 시험한 결과는 <그림 3-16>,<그림 3-17>과 같다. <그림 3-16>과 같이 실험기간 동안 외부기온은 최저 -6.3~ 최고 14.6°C의 범위였으며, 일일 온도의 차이는 10°C전후로 어린자돈(14일령)이 생육온도 유지 때문에 돈방내에 외부의 추가열원이 없이는 적정온도를 유지하기가 어려워 자돈기간 내내 보온동(620W)을 이용하여 가온하였다. 보온등을 가온한 결과 외

부온도는 변화폭이 심하나 돈방내부는 단열수준이 높아 생육 적온인 22~26℃를 유지하여 최적 열환경을 유지하였다.



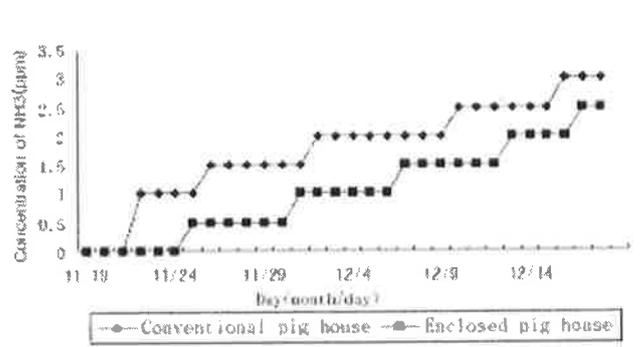
<그림 3-16> 실험자돈방의 겨울철 경시적 온도변화



<그림 3-17> 자돈방의 경시적 습도변화

실험기간 동안 외부 상대습도는 <그림 3-17>에서 보는 바와 같이 46~91%로 폭넓게 유지되었는데 비하여 원형돈사 내부의 상대습도는 55~68% 범위를 유지하여 일반 적을 알려진 적정습도대 (60~80%)를 유지하였다.

<그림 3-18>은 실험자돈방의 환기시스템에 의한 유해가스(암모니아)의 농도를 분석한 결과로서, 원형자돈사는 0.2~2.5ppm내에서 유지되어 대체적으로 허용농도인 20ppm (MAFS, 1990)보다 매우 낮게 측정되어 유해가스 문제는 나타나지 않았다. 이것은 어린 자돈에서 배출되는 분뇨량이 적은 것도 원인이겠지만, 돈사의 신축으로 분뇨 집적이 적은 것도 원인일 수 있으므로 지속적 입식후 기체분석이 일어나야 할 것이다.

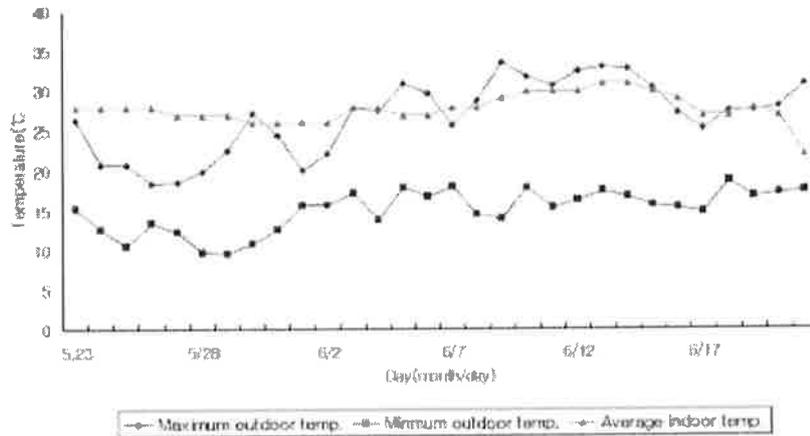


<그림 3-18> 실험 자돈방의 경시적 암모니아 농도변화

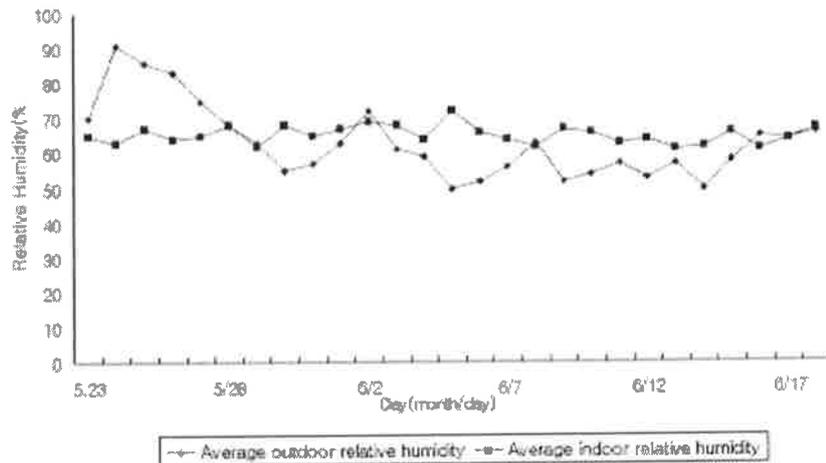
## 2) 夏節 자돈사 현장검증 실험결과

<그림 3-19>는 봄철 자돈방의 실험기간 동안의 온도분포를 나타낸 것으로 외부의 최고온도는 10.5~33.6℃으로 변화폭이 심하나 돈사내부는 외부기온의 영향을 크게 받지 않고 적정온도범위를 유지하였다. 특히 6월 9일경부터는 낮동안의 외부기온이 일시적으로 높아져 33.6℃가 되어도 돈사내부는 29℃를 유지하였다. 이러한 현상은 적정 단열으로 인한 건물의 특성으로 이해해야 한다.

하절 자돈사육에 있어서 외기의 습도범위는 51~87%로 측정되었으며 (<그림 3-20> 참조), 돈사내부 습도는 60~71% 수준으로 약 10% 정도 차이가 있었다. 그러나 자돈방의 습도는 적정범위인 60~80% 유지되었으나 시간이 경과할수록 성장에 따른 호흡을 증가로 입식 20일후부터는 습도가 증가하는 경향을 보였다. 그리고 무창 자돈사의 습도조절을 위한 噴霧裝置는 여름철에는 냉각목적과 혼용할 수 있는 실용적 장치로 이해된다. 특히 우리 나라 겨울철은 건조하므로 적정 습도유지를 위한 노동력을 절감형 加濕장치개발이 필요하다.

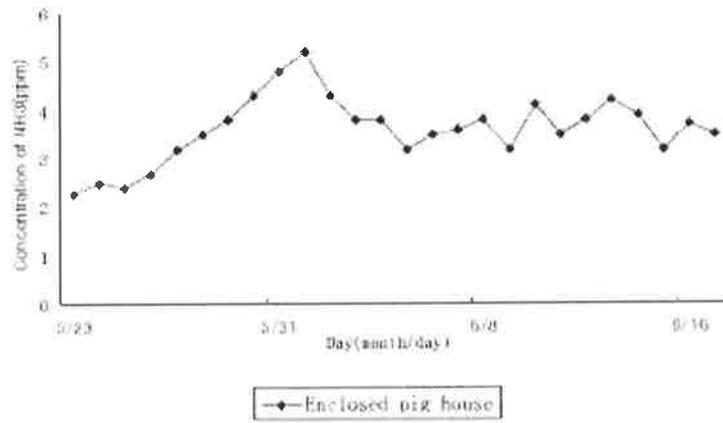


<그림 3-19> 하절 실험자돈방의 경시적 온도변화



<그림 3-20> 하절 실험자돈방의 경시적 상대습도 변화

<그림 3-21>은 하절 실험자돈사의 유해가스(암모니아)의 농도를 분석한 결과로서, 실험자돈방은 4주동안의 사육으로 인하여 점차적으로 암모니아의 농도는 증가하여도 2.3~5.3ppm내에서 유지되어 겨울철보다는 1~2ppm 정도 높았지만 대체적으로 상한 농도인 20ppm(MMPS, 1990)보다 훨씬 낮게 나타났다. 슬러리돈사의 경우, 암모니아 농도는 피트의 슬러리배출과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되어 향후 이들 변수와의 관계를 구명할 필요가 있다.



<그림 3-21> 무창자돈사의 암모니아 농도 변화

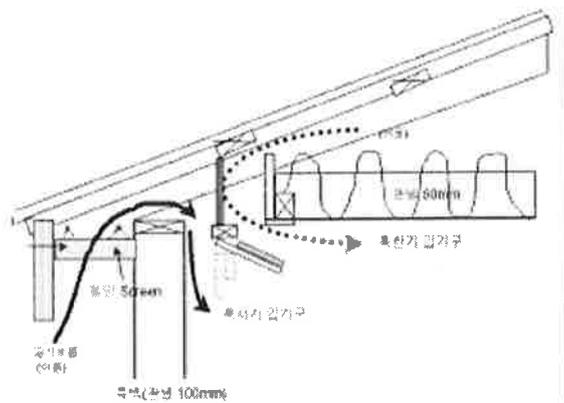
### 3. 실험육성·비육사의 환경

#### 가. 육성·비육사의 사육현황

항 목	육성돈사
육성비육사제원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 12m(L)×20m(W)×3.0m(측벽고, D), 마두대고 (H) 4.5m ; 지붕틀춤(B) 1.5m</li> <li>○ 복도넓이 : 20m(L)×1.1.1m(p)</li> <li>○ Fit 깊이 : 45cm, 60cm</li> </ul>
육성비육돈 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자돈수 : 9~10두/각돈방*19돈방/돈사=186두</li> <li>○ 체중 : 25~30kg/두</li> </ul>

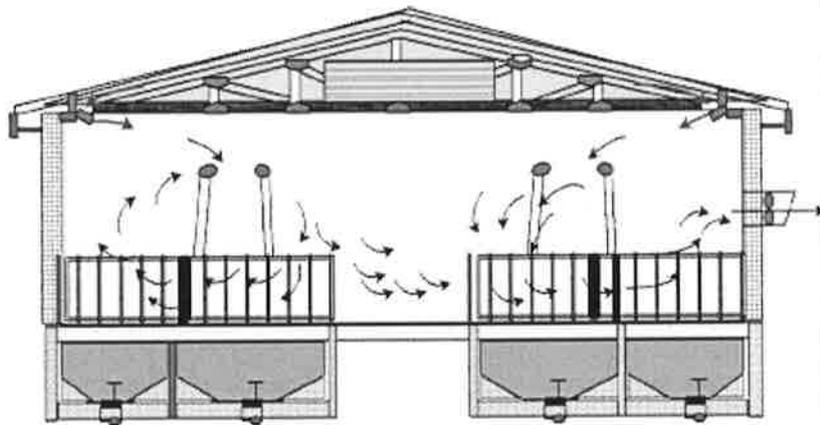
#### 나. 육성·비육돈사의 환기시스템

<그림 3-22>에서와 같이 실험육성비육돈사는 환기시스템 구성체로는 ① 양측벽의 슬롯 입기구 ② 양측벽 슬롯입기구에 의한 증발냉각시스템 ③ 원형돈사 출구벽 상부의 20cm x 2,000cm의 長方形 슬롯입기구 ④ 남측벽의 4개의 창을 통하여 외부에서 연결한 덕트를 통하여 하나의 팬으로 최소 50CMM, 최대 28,800 CMM 용량 배기팬으로 구성되어 있다. 환기시스템의 입기는 장방형 슬롯입기구로 장착되어 있으며, <그림 3-23>과 같이 동절에는 입기의 온도를 높이기 위하여 유동을 시계방향(clockwise)으로 유도하기 위하여 baffle을 천정에서 개폐가 가능하도록 하였으며, 하절에는 공기유동을 반시계방향으로 유도하기 위하여 측벽에 연하게 개폐가 가능하도록 하였다.

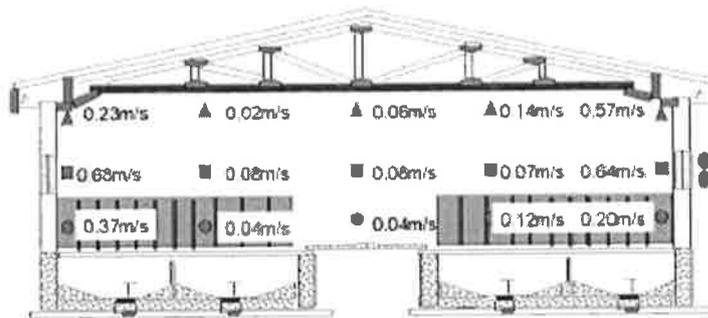


<그림 3-22> 육성비육사 공기입기구 상세도

<그림 3-23>은 혹한기때의 예측공기유동을 나타낸 것으로, 입기는 출구벽의 상단으로 유입된 공기는 천정을 가로질러 양측벽의 슬롯입기구조로 유입되며, 이로 인한 유속분포는 <그림 3-24>와 같다. 이는 최소환기율이라 하더라도 공기유동이 존재하므로 동절에도 적용가능한 환기시스템임을 반증한다.

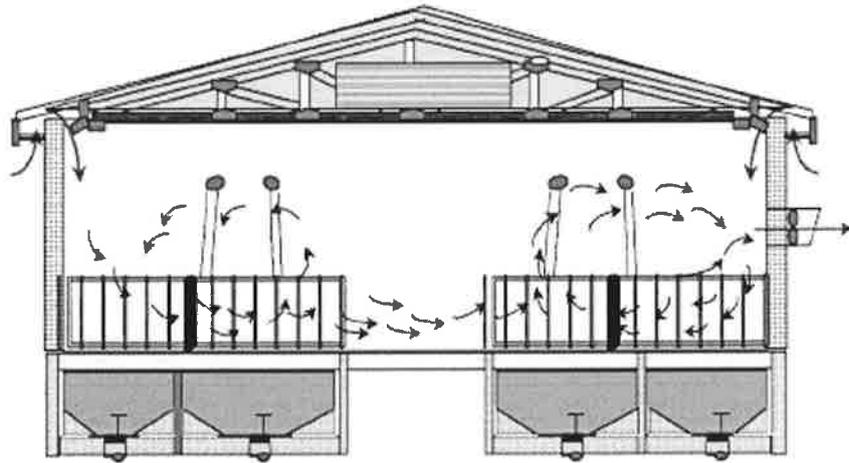


<그림 3-23> 동절 육성·비육돈사 예측공기유동

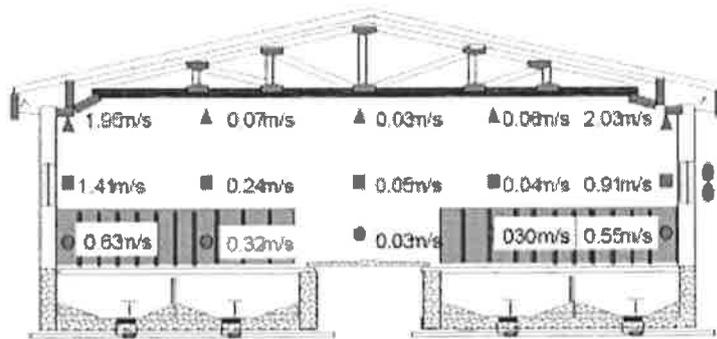


<그림 3-24> 동절 육성·비육돈사 유속분포

<그림 3-25>는 육성비육사의 여름철 환기시스템의 가상도로서 ①양측벽의 여름용 슬롯입기구→② 양측벽 슬롯입기구에 의한 중발냉각시스템→④남측벽의 최대 488cm용량의 1개 배기팬을 통하여 배기되는 시스템을 나타낸 것이다. 이로 인한 유속분포는 <그림 3-26>과 같다.



<그림 3-25> 하절 실험육성·비육사 예측공기유동

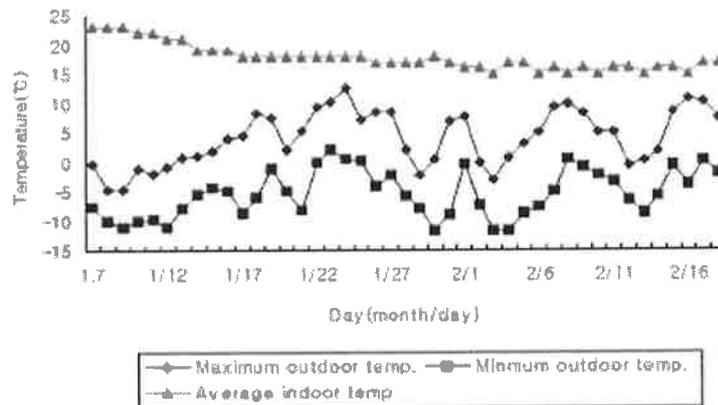


<그림 3-26> 하절 육성·비육돈사 유속분포

<그림 3-26>은 여름철 8월21일의 육성비육사내 공기유속을 나타낸 것으로 자체 제작한 팬으로 중간환기(244cm)로 하였을 때 입기구를 통하여 들어오는 공기의 속도는 MAFS(1990)에서 여름철 혹서기에 적당한 유속이라고 한 5m/s보다는 적었지만, 돈방내 모든지점에서 유속이 나타났다. 따라서 팬효율을 높일 경우에는 돈방내의 전지점에서 유속이 보다 빠른 유속을 가져 올 것이므로 하절의 공기입기 형태로는 적합한 것으로 판단된다. 원형돈사에서는 돈방내 전체적인 공기의 흐름이 나타나 smoke generator를 이용하여

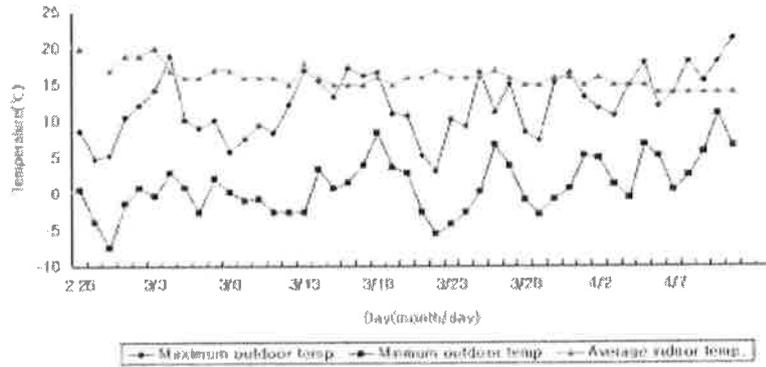
공기유동을 가시화 한 결과 돈사내부의 공기가 잘 혼합되어 효과적으로 환기가 되었다.

<그림 3-27>은 동절 육성·비육사의 온도변화를 나타낸 것으로 실험기간 동안 외부기온은 최저온도는 -12.5~1.7℃로서, 追加 加溫없이 단열수준과 관련하여 돼지의 체열로 인한 온도상승은 적정 실내온도인 22℃에 미치지 못함을 알 수 있다. 그러므로 혹한기 초기 육성돈의 경우, 추가 가온이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 초기 육성기간(3주) 동안 620W 保温燈으로 가온하여 준 결과 20℃내외를 유지하였다.

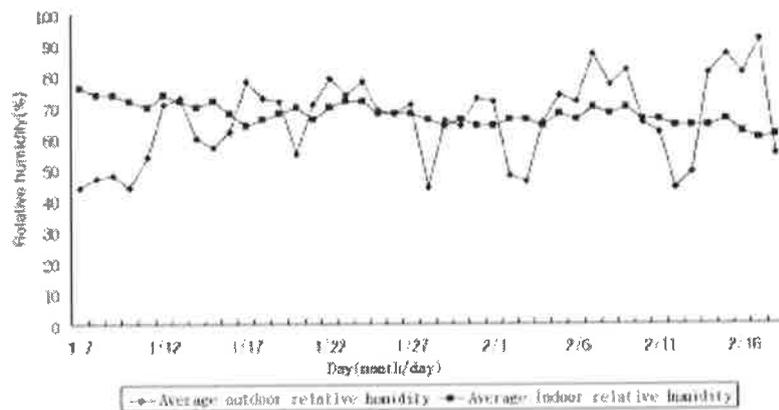


<그림 3-27> 동절 실험돈사의 실내온도 변화

육성사내에 보온등으로 가온 시킨 결과, 초기 3주동안에는 20~23℃를 유지하였으며, 이때 환기율은 최대환기율의 약 5%로 수준으로 최소환기율을 적용시켰다. 3주 이후부터는 돈사내에서의 최소환기 및 제어시스템의 기능을 분석하고자 가온을 중단한 결과, 실내온도는 15~17℃를 유지하여 동절 육성·비육돈의 성장가능 온도범위에 속하였다. <그림 3-28>은 동절 입식자돈의 지속 사육으로 인한 봄 동안의 비육돈사의 온도변화를 나타낸 것이다. 실험기간 동안 돈사외부의 온도는 최저 -7℃~최고 18℃로 하루 온도 편차가 평균 12℃에 이르러 비육기간 동안 10℃이상의 온도변화폭이 많았다. 그러나 외부온도의 큰 변화폭에도 불구하고 실내온도는 14~19℃로 유지하여 비육돈의 증체율이 가속되었다.

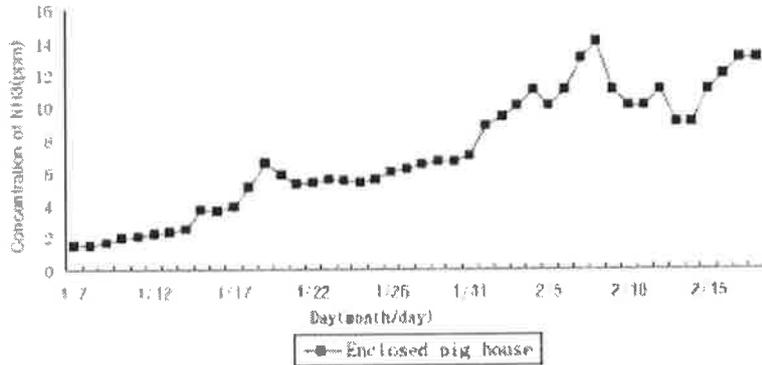


<그림 3-28> 春節 실험 육성·비육돈사의 온도변화



<그림 3-29> 동절 실험육성·비육돈사의 상대습도 변화

동절 실험기간 동안 외부 습도는 <그림 3-29>에서 보는 바와 같이 43~86% 범위에서 유지되었으며, 평균습도는 68% 이었다. 우리 나라 겨울철은 일반적으로 건조하기 때문에 습도가 상대적으로 낮아 호흡기 질환 등의 질병발생이 빈발하고 있다. 따라서 실험기간 동안 돈사복도에 물을 뿌려 주어 실험돈사의 상대습도는 59~76% 범위에 유지되었으나, 돼지의 스트레스를 유발하지 않으면서 습도를 제어할 수 있는 동절 가습장치의 개발이 절실하다. 특히 우리 나라 기상조건에서 동절, 하절의 적정 습도 유지는 환경적으로 매우 중요한 의미를 갖는다.



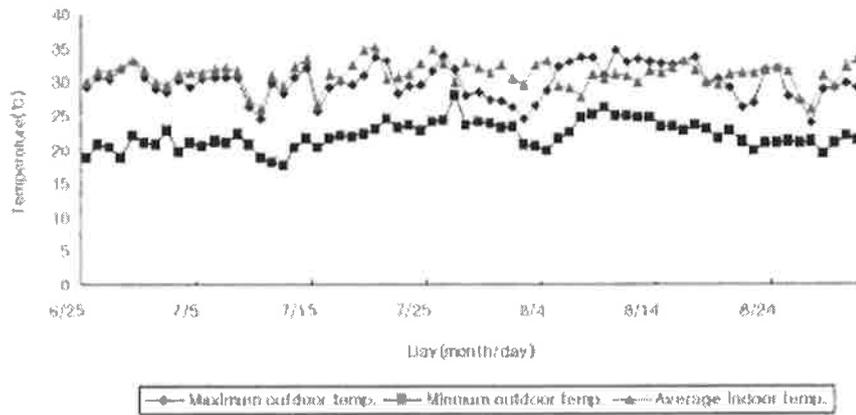
<그림 3-30> 실험 육성·비육돈사의 경시적 NH3 농도 변화

<그림 3-30>은 동절 원형 육성·비육돈사 암모니아의 농도 변화를 분석한 자료로서, 원형돈사는 1.3~12.7 ppm로서 일반적인 상한기준을 초과하지 않았다. 그러나 육성기 4주령부터의 급속한 증체량의 증가로 인하여 돼지증체율이 가장 큰 60kg 전후에서 암모니아 농도배출이 기하급수적으로 늘어나는 것(1월 31일 기준)을 알 수 있으며, 암모니아의 증가에 따른 환경제어와의 관계를 고려해 볼 필요가 있다. 따라서 혹한기라 하더라도 암모니아의 배출을 위한 환기가 필요하다.

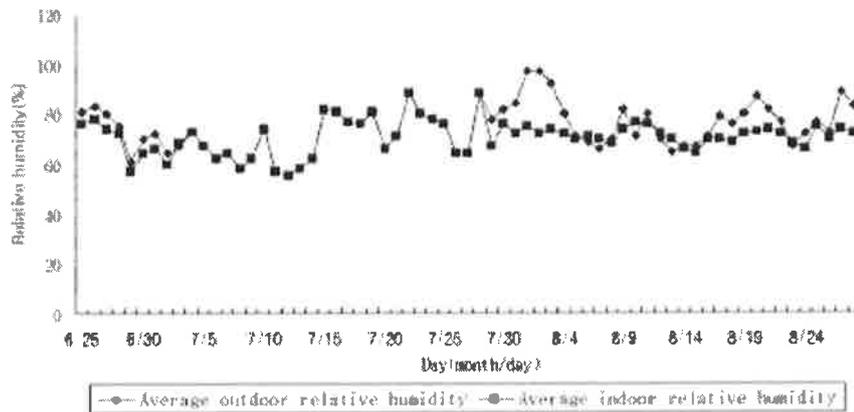
(나) 혹서기의 제어성능

<그림 3-31>은 혹서기 육성비육사의 온도변화를 나타낸 것으로 실험기간 동안 외부기온은 최저 18.1℃ 최고 33.5℃의 범위를 유지하였으며, 일일 온도의 차이는 평균 10℃전후 차이가 난 날이 20일정도 나타나 평년보다는 많이 나타났지만, 돈방내에서 사육되는 육성돈의 적은 환경온도에 미치는 영향은 적었다.

무창돈사의 시설에 있어서 지금까지는 돼지 몸에서 발산하는 열량을 조절하기가 어려운 점이 있어 기피되어왔던 것이 사실이지만, 원형사 실험을 통하여 적절한 자재와 환기체계를 갖춘 경우에는 육성비육돈에 적합한 환경을 제공할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 혹서기에 단순한 온도제어보다는 공기유속을 고려한 환경제어를 할 경우에는 외부기온보다 1~2℃ 정도 내부의 온도가 높아도 돼지는 안락하게 휴식을 하여 건축된 표준돈사가 우리나라 수준에 적합하다고 평가되었다.



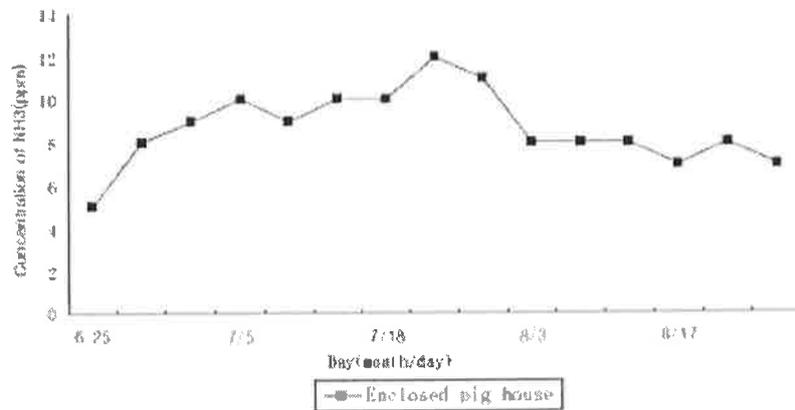
<그림 3-31> 하절 육성·비육돈사의 경시적 온도변화



<그림 3-32> 하절 육성·비육돈사의 경시적 상대습도 변화

육서기 실험기간 동안 외부상대습도는 <그림 3-32>에서 보는 바와 같이 56~97% 범위 내에서 유지 되었으며, 평균상대습도는 70% 이었다. 여름철의 무창돈사는 외부에서의 안개분무 등으로 인하여 돈사내부는 습기가 높은점이 문제가 될 수 있지만, 실험돈사의 상대습도는 육성기에는 68%, 비육기에는 72% 범위에서 유지되었는데, 이것은 체형이 클수록 발산하는 열량이 증가하기 때문이지만 육성비육 기간동안 돈사내부의 습도는 안정적인 상태를 유지하였다. 이것은 표준화 돈사의 안개분무 장치의 설

치부분이 돈사바깥 측벽에 부착되어 있고, 온도의 상승과 돈사내부의 습도조절을 위하여 자동화하여 주어 돈사내부로 들어 가는 공기중의 열량을 조절하여 공기중의 온도를 떨어 뜨려 줌과 동시에 돈사내부의 습기가 적절히 조화되었다고 판단되어 습도를 포함한 자동 환경조절 시스템이 중요한 의미를 가진다.



<그림 3-33> 하절 실험 육성·비육돈사의 경시적 NH3 농도 변화

위의 <그림 3-33>은 혹서기의 원형육성돈사와 일반육성사의 환기시스템에 의한 유해가스(암모니아)의 농도를 분석한 결과로써, 원형돈사는 4.3~12.2ppm내에서 유지되어 대체적으로 허용농도인 20ppm(MWPS, 1990)보다 낮아 환경제어가 효과적으로 이루어졌다. 육성비육돈사는 특히 7월 23일을 기점으로 암모니아 농도가 낮아진 것은 상하부의 슬러리 배출을 하여 준 결과, 약 3 ppm의 농도 저하를 가져왔다. 따라서 돈사내의 환경(가스)제어는 분뇨배출과 밀접한 관련이 있다고 판단되었다.

## 제4절 결론

본 연구는 우리나라 돈사의 기하학적 형태에 의하여 분류된 돈사설계도를 바탕으로 서울대 농생대 부속동물목장에 건축된 돈사에 개발된 환경제어 시스템의 성능을 원형실험사를 이용하여 제어시스템을 평가하기 위하여 수행되었으며, 동계, 하계로 구분하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 겨울과 여름철에는 돼지의 성장상태와 생리적 상황으로 보아 대부분 외부에서의 추가적인 열원이나 냉방기의 추가가 필요할 것으로 판단되었으나, 추가적인 열원이나 냉방이 없을 경우에는 실험돈사의 내부온도변화가 1-5℃ 차이로 덜 민감하게 나타났는데, 비하여 일반관행돈사(원치커텐)는 외부기온의 변화(10~15℃ 전후)가 직접적으로 미치기 때문에 돼지가 추위나 더위로 인한 스트레스는 무창돈사가 훨씬 덜 받을 것으로 판단되었다.
2. 겨울과 여름의 경우 상대습도는 일반적인 돈사는 온도와 같이 외부의 영향을 많이 받는 반면에 외부의 습도변화가 많아도 무창돈사는 안개분무를 통한 습도제어에 의하여 60~70%로 적정수준을 유지하였다.
3. 암모니아 가스는 계절과 관계없이 허용농도 이하를 유지하였기 때문에 자돈이나 육성비육돈에서는 돼지가 성장하는 환경에는 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었으며, 암모니아 가스의 제거는 pit 슬러리지거와 관계가 있는 것으로 판단되었다.
4. 환경제어 돈사의 풍속은 입기구에서 자체제작한 팬을 중간환기율로 하였을 때 2~3m/s를 나타내어 MWPS(1990)에서 요구하는 최대 환기율(5m/s)을 만족시켰으며, 돈사내 돼지의 생활공간에서도 0.2m/s 정도가 감지되어 환기가 효과적으로 된다고 판단되었다.

## 참고문헌

1. K. Sallvik., K. Walberg. 1984. The Effects of Air Velocity and Temperature on the Behavior and growth of Pigs. JAER. (30):305-312.
2. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan, Iowa State University, Ames.
3. 최홍립, 송준익, 김현태, 안희권, 고석영. 1999. 우리 나라 중부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. 축산시설환경학회지. 5(1). 1-16.

## 제 4 장 환경예측 프로그램 범용화

### 제1절 서 설

돼지는 일생을 돈사에서 보내므로 돼지의 生住환경은 곧 돈사의 실내환경을 의미하며, 이의 質(quality)은 돼지의 생산성을 좌우한다. 그러므로 돼지의 성장단계에 따라 적정 실내환경을 제공한다는 것은 돼지복지 차원에서 뿐만 아니라 양돈이라는 산업적 측면에서 보면, 생산성제고라는 측면에서 매우 중요하다.

일반적으로 돈사의 실내환경을 제어한다는 말은 물리적 환경 및 생물·화학적 환경의 變因(parameters)을 제어한다는 말이며, 물리적 환경에는 온도, 습도, 공기유동형태, 공기 속도 등을, 생물·화학적 환경에는 암모니아 농도, 먼지, 병원성 미생물 등을 포함한다. 그러나 이들 변인들을 제어하기 위해서는 발생원과 발생을 구명해야 하는 데 이는 거의 현실적으로 불가능하다. 실제 돈사의 온도, 습도를 제어가 현실적으로 인식하고 있으며, 이들 변인들의 실내 분포에 관계하는 공기유동실내 형태 및 공기속도의 거동을 이론적으로 예측하는 것은 적정 환경을 설계하는 데 무엇보다 중요하다. 본 장에서는 예비실험없이 최적 실내환경설계를 위한 공기유동 형태(air flow patterns) 및 공기속도(air velocity)의 분포예측가능한 simulation 연구를 수행하였다.

### 제 2 절 실험돈사의 실내 공기유동 예측 전산프로그램 범용화

#### 1. 지배방정식 도출

직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 3차원 공기속도,  $u, v, w$ 을 곡선좌표계에 적용·변형하여 식(4.1)~(4.5)와 같이 유도하였으며, 난류모형은 일반적인  $k-\epsilon$  모형을 적용하였다.

#### 가) 연속방정식

$$\begin{aligned} \omega + v_j + w_z &= \{J(\xi \lambda u + \xi \eta v + \xi \zeta w)\} \epsilon + \{J(n_\lambda u + n_\eta v + n_\zeta w)\} n + \\ &\quad \{J(\xi \lambda u + \xi \eta v + \xi \zeta w)\} \zeta / J \\ &= \{U \xi + V \eta + W \zeta\} / J = 0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

여기서,  $J = (x \xi_y n - x r_y \xi) = (\xi \lambda n_y - \xi y n \lambda) - 1$

$$U = \xi \lambda u + \xi y v + \xi z w$$

$$V = n \lambda u + n y v + n z w$$

$$W = \zeta \lambda u + \zeta y v + \zeta z w$$

$$u = x \xi U + x n V + x \zeta W$$

$$v = y \xi U + y n V + y \zeta W$$

$$w = z \xi U + z n V + z \zeta W$$

나) 운동량 방정식

$$u_t + HX = -p_x + FX$$

$$v_t + HY = -p_y + FY$$

$$w_t + HZ = -p_z + FZ$$

(4.2)

여기서,  $HX = (uu)_x + (uv)_y + (uw)_z = \{ (JUu) \xi + (JVu) n + (JWu) \zeta \} / J$

$$HY = (uv)_x + (vv)_y + (vw)_z = \{ (JUv) \xi + (JVv) n + (JWv) \zeta \} / J$$

$$HZ = (uw)_x + (vw)_y + (ww)_z = \{ (JUw) \xi + (JVw) n + (JWw) \zeta \} / J$$

$$p_x = \{ (J \xi p) \xi + (J n p) n + (J \zeta p) \zeta \} / J$$

$$p_y = \{ (J \xi p) \xi + (J n p) n + (J \zeta p) \zeta \} / J$$

$$p_z = \{ (J \xi p) \xi + (J n p) n + (J \zeta p) \zeta \} / J$$

$$FX = \{ v_t (2u_x) \}_x + \{ v_t (u_y + v_x) \}_y + \{ v_t (u_z + w_x) \}_z$$

$$FY = \{ v_t (u_y + v_x) \}_x + \{ v_t (2v_y) \}_y + \{ v_t (v_z + w_y) \}_z$$

$$FZ = \{ v_t (w_x + u_z) \}_x + \{ v_t (w_y + v_z) \}_y + \{ v_t (2w_z) \}_z$$

다) 난류운동량전이 방정식 (k)

$$k_t + HK = FK + vtS - \epsilon$$

(4.3)

여기서,  $HK = (ku)_x + (kv)_y + (kw)_z = \{ (JUk) \xi + (JVk) n + (JWk) \zeta \} / J$

$$FK = (vtk_x / \sigma)_x + (vtk_y / \sigma)_y + (vtk_z / \sigma)_z$$

$$vtS = vt \{ u_x^2 + 2v_y^2 + 2w_z^2 + (u_y + v_x)^2 + (w_x + u_z)^2 + (v_z + w_y)^2 \}$$

라) 소산율 전이방정식( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon_t + HE = FE + c_1 \varepsilon v_t S/k - c_2 \varepsilon z/k \quad (4.4)$$

여기서,  $HE = (\varepsilon u)_x + (\varepsilon v)_y + (\varepsilon w)_z = \{ (JU)_\xi + (JV)_\eta + (JW)_\zeta \} / J$

$$FE = (v_t \varepsilon_x / \sigma_1)_x + (v_t \varepsilon_y / \sigma_2)_y + (v_t \varepsilon_z / \sigma_3)_z$$

마) k- $\varepsilon$  난류상수

$$v_t = k / z \quad \tau = c_D k / \varepsilon \quad (4.5)$$

<표 4. 1> 난류모형 상수

CD	C1	C2	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
0.09	1.44	1.92	1.0	1.3	0.9

<표 4. 2> 정식화에 나타나는 기호/첨자의 의미

<기호>	<의 미>
$x, y, w$ $\xi, \eta, \zeta$ $u, v, w$ $U, V, W$ $p$ $k$ $\varepsilon$ $v_t$	물리좌표 (3 차원) 계산좌표 $x, y, z$ 방향의 時點속도 $u, v, w$ 의 평균속도 靜壓 ( $p+2/3k$ ) 난류 에너지 에너지 散散率 동점성계수
<첨자>	<의 미>
$\square_t, j$ $\square_n$ $\varepsilon \square$ $\square_x, \square_y, \square_z, \square_t$ $\square_\varepsilon, \square_r, \square_\xi$ $\square_t$ $\square_x, \square_y, \square_z$ $(\square, \square)$	$\xi=i, \eta=j, \zeta=k$ 의 節點의 이산값 시간 step n의 값 완화계산의 iteration수 $x, y, w, t$ 에 대한 편미분 $\xi, \eta, \zeta$ 에 대한 편미분 접선방향 성분 $x, y, z$ 방향 성분 벡터량을 표시

## 2. Calculation scheme 선택 및 離散化(discretization) 방정식 定式化

식 (4.1) ~ (4.5)의 解를 구하기 위하여 이를 선형방정식으로 전환하기 위하여 유한체적법 (finite volume methods)을 이용하여 압력식, 속도식,  $k$ ,  $e$  轉移理論式을 식 (4.6) ~ (4.10)과 같이 hybrid scheme으로 이산화하였다.

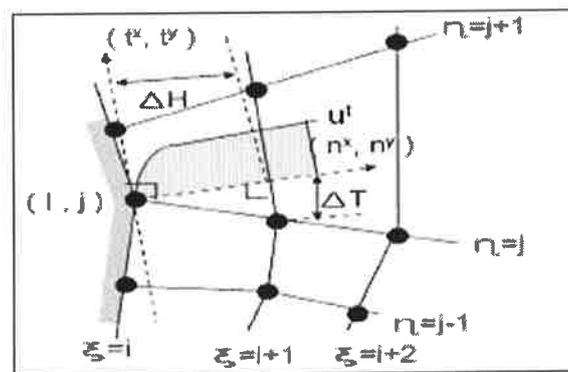
가) 압력이산화식

$$\begin{aligned}
 & \rho^{n+1} P_{i,j} = \rho^n P_{i,j} + \Delta t [ - \{ \alpha_{i-1,j} (\rho^n P_{i,j} - \rho^n P_{i-1,j}) + \lambda_{i,j} (\rho^n P_{i-1,j+1} - \rho^n P_{i,j-1}) \\
 & + \lambda_{i-1,j} (\rho^n P_{i-1,j+1} - \rho^n P_{i-1,j-1}) L_1 + \{ \alpha_{i,j} (\rho^n P_{i+1,j} - \rho^n P_{i,j}) \\
 & + \lambda_{i+1,j} (\rho^n P_{i+1,j+1} - \rho^n P_{i+1,j-1}) + \lambda_{i,j} (\rho^n P_{i,j+1} - \rho^n P_{i,j-1}) L_2 \\
 & - \{ \lambda_{i,j} (\rho^n P_{i+1,j} - \rho^n P_{i-1,j}) + \lambda_{i,j-1} (\rho^n P_{i+1,j-1} - \rho^n P_{i-1,j-1}) \\
 & + \beta_{i,j-1} (\rho^n P_{i,j} - \rho^n P_{i,j-1}) L_3 + \{ \lambda_{i,j+1} (\rho^n P_{i+1,j+1} - \rho^n P_{i-1,j+1}) \\
 & + \lambda_{i,j} (\rho^n P_{i+1,j} - \rho^n P_{i-1,j}) + \beta_{i,j} (\rho^n P_{i,j+1} - \rho^n P_{i,j}) L_4 - D/\nabla t ] \\
 & / \{ L_1 \alpha_{i-1,j} + L_2 \alpha_{i,j} + L_3 \beta_{i,j-1} + L_4 \beta_{i,j} \}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

여기서,  $\alpha_{i,j} = [ \{ J(\xi_x^2 + \xi_y^2) \}_{i,j} + \{ J(\xi_x^2 + \xi_y^2)_{i+1,j} \} ] / 2$

$\beta_{i,j} = [ \{ J(\lambda_x^2 + \lambda_y^2) \}_{i,j} + \{ J(\lambda_x^2 + \lambda_y^2)_{i,j+1} \} ] / 2$

$\lambda_{i,j} = [ \{ J(\xi_x \lambda_x + \xi_y \lambda_y) \}_{i,j} ] / 4$



<그림 4.2> 경계부근의 속도분포를 위한 계산domain

나) 속도의 離散式

$$\begin{aligned}
 u_{i,j}^{n+1} &= u_{i,j}^{n+1} + \left[ \left\{ -u_{i,j}^{n+1} + Q_{i,j} \right\} / \Delta t \right. \\
 &- \left. \left\{ (J \frac{\partial_x P^{n+1/2}}{\epsilon} + (J \Delta_x P^{n+1/2})_{\delta} \right\} / J_{i,j} \right. \\
 &+ \left. \left\{ (RX_{i+1/2,j} - RX_{i-1/2,j} + SX_{i,j+1/2} - SX_{i,j-1/2}) / J_{i,j} \right\} \right. \\
 &+ \left. \left\{ (RXUG_{i,j} + RXUG_{i-1,j} + SXUY_{i,j} + SXUY_{i,j-1}) / J_{i,j} + 1 / \Delta t \right\} \right] \quad (4.7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{i,j}^{n+1} &= v_{i,j}^{n+1} + \left[ \left\{ -v_{i,j}^{n+1} + \Delta_{i,j} \right\} / \Delta t \right. \\
 &- \left. \left\{ (J \frac{\partial_y P^{n+1/2}}{\epsilon} + (J \Delta_y P^{n+1/2})_{\delta} \right\} / J_{i,j} \right. \\
 &+ \left. \left\{ (RY_{i+1/2,j} - RY_{i-1/2,j} + SY_{i,j+1/2} - SY_{i,j-1/2}) / J_{i,j} \right\} \right. \\
 &+ \left. \left\{ (RYVG_{i,j} + RYVG_{i-1,j} + SYVY_{i,j} + SYVY_{i,j-1}) / J_{i,j} + 1 / \Delta t \right\} \right] \quad (4.8)
 \end{aligned}$$

다) k 離散化式

$$\begin{aligned}
 k_{i,j}^{n+1} &= k_{i,j}^{n+1} + \left[ \left\{ -k_{i,j}^{n+1} + k_{i,j} \right\} / \Delta t - k_{i,j}^{n+1/2} + (QR_{i+1/2,j} - QR_{i-1/2,j} + QS_{i,j+1/2} \right. \\
 &- QS_{i,j-1/2}) / (J_{i,j} \sigma) + v_{i,j}^{n+1/2} S_{i,j} - \ell e_{i,j}^{n+1} / \left[ \left\{ (RG_{i,j} + RG_{i-1,j} + SY_{i,j} + SY_{i,j-1}) \right\} \right. \\
 &+ \left. \left. \left. (J_{i,j} \sigma) + 1 / \Delta t \right] \right] \quad (4.9)
 \end{aligned}$$

라) ε 離散化式

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{i,j}^{n+1} &= \epsilon_{i,j}^{n+1} + \left[ \left\{ -\epsilon_{i,j}^{n+1} + \epsilon_{i,j} \right\} / \Delta t - E_{i,j}^{n+1/2} + (ER_{i+1/2,j} - ER_{i-1/2,j} + ES_{i,j+1/2} - ES_{i,j-1/2}) / \right. \\
 &+ \left. \left\{ (J_{i,j} \sigma) + c_1 \ell e_{i,j}^{n+1} + v_{i,j}^{n+1/2} S_{i,j} - \ell e_{i,j}^{n+1} \right\} / \left[ \left\{ (RG_{i,j} + RG_{i-1,j} + SY_{i,j} + SY_{i,j-1}) \right\} \right. \right. \\
 &+ \left. \left. \left. (J_{i,j} \sigma) - c_1 v_{i,j}^{n+1/2} S_{i,j} - \ell e_{i,j}^{n+1} + c_2 \ell e_{i,j}^{n+1/2} / \ell - k_{i,j}^{n+1} \right\} + 1 / \Delta t \right] \right] \quad (4.10)
 \end{aligned}$$

3. 해석방법 solution algorithm 선택

본 연구에서의 주종속변수는 세 방향 속도성분 u, v, w와 온도, 난류특성인 k 및 ε이며, 각각 전이방정식은 對流項(convection term), 확산항(diffusion term) 및 생성항(source term)으로 식(4.11)과 같은 형태의 일반형 미분방정식으로 표현될 수 있다.

미분방정식의 일반변수  $\phi$ 에 관한 지배방정식을 3차원 제어체적 영역에서 적분을 수행하면 제어체적 P에 관하여 식(4.11)과 같은 線形代數방정식을 얻는다.

$$a_P \phi_P = a_E \phi_E + a_W \phi_W + a_N \phi_N + a_S \phi_S + a_T \phi_T + a_B \phi_B + b \quad (3.11)$$

여기서 각 계수는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} a_E &= D_e A(P_e) & a_W &= D_w A(P_w) \\ a_N &= D_n A(P_n) & a_S &= D_s A(P_s) \\ a_T &= D_t A(P_t) & a_B &= D_b A(P_b) \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$a_P = a_E + a_W + a_N + a_S + a_T + a_B + b \quad (4.13)$$

$$b = (J_{S,e} - J_{S,w} + J_{S,n} - J_{S,s} + J_{S,t} - J_{S,b}) + S_\phi \quad (4.14)$$

이 식에서 계수 a 표현식의 아래첨자중 대문자는 제어체적에 인접한 east, west, north, south, top 및 bottom에 위치한 제어체적을 지시하며, 소문자는 해당 제어체적의 east, west, north, south, top 및 bottom면을 나타낸다. 식(4.14)에서  $J_s$ 는 2次 플럭스(secondary flux)로서 제어체적의 비직교성에 의하여 나타나는 플럭스를 뜻하며  $S_\phi$ 는  $\phi$ 에 관한 지배방정식에서 생성항을 나타낸다. 식(4.12)에서 Peclet數 P는 식(4.15)와 같이 확산에 대한 대류의 크기로 정의된다.

$$\begin{aligned} P_e &= F_e / D_e & P_w &= F_w / D_w \\ P_n &= F_n / D_n & P_s &= F_s / D_s \\ P_t &= F_t / D_t & P_b &= F_b / D_b \end{aligned} \quad (4.15)$$

여기서 F 및 D는 각각 대류의 세기 및 확산 conductance를 나타낸다.

식 (4.12)에서 함수A(P)는 멱승(power law)도식을 사용할 경우 Peclet수의 함수로서 식(4.16)과 같이 표현된다.

$$A(P) = A(|P|) + [-P, 0] \quad (3.16)$$

$$= [0, (1 - 0.1|P|)^5] + [-P, 0]$$

#### 4. 해의 수렴

본 연구에서는 수치계산의 반복계산 시 종속변수들의 수렴여부를 판단하기 위하여 아래에 정의된 잉여치(Residual), R값을 조사하였으며, 각 종속변수에 대하여 다음과 같이 정의된 잉여치 값이 10<sup>-4</sup>이하에 도달하면 수렴된 것으로 간주하였다.

$$Residual = \sum_{all\ domain} |\sum a_{nb} + b - a_p \phi_p| \quad (4.17)$$

여기서  $\phi$ 는 일반변수, a는 이산화방정식의 계수, b는 생성항, 그리고 아래첨자 p, nb는 각각 계산제어체적과 인접제어체적의 격자점을 뜻한다.

본 연구에서 3차원 무창돈사의 공기유동분석을 위한 해법논리 순서는 <그림 4.3>과 같이 유도이론식을 system of linearized differential equations을 이용하여 속도에 대한 해를 구하고 또한 非等溫(non-isothermal) 亂流流動을 위한 난류 운동에너지(turbulent kinetic energy; k) 轉移 및 이의 消散率(its dissipation rate;  $\epsilon$ )은 경험적으로 비등온 유동이 수렴해를 구하는 데 많은 문제점을 야기시킨다.

<그림 4.3> 공기유동 및 속도분포를 예측하기 위한 계산논리도

### 제3절 실험돈사의 실내 공기유동 예측

기본적으로 유체의 유동을 해석하는 商用전산프로그램은 영국 CHAM사의 Phoenics을 변형하여 다음의 공기유동예측을 수행하였다.

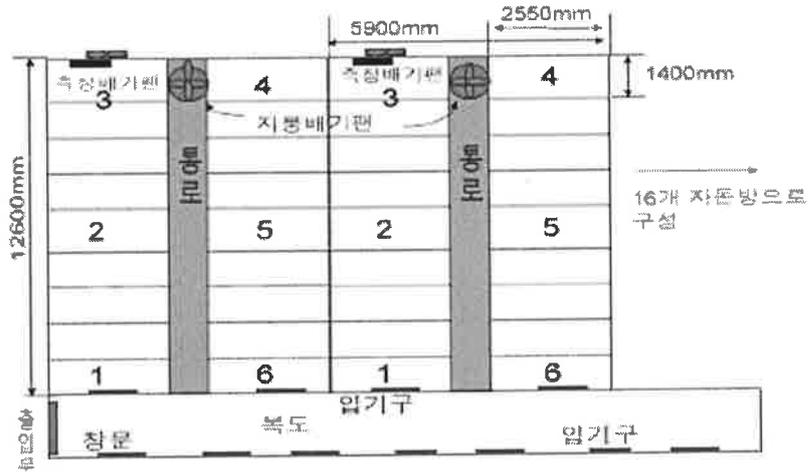
#### 1. 다비육종 자돈방 공기유동예측

##### 가) 환기시스템의 문제점

기존 다비육종의 자돈사는 여름철 혹서기에 환기불량으로 인하여 가스발생과 더불어 실내온이 외기온보다 3~4℃ 정도 높아 열부하로 인한 성적저하가 뚜렷하며, 겨울철에는 습도가 낮아(상대습도 43%) 호흡기 질환에 노출될 위험이 높았다. 입기구로부터 상대적으로 떨어져 있는 지역에는 공기유동이 원활히 일어나지 않아 암모니아 및 열이 집적되는 현상을 나타내었다. 그러므로 다비육종 환기시스템 개선을 위한 공기유동 예측을 <표 4.3>과 같은 경계조건을 적용하여 모사하였다.

<표 4.3> 기하학적 경계조건

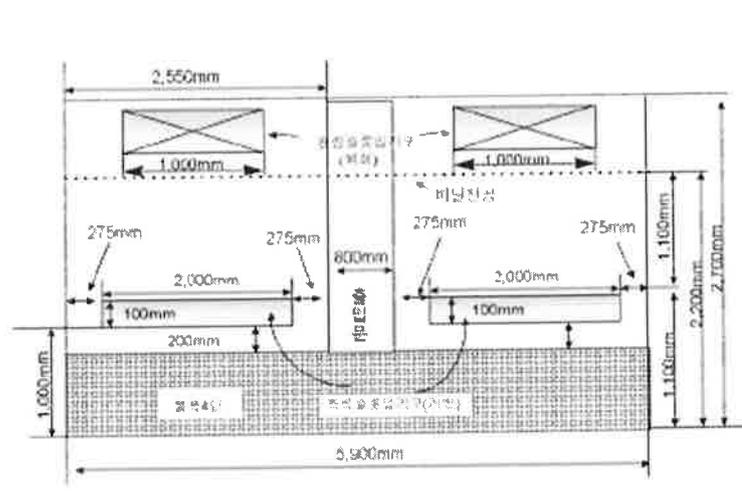
항 목	제원 및 내용
1 돈방 크기	5.9m(w) × 12.6m(l) × 2.2m(h)
돈방당 입식자돈의 수 및 체중	약 12두/각돈방 * 18개 각돈방 ≈ 220두 수용 체중 : 3kg~25kg (3주제부터~7주간 사육)
각돈방 넓이	2.55m × 1.4m
돈방내 통로폭	80cm
Pit 깊이	60cm



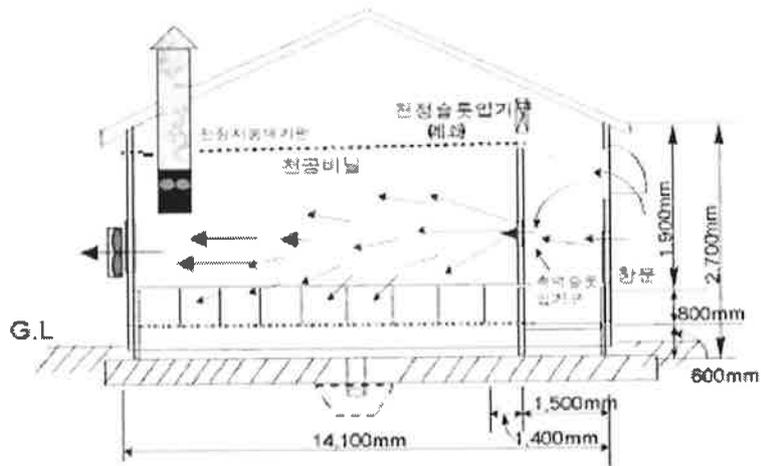
<그림 4.4> 다비육종 자돈사의 평면개략도 및 제원

나) 자돈사의 개선환기시스템

다비육종 자돈사 환기시스템 문제점을 개선하기 위하여 <그림 4.5>와 같이 마부로부터 1m 지점에 100mm x 2,000mm 크기의 planar slot 入氣口를 만들어 외부의 공기가 실내로 흡입되도록 하였다. 변형 자돈방의 제원을 포함한 단면도 및 예측공기유동은 <그림 4.6>과 같다.



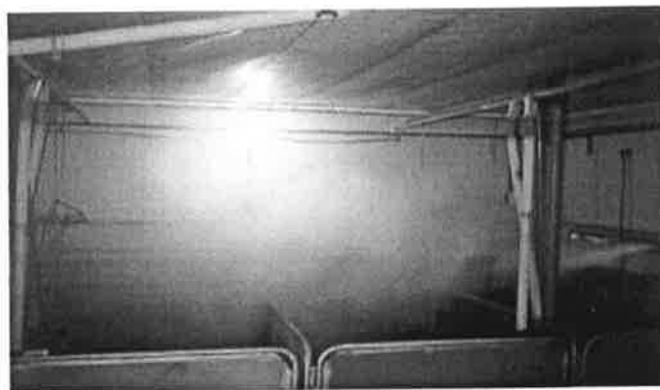
<그림 4.5> 다비육종 자돈사의 슬롯입기구의 위치 및 크기



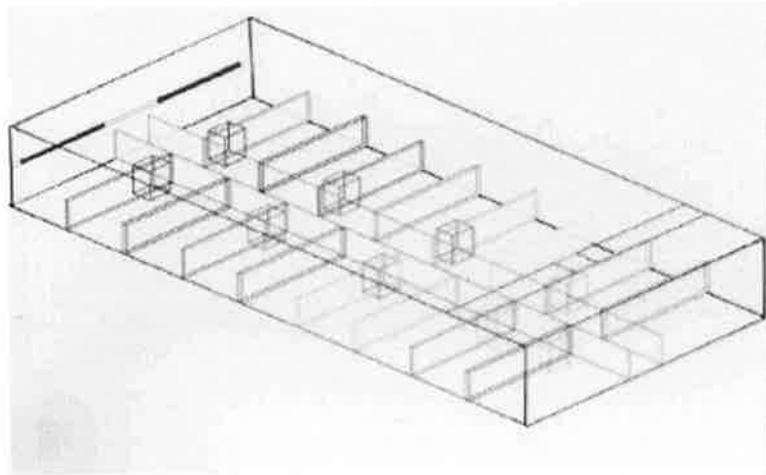
<그림 4.6> 다비육종 자돈방의 제원 및 변형환기시스템에 의한 공기흐름 예측

다) 자돈방의 환경실험 및 이론적 예측결과

<그림 4.7>은 기존 자돈방의 변형 환기시스템에 의한 공기유동을 검증하기 위하여 smoke generator를 이용하여 가시한 것이다. 이를 이론적으로 模寫하기 위하여 <그림 4.8>과 같이 다비자돈방의 사조 및 각돈방(pen)의 기하학적 크기, 입기구, 배기팬의 크기 및 용량 등을 고려한 기하학적 경계조건을 나타내었다.



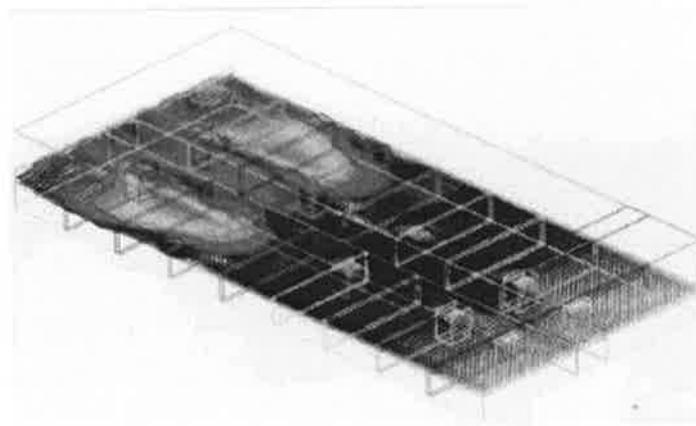
<그림 4.7> 다비육종 자돈방의 변형환기시스템의 공기유동가시화



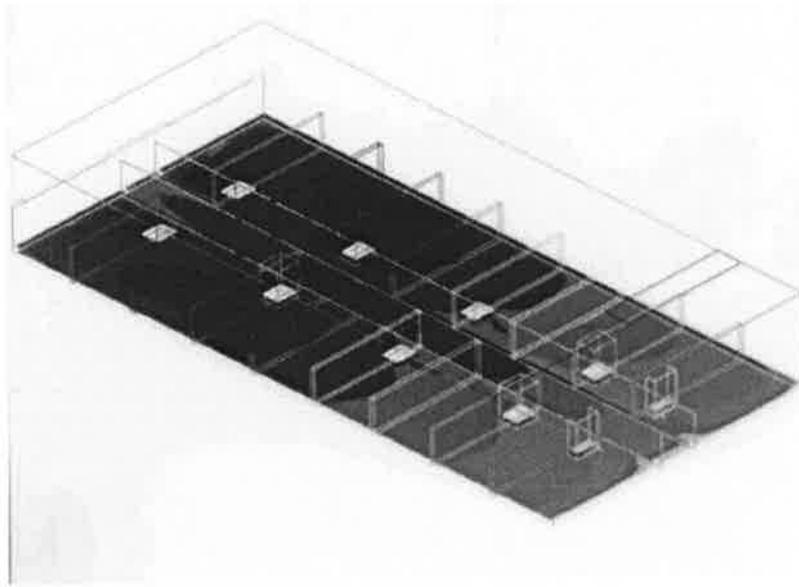
<그림 4.8> 다비육종 자돈사의 예측을 위한 기하학적 경계형태

(1) 공기속도의 크기 및 분포

기존 돈방의 경우 공기속도가 거의 감지되지 않는 반면, 변형환기시스템을 적용한 자돈방은 <그림 4.9>에서와 같이 전돈방에서 고루 약 0.2 m/s 내외의 유속이 감지되어 환기효율이 개선되었음을 관찰하였다. 특히 자돈의 體高인 20~30cm에서 0.2~0.3m/s으로 이상적인 속도분포를 유지하였다. 이는 변형자돈방의 경우, 입기공기의 운동량이 상대적으로 보전되어 전돈방에 분포된 결과라 볼 수 있다.



<그림 4.9> 다비육종 변형자돈방의 공기분포예측



<그림 4.10> 다비육종 자돈방의 온도분포예측

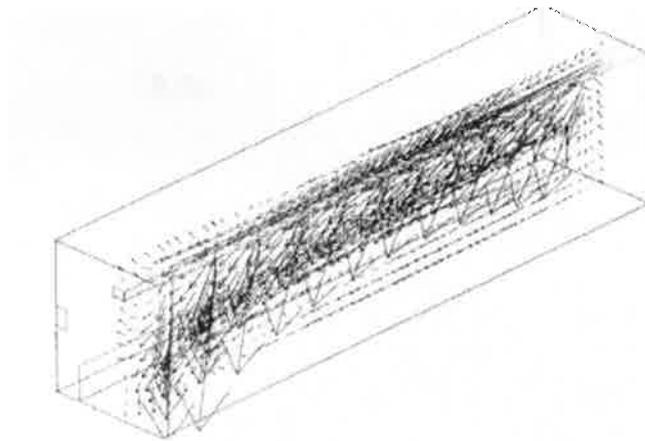
## (2) 스칼라 양

기존 돈방의 평균 습도는 약 61.3%로, 변형돈방의 60%보다 1.3% 높게 나타났다. 이는 외기온의 상대습도가 53.7%에 비하면 돈방내의 자돈에 의하여 加水되는 양이 상당함을 뜻한다. 전체적으로 B형 돈방의 상대습도가 외기 습공기의 상태와 가까운 것으로 보아 환기효율이 훨씬 개선되었음을 알 수 있다. 기존시스템과 변형시스템의 환기효율 개선효과는 암모니아의 농도의 분포에서 극명하게 드러난다. 기존 돈방의 경우 암모니아 농도는 지점별 2~5 mg/l의 분포로 평균 4.0mg/l 를 나타낸 데 비하여, 변형돈방은 1~3 ppm의 분포로 평균 2.0 mg/l 보여 차가 무려 2.0mg/l 이나 되었다.

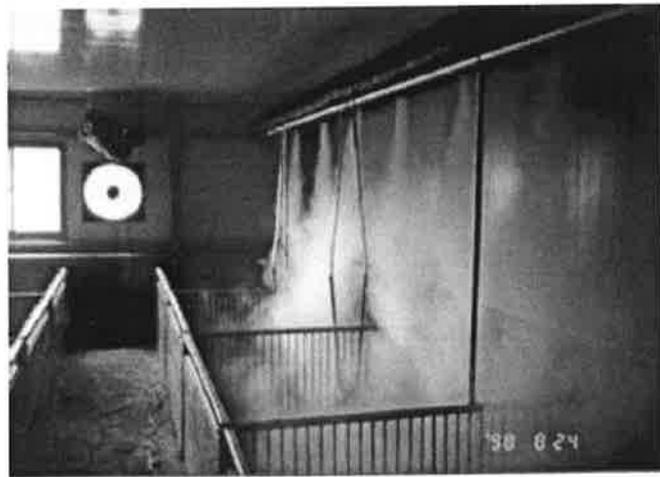
## 2. 서울대 실험사 공기유동예측

성장단계별 분만사, 자돈사, 육성·비육돈사의 환기시스템의 효율을 검증하기 위하여 서울대 부속목장에 실험돈사를 건축하였다. 이중 대표적으로 자돈사를 대상으로 공기유동의 형태를 이론적으로 모사하고자 하였다. 물론 기하학적 제원이나 환기조건이 필요하나 이는 이미 전장에서 논의하였기 때문에 반복하지 않았다. <그림 4.11>은 자돈사의 공기유동을 smoke generator로 가시화한 것이며, <그림 4.12>는 자

돈방은 복도를 중심으로 대칭이기 때문에 좌측 1/2만 이론적으로 예측한 것이다. 定性的으로 공기유동의 형태는 거의 비슷하였다. 공기속도도 약 8000CMH에서 천공에서의 유속은 약 8.0m/s, 돼지체고에서는 약 0.4m/s( $\Phi$ 220mm plastic duct,  $\Phi$ 50mm 11hole, length 9m)을 측정되었으며, 이론값도 각각 7.8m/s, 0.4m/s 로 별 차이가 없어 향후 환기시스템 설계시 전산프로그램을 이용한 설계가 가능하리라 믿는다.



<그림 4.11> 자돈사의 가시화



<그림 4.12> 자돈사의 예측공기유동

<표 4.4> 자돈사의 공기유속 측정결과, m/s

구 분	전			중			후		
	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측	좌측	복도	우측
상	7.84	0.17	7.83	7.92	0.25	8.12	8.03	0.33	8.03
중	1.03	0.22	1.14	1.33	0.43	1.21	1.27	0.44	1.43
하	0.43	0.09	0.37	0.52	0.08	0.47	0.39	0.25	0.52

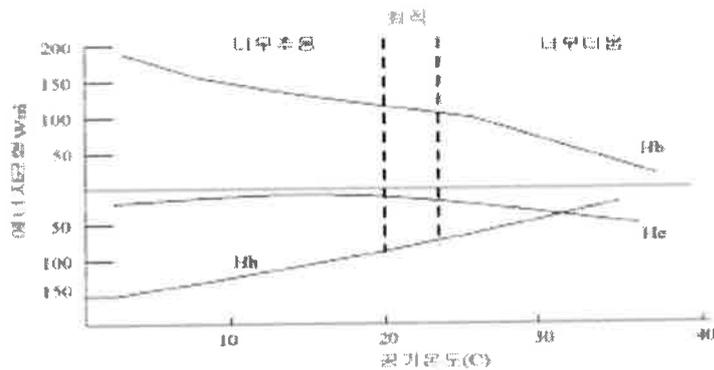
공기유속 측정결과  $\phi 250\text{mm}$ 의 천공 원형덕트는 덕트하부에 적정간격으로(측벽으로부터 50cm에서 차츰 10cm첨가)  $\phi 50\text{mm}$  천공 11개가 덕트하부에 분포되어 유입공기가 하강하도록 한 결과 공기흐름은 덕트 천공아래의 공기속도는 7.0~8.08m/s, 1.2m(중앙) 지점에서는 0.5m/s 이상, 자돈체고 (바닥으로부터 20cm 이내)에서는 0.2m/s이상 감지되었다.

이 결과로 보아 돈사내로 유입되는 공기의 속도는 음압방식인 경우라도 공기입기구의 위치와 모양이 크게 좌우를 하며, 최소한 입기시스템은 각돈방에 유속이 골고루 분산되어야 함을 알 수 있으며, 돈사내의 고온 공기유입이 Pit에서 발생하는 가스(NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S)의 배출이 될 수 있다, 따라서 공기입기 유속의 결과로 보아 우리 나라에 적합한 환기시설로 권장할 만한 시스템이다.

## 제 5 장 煙霧 및 열화상인식논리를 이용한 돈사환경 可視化시스템 구축

### 제1절 서 설

돈사내 적정환경을 유지하기 위해서는 온도, 습도, 가스(암모니아 등), 공기속도 및 유동형태 등을 복합적으로 제어하는 것이 필요하다. 그러나 현재 대부분 돈사는 시간별 팬작동으로 온도마저도 제어가 불가능한 실정이다. 특히 돼지는 최적생산대(열안정대)가 매우 좁아 일반적으로 臨界下限溫度(Lower Critical Temperature)보다 3℃ 정도 높은 열환경에서 돼지의 에너지 효율 및 쾌적도도 최대가 된다고 알려져 있다(Close와 Mount, 1981)<그림 5-1 참조>. 물론 성장단계에 따라 임계하한온도(LCT)가 달라질 수 있다. 따라서 본 연구는 우선 돈사환경내에서 측정할 수 있는 대표변수인 열환경을 영상으로 감지, 제어방법을 모색하고자 하였으며, 돈사내 온도분포를 영상처리한 후 이를 분석하여 환경제어시스템을 구축하고자 하였다.

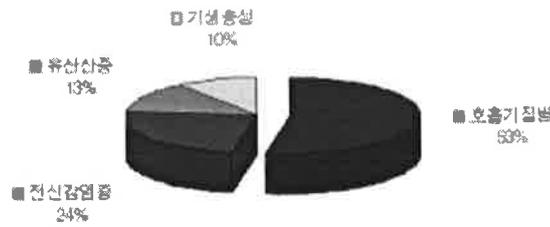


<그림 5-1> 돼지의 열교환대

현재 우리 나라에서는 양돈형태가 대규모화, 밀사화하면서 돈사내의 환경제어시스템, 특히 환기시스템의 저효율로 만성 소모성 질병으로 인식되는 호흡기 질병, 특히 자돈急死를 유발하는 소화기 질병, 유사산 질병 및 패혈증성 질병 등이 생산성저하를 야기하는 4대 疾病群으로 양돈의 최대 걸림돌이다. 이중 특히 환기불량으로 유발되는

호흡기 질병은 전체發病의 53.5%를 점하고 있을 정도로 매우 심각하다 (<그림5-2> 참조). 이런 각종질병으로 인한 피해액은 전체 생산액의 23.7%로 325억원에 달한다고 보고되어 있다. (<표 5-1> 참조).

물론 돼지호흡기 질병은 일반적으로 병원체가 체내로 침입한다고 해서 곧바로 발현되지 않고 대부분의 경우 스트레스가 가해질 때 나타난다. 그러므로 사육환경 뿐만 아니라 영양, 타 질병에 의한 저항성 감소 등 여러 스트레스 요인을 총체적으로 감소시키는 노력을 해야 한다. 대부분의 양돈장에는 호흡기질병이 발생되면 약제투여만으로 해결하려는 경향이 있는 데, 이러한 방법의 효과는 일시적이고 제한적이다. 따라서 환기에 의한 온도, 습도제어, 유해기체저감, 먼지제거 등의 근본적인 개선대책이 동반되어야 한다.



<그림 5-2> 양돈에서 발생하는 질병 점유도

<표 5-1> 주요 질병에 따른 연간 피해액(돼지)

질 병 명	'91	'92	'93
위축성 비염	86.0	77.0	88.0
홍막폐렴	168.0	154.0	176.0
바이러스성 질병 (HC, AE, TGE, PED)	850.0	864.0	1,065.0
대장균 설사	1,553.0	1,538.0	1,523.0
피사성 장염	2.8	3.8	3.8
돈 적 리	3.1	3.3	3.6
콕시듐증	328.0	339.0	350.0
기 타	46.0	47.5	49.0
계 (피해율)	3,036.9(22.3%)	3,026.6(24.1%)	3,252.4(23.7%)
연간생산액	13,631	12,509	13,700

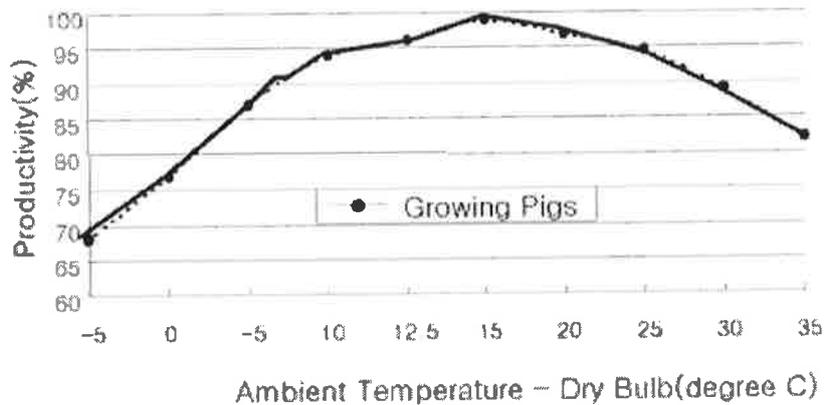
참고) 월간양돈 1995. 5월호

## 제2절 열환경 및 공기유동과 돼지생산성

### 1. 온도

<그림 5-2>에서 나타난 바와 같이 돼지 등 중소가축은 30℃ 이상의 상한임계온도와 5℃이하의 하한임계온도에서 생산효율은 90% 이하로 낮아짐. Sakai와 Nishino등(1992)은 교잡종인 Duroc종을 이용하여 온도가 비육에 미치는 영향을 보고하였는데 온도가 8℃의 이하이거나 24℃ 이상일 경우의 일당증체량은 602g으로 16~20℃사이에서 분포할 경우의 900g에 약 60%에 지나지 않아, 온도는 비육에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. Kabuga와 Annor(1992)는 하루중의 기온과 습도, 시간의 변화에 따라 돼지의 행동양식을 14가지 형태로 분류하여 관찰하였고 상대적으로 추운 아침(AM 08:00~12:00)보다는 오후(P.M12:00~04:00)에 활동이 활발하였다고 보고하였다.

Geers와 DeHlaert 등(1989)은 돼지에 있어서 카니발리즘에 대한 온도의 영향을 조사하였는데 40~50kg의 체중을 가지는 돼지의 경우 온도에 따라 민감하게 반응하므로 카니발리즘을 최소화하기 위해서 돈사내에 온도를 20~22℃으로 유지할 것을 제안하였으며, Lambody(1988)는 폐사율과 체중감소에 대한 온도와 습도의 상관관계를 연구한 연구결과, 스트레스에 대한 온도의 상관계수는 0.95, 습도의 상관계수는 0.77로 나타나 고온은 돼지의 스트레스를 증가시키며 따라서 환기의 필요성을 제기하였다.



<그림 5-3> 환경온도가 돼지의 생산효율에 미치는 영향

## 2. 공기속도와 공기유동

주위온도가 동물의 표면온도보다 높을 때, 공기속도의 증가는 동물의 현열부하를 크게 하고 잠열손실을 증가시키게 되며, 그 크기는 동물의 피부와 주위공기간의 증기압차(vapor pressure difference)에 따라 다르게 나타난다. 주위온도가 동물의 표면온도보다 낮을 때, 공기속도를 증가시키면, 더운 날씨에는 동물의 현열손실을 증가시켜 바람직하나, 추운 날씨에는 가축에게 체감온도를 더욱 저하시키며, 벽면의 수분의 증발로 냉각효과를 제고시켜 겨울철 가온양을 증가시킨다.

일반적으로 고온환경에서는 공기속도가 증가하면 동물의 생산이 한계를 넘어 연장하는 것같이 보이나 저온환경에서는 draft로 생산에 악영향을 미치며, 고온의 경우라 하더라도 과도한 유속은 역효과를 나타낼 수 있다.

Muehling과 Jensen(1971)은 자돈과 미세공기유동(draft)의 관계를 조사하였는데 그 결과, 2주된 자돈은 이유시킨 후, 환기창이 달린 케이지에 보조열원이 있고 미세공기유동(draft)이 없는 축사에서 잘 성장하였으며, 보조열원이 없는 경우는 잘 성장하지 못했다고 보고하였다.

<표 5-2> 공기속도와 돼지생산성의 관계

구 분	온 도(℃)	풍 속(m/s)	효 과
2주령 자돈	louver		성장 불량
	louver+보조열원		성장 양호
돼지 (40~70kg)	10~32℃	0.2→1.5	일당증체량 감소
	35℃, 38℃	풍속 증가	일당증체량 증가
돼지 (36~86kg)	27~35℃, 35RH%	0.05→0.5	사료 11%↓, 체중 20%↑
	27~35℃, 35RH%	0.5→1	0.5m/s 성적과 비슷 0.05m/s 성적보다 증체율 9% 향상
1~8주 자돈	--	0.3m/s	

참고문헌: 계의 특수관리, 오세경, 선진문화사, 1993.

Sainsbury (1979)는 1~8주된 자돈을 공기속도가 0.3m/sec 이상 노출시키지 않도록 권장하였고 성돈에서도 공기속도의 증가에는 역효과를 나타내는 것으로 보고하였으며, Bond와 Kelly 등(1965)은 10~32℃의 공기속도에 노출된 40~170kg인 돼지의 경우 공기속도를 0.2m/sec에서 1.5m/sec로 증가시키면 단위 증체량당 필요한 사료요

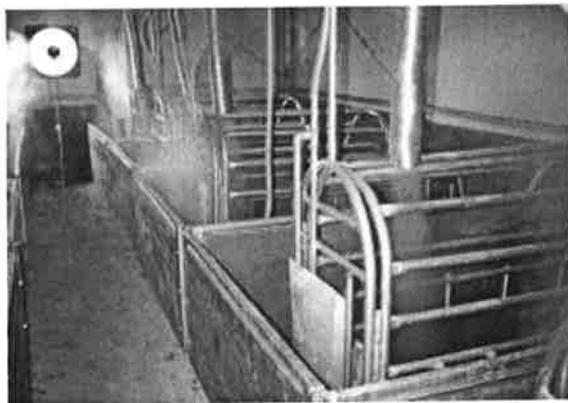
구울의 증가와 일당증체량의 감소가 일어나지만 35℃와 38℃의 환경온도에서는 공기 속도를 증가시키면 일당증체량이 개선된다고 하였다.

Zimmerman과 Snetsinger (1976)는 평균 상대습도가 35%이며, 공기속도가 27~35℃인 환경에 노출된 36~86kg 체중범위에 있는 돼지의 경우 공기속도가 0.05m/sec에서 0.5m/sec로 증가하면 증체에 유지사료가 11% 감소하고, 체중이 20% 증가하는 결과를 나타내고, 공기속도를 0.5m/sec에서 1.0m/sec로 더 증가시키면 0.5m/sec의 공기속도 환경에 노출된 돼지와 비교하여 생산성적은 감소하나 0.05m/sec의 공기속도 환경에서 보다 일당증체율이 약 9% 개선된다고 보고하였다.

<표 5-2>에서 공기속도와 가축생산성과의 관계를 나타내었다. 공기속도에 따라 증체량, 성장율, 사료섭취량이 달라지는 것을 알 수 있으며 대기온도와 습도에 따라 축사내에 일정한 공기속도를 유지하는 것은 가축의 생산성 향상에 도움을 주는 것으로 판단된다.

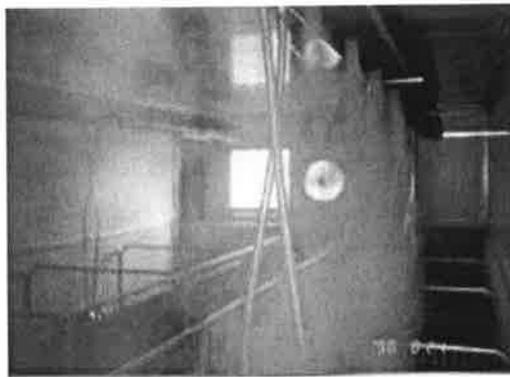
### 제3절 공기유동의 가시화

前述한 바와 같이 공기유동은 환경변수들의 분포에 직접적인 역할을 하므로 우선 성장단계별 대표돈사의 환기시스템에 의한 공기유동형태 가시화연구는 환기시스템의 효율분석 뿐만 아니라 검증을 위해서도 매우 중요하다. Smoke generator(FOG 2001, Capacity;15 l /min, 0.2kg/cm)를 이용한 분만사의 연무가시화는 <그림 5-3>과 같이 모돈용 개별덕트에서 상대적으로 높은 유속이 유도됨을 알 수 있다.



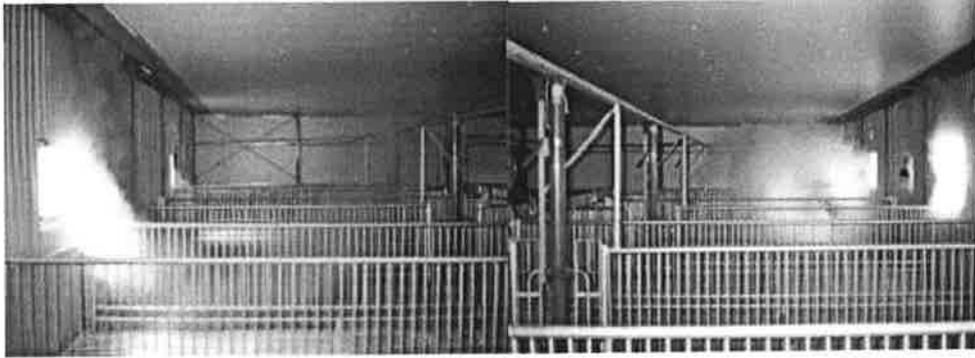
<그림 5-3> 분만방 煙霧(Smoke generator) 공기유동 가시화

특히 분만사의 공기입기구(2,200m<sup>3</sup>/hr:CMH)는 자돈방에 개별덕트를 이용하여 위의 <그림 5- >에서 처럼 분만돈의 목덜미에 흡서기에 강한 유속을 제공 하였으며, 따라서 덕트 하부(10cm 지점)에서 7m/s~11m/s 사이의 강한 유속에 의하여 연무는 순식간에 분만사의 분만돈방에서 주위환경과 희석되는 것을 관찰할 수 있었다. 개별덕트를 통하여 입기된 연무는 출입구벽 배기팬(최대용량 6,600CMH)의 배기에 의하여 7분 20초후(8회 정도/hr)에 연무가 완전 배출되었다.



<그림 5-4> 자돈방 연무 공기유동 가시화

<그림 5-4>는 자돈방의 연무 공기유동 가시화 현상을 나타낸 것으로 자돈방의 공기입기는 외부와 연결된  $\Phi 220\text{mm}$  plastic duct를 통하여 들어온 공기는 천공 50mm(11hole)를 통하여 자돈방내로 유입되게 되어 있다. 또한 유입된 공기는 출입구벽 배기팬(최대환기 6600CMH)에 의하여 음압방식으로 배출되게 된다. 이러한 환기시설에서 연무 실험을 한 결과, plastic duct에 뚫려 있는 50mm 천공에서 나오는 유속은 7~8m/s로 균일하여 <그림 5-4>와 같이 연무를 시킨 결과 균등하게 골고루 자돈방의 하부에까지 유속이 도달함을 알 수 있다. 또한 하부에 도달한 연무는 돈방내의 환기시스템에 의하여 연무는 출입구벽 배기팬의 반대방향(출입문)으로 서서히 이동하여 돈방내에서의 사각지대(돈사 양측벽 모서리 부분)까지 연무의 영향이 유도되었다. 이것은 돈방내의 오염된 공기를 외부공기와 전체적으로 희석하여 배출할 수 있으며 알 수 있는 것이다. 특히 입기된 연무는 출입구벽 배기팬에 의하여 완전 소멸될 때까지는 약 5분(12회/hr)정도가 소요되어 원활한 흐름이 나타났다.

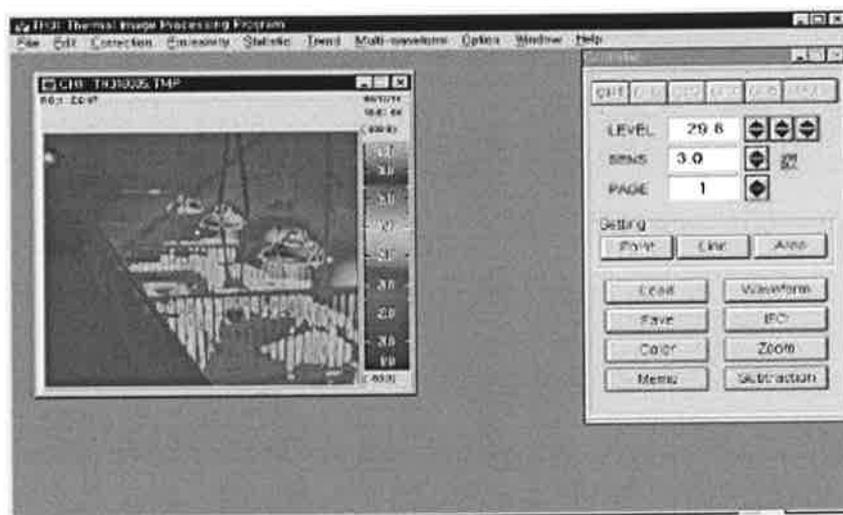


<그림 5-5> 육성·비육돈방 연무 공기유동 가시화

<그림 5-5>는 여름철 공기입기구에 의한 육성·비육돈방의 연무 공기유동 가시화 현상을 나타낸 것으로 육성·비육돈방의 공기입기는 양쪽 외부측벽(slot inlet; 25cm × 20m)을 통하여 들어온 공기는 양쪽 내부측벽을 따라 돈방내로 들어와 <그림 5-5>과 같은 연무를 형성하면서 회석되어 한쪽측벽<제3장 참조>에 부착된 단일배기팬(28,800CMH)에 의하여 음압방식으로 배출되게 된다. 이러한 환기시설에서 연무 실험을 한 결과, 양쪽 slot을 통하여 들어오는 유속은 3~5m/s로 <그림 5-5>과 같이 연무를 시킨 결과, 측벽팬이 부착되지 않은 입기구에서는 측벽배기팬이 부착된 공간보다는 연무의 가시반경이 크게 나타났다. 그러나 연무를 계속 입기시킨 결과 시간이 경과할수록(연무 입기 1분 30초후) 양측벽에서 나온 연무는 곧 돈사중앙(복도)에서 혼합되어 한쪽 측벽배기팬에 의하여 배출되었다(4분후;15회/hr). 특히 돈방의 중앙하부에서의 연무형태는 유속이 빠르게 나타났다. 또한 가시화 후 돈사에 육성·비육돈을 입식시킨 결과에서도 돼지의 휴식공간으로 이용되었는데, 이것은 곧 공기의 흐름이 있는 공간을 선호하는 것을 알 수 있었다.

## 제4절 열화상인식시스템

돈사내 열환경은 돼지의 행동에 영향을 미치므로 (Geers et al. 1991) CCD카메라와 화상시스템(<그림 5-6>참조)을 이용하여 열환경 화상분석을 시도하였다.



<그림 5-6>. 돼지행동 관찰을 위한 열화상 프로그램

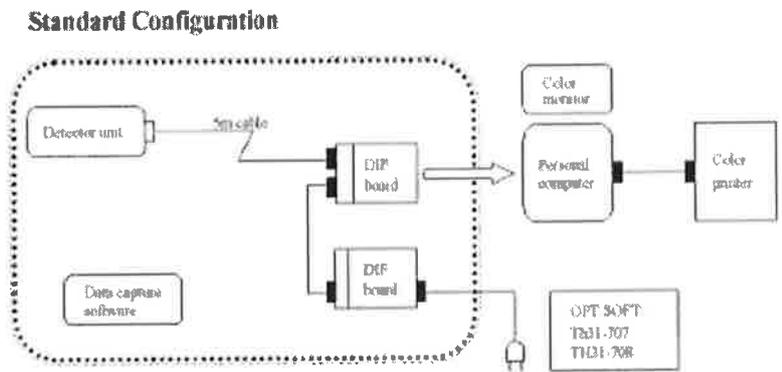
### 1. 유전자 알고리즘 (UP)

유전자 알고리즘(genetic algorithm:GA)에 의한 탐색 또는 최적화 문제의 해결에 있어서 未知의 영역에 대한 탐색(exploration)과 획득한 정보의 이용(exploitation)의 조화가 중요하다. 획득한 정보의 효율적인 이용은 기존의 등고선법(hill-climbing)과 유사하며, 미지의 영역에 대한 탐색이 강조될수록 임의탐색(random search)과 같은 특성을 나타내게 된다. GA는 이러한 두 가지의 조건을 함께 제어할 수 있는 매력적인 알고리즘이다. 이를 제어하기 위한 변수에는 여러 가지가 있으나 중요한 세 가지는 개체군의 크기(population size : M), 교배확률(Probability of Crossover:FC), 돌연변이 확률(Probability of Mutation:PM)이다.

일반적으로 FC와 PM의 값이 크면, 알고리즘의 탐색능력을 향상시키므로 진화초기에 적합도가 높은 탐색공간을 찾는 데 유리하지만, 동시에 이용능력을 저하시킴으로써 어느 정도 좋은 解를 찾은 후에는 이 탐색공간내에서 最適解로 수렴하는 데 있어

서는 수렴속도 저하요인으로 작용할 수 있다. PC 와 PM의 값이 작으면, 前述한 특성과 반대로 현상이 나타낸다. 한편, 개체군의 크기  $M$ 이 작으면 적합도 계산에 필요한 시간을 절약할 수 있으나 개체간의 다양성의 빠른 손실로 인해 최적의 해를 구하기 전에 수렴할 위험성을 내포하고 있다. 반면에 개체군의 크기가 크면 최적 解에 도달할 확률은 높으나 기억용량과 계산시간을 많이 필요로 한다. 이 들의 성능 평가항목을 모두 만족시켜 주는 최적의 개체군의 크기를 정하는 방법은 문제의 성격과 다른 제어 변수들의 값에 따라 다르다.

그러므로 본 연구에서는 <그림 5-7>과 같이 유전자알고리즘을 추론기구인 PC 에 내장하여, 왜지를 우선 인식하게 하고, 다음 지점의 온도를 인식하도록 개발하였다. 화상처리 시스템은 CCD Camera, RS232C와 Computer로 구성하여 <그림 5-7>과 같이 시스템은 구성이 되었으며, 영상처리 보드는 DIF(TH3100) 모델이 사용되었는데, TH3100 사양<표 5-3>과 board 사양은<표 5-4>와 같으며, 사용된 컴퓨터는 40MHz, 128M, 586 Pentium이 사용되었다.



<그림 5-8> 영상처리 시스템 구성도

<표 5-3> Detector Unit 사양

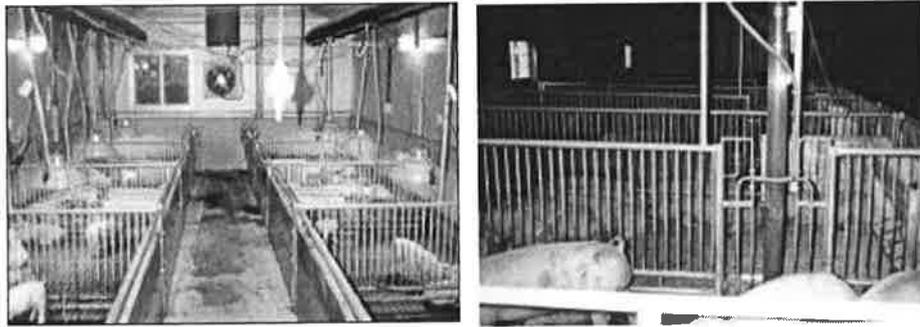
MODEL NUMBER	TH310CMR
Temp Measurement Range	▪ -50 ~ 200°C
Temperature Resolution	▪ 0.08°C (for blackbody at 30°C) ▪ 0.02°C at S/N
Measurement Accuracy	▪ ±0.5% range full scale
Spectral Response	▪ 8 to 13 μm (half value width)
Detector Type	▪ HgCdTe (Mercury cadmium telluride)
Method of Cooling	▪ Liquid nitrogen cooling type ※1
Horizontal Resolution	▪ 344 Elements/Line (1.5 mrad)
Number of Scanning Lines	▪ 239 Lines
Field of View	▪ 30° Horizontal × 28.5° Vertical
Frame Time	▪ 0.8 Seconds
Focussing Distance	▪ 20cm to infinity
Optical zoom	▪ ×1 to ×5 zooming
A/D Resolution	▪ 12 bits
Temperature	▪ Operating Temperature: 0°C to 40°C ▪ Storage Temperature: -20°C to 50°C
Power Consumption	▪ Approx. 15 Watts
Detector Dimensions (Approx.)	▪ 192(W) × 150(H) × 176(D)mm

<표 5-4> image processing board 사양

DIF Board type TH31-315 (IBM PC compatible)	
A/D resolution	12 bits, Accuracy: ±1/2 LSB
S/N improvement	Averaging for up to 16 frames (by hardware)
Standard accessory	Date capture program
Operating environment	temperature: 5 to 45°C humidity: 10 to 80%RH (without dew condensation)
Storage temperature	-20 to 60°C
Power source	+5V (400mA, from PC power source) +12V (200mA, from external power source)
Power consumption	Approx. 2.5W
Dimensions	Approx. 338(W) × 107(D) × 25(H)mm

## 2. 영상처리 시스템의 성능실험

### 가. 실험돈사의 환경분석



자돈사

육성비육돈사

<그림 5-8> 원형자돈사 및 육성비육돈사 내부전경

<그림 5-8>은 자돈사 및 육성비육돈사의 내부전경을 나타낸 것으로 자돈사는 5.6m(W)x9m(L)x4.5m(H)인 돈방에 평균 체중이 6kg인 자돈을 100두를 사육하였으며, 冬節 加溫을 위하여 2단 보온등(620W/310W)을 설치하여, 돈방내의 적정온도를 유지하였다. 그리고 체중 15kg 전후에는 돼지성장에 따른 체열량을 커짐에 따라 보온등을 310W로 낮추었다. 돈방내의 최소환기율(14.13CMH)을 유도하였다. 육성비육사는 12m(W)x20m(L)x4.5m(H)으로 평균 25kg전후에 육성돈을 입식하여 실험하였다. 초기 육성돈방의 휴식공간에 내부온도를 유지하기 위하여 자돈과 마찬가지로 보온등(19개/620W, 288kw/day)을 설치하여 주었다. 자돈 및 육성사의 환경온도 변화를 관찰하기 위하여 CCD Camera를 설치하여 실험실내의 컴퓨터에 연결하여 화상전송으로 돈사내의 온도상태를 관찰할 수 있도록 가시화시스템을 개발한 GA프로그램에 연결하였다. 그리고 유속은 다점 풍속계(KANOMAX, Multichannel Anemometer Model 6242)를 이용하여 돈사내의 유속을 측정하여 RS232를 이용하여 온도와 같이 DB에 입력하였다.

### 나. 실험결과 및 고찰

#### 1) 자돈방의 영상화

실험은 배기팬의 수준으로 돈방내의 온도차이를 이용하여 실험을 실시하였으며,

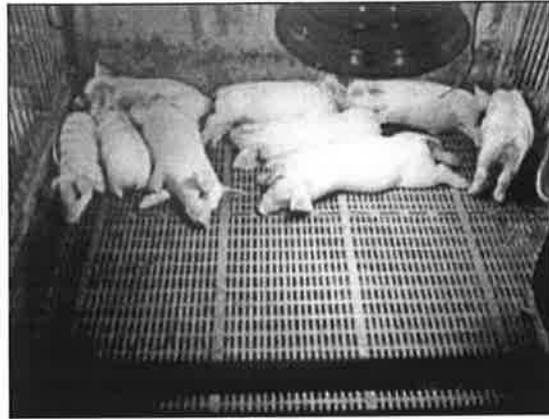
실험의 범위는 각돈방에서 床高 1.5m에 설치된 온도센서에 의하여 감지된 온도를 인위적으로 배기팬의 수준을 조절하여 低溫狀態(자돈 20℃ 이하; 육성돈 14℃ 이하)<그림 5-10>, 適溫상태(각각 25℃ 전후; 18℃전후)<그림 5-9>, 高溫상태 (30℃ 이상; 육성 22℃ 이상)<그림 5-11>로 구분하여 실시하였다.



<그림 5-9> 적은 때 자돈의 휴식거동



<그림 5-10> 저온 때 자돈의 휴식거동



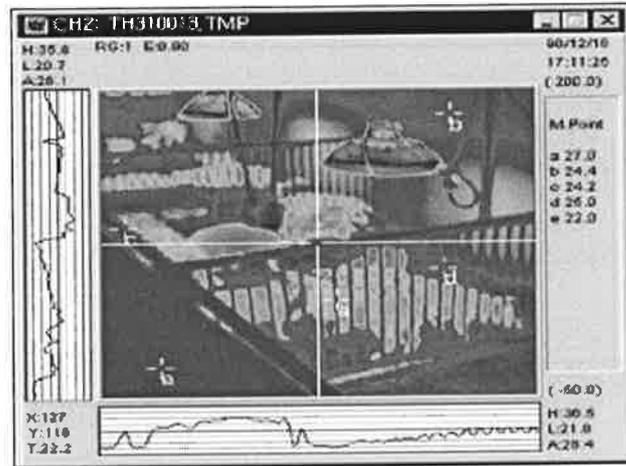
<그림 5-11> 고온 때의 자돈상태

<표 5-5>에서 자돈사의 온도범위와 환경온도 범위에 따라 측정된 행동상태에 따른 체온의 변화를 감지하고자 가시화 시스템(열화상 프로그램)을 이용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

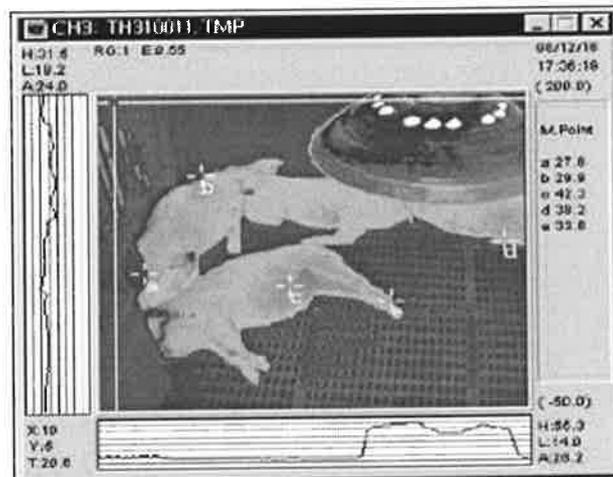
<표 5-8> 자돈의 환경변수 분석자료

항 목	下限	適正	上限
실내온 (℃)	21.3	24.9	29.2
상대습도 (%)	61.2	58.7	56.6
豚體高温 (℃)	20.9	23.1	28.4
유속 (m/s)	0.13	0.08	0.02
먼지농도 (mg/m <sup>3</sup> )	0.7	1.2	2.6
NH3 농도 (ppm)	1.4	2.1	2.7

<그림 5-12>는 자돈에 있어서 적은 때 보온등 아래에서도 활발하게 움직임을 나타내고 있으며, 특히 지점별에 따른 온도를 살펴 보면 북도에서는 22℃를 나타내고 있지만 자돈방내의 온도는 24.2℃~27.0℃를 나타내어 쾌적한 상태라 할 수 있다. 이것은 돈사내의 환경온도는 부분적으로는 차이를 나타내고 있지만 생주공간 즉, 돈방내의 온도감지에 의하여 돈사환경을 조절할 수 있으며, 이와 같이 동물의 거동이나 돈사내의 특정지점의 온도변화를 감지하여 온도분포에 따른 자돈행동을 분류하였다.



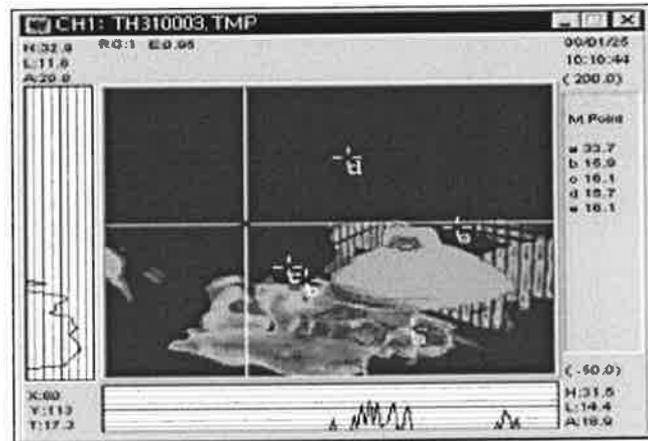
<그림 5-12> 자돈사의 환경이 적온일 때의 온도분포 및 자돈휴식 거동



<그림 5-13> 고온일 때의 실내 온도분포 및 자돈 휴식거동

<그림 5-13>은 자돈사의 환경이 고온일 경우의 상태 및 온도분포를 영상으로 나타낸 것으로 돈방내에서 가장 낮은 지점이 a지점으로 온도는 약 28℃로 측정되었으며, 보온등 아래에서 38℃를 나타내어, 고온시 자돈의 거동을 화상으로 처리하였다. <그림 5-13>에서와 같이 보온등 아래의 지점을 피하고, 코부분을 뒤도록 보온등 바깥쪽

으로 향하게 하는 등의 거동을 보였다. 따라서 전송영상으로 이와 같은 행동을 감지할 경우 고온의 상태임을 판독할 수 있으며, 이러한 현상을 PC(CA알고리즘에 의한)를 통하여 감지된 영상을 바탕으로 가시화 시스템을 구축하였다.



<그림 5-14> 저온일 때의 실내 온도분포 및 자동 휴식거동

<그림 5-14>는 자둔사의 환경이 저온일 경우의 상태 및 온도분포를 영상으로 나타낸 것으로 돈방내에서 보온등 바로 밑의 온도는 33℃를 나타내었지만, 배기팬의 속도 증가에 의한 환경온도의 조절로 b지점은 보온등을 약간 벗어난 지점은 온도는 약 16℃로 측정되었다. 이와 같이 低溫일 때, 자둔은 화상과 같이 다리를 안쪽으로 웅크린 상태로 서로 몸을 밀착시켜 되도록 움직임을 적게하여 체열발산을 최소화 하려고 하는 거동을 보였다.

## 2) 육성·비육돈방의 화상화

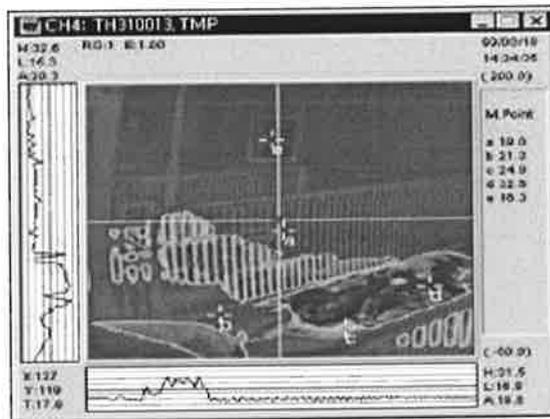
<표 5-6>에서 육성사의 온도범위와 환경온도 범위에 따라 측정된 행동상태에 따른 체온의 변화를 감지하고자 가시화 시스템(열화상 프로그램)을 이용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

<표 5-6> 육성·비육돈의 환경변수조건

항 목	下限	適溫	上限
실내온도 (°C)	13.7	18.2	24.5
상대습도 (%)	62.6	67.3	71.2
돈체고온 (°C)	12.3	17.5	22.8
유속 (m/s)	0.74	0.43	0.21
먼지 (mg/m <sup>3</sup> )	4.8	5.4	6.3
NH3 농도 (ppm)	4.3	5.2	6.7

<그림 5-15>는 육성사로 입식한지 5주 때의 영상을 나타낸 것으로 환경이 적은일 경우의 상태일때는 돈방내의 온도는 a~e 지점에서 18~22°C로 측정되었다. 또한 <그림 5-15>의 경우 영상에 의한 온도분포와 돼지거동을 살펴보면 적은이라 하더라도 유속이 0.1~ 0.2m/s 감지되는 각돈방(pen) 중앙에서 휴식을 취함을 알 수 있다. 이는 온도 외에도 다른 요인 즉, 공기속도 등 여러 요인과의 상관함을 암시한다. 원형실험사의 가시화 결과, 전술거동을 취할 경우, 환경은 아주 양호한 것으로 판명되었다.

<표 5-6> 육성·비육돈의 환경변수조건



<그림 5-15> 적은일때의 육성비육돈의 온도분포 및 휴식거동



<그림 5-16> 고온일 때의 육성·비육돈사 각돈방의 온도분포 및 휴식거동

<그림 5-16>은 육성기 때의 영상을 나타낸 것으로 환경이 고온일 경우의 상태일 때는 돈방내의 환경온도는 평균 28℃로 측정되었다. 그러나 여름철의 온도에 비하면 낮다고 할지는 모르지만 실험측정일이 1월달인 것을 감안하면 상당히 고온임을 알 수 있다. 육성의 적온이 22℃정도로 알려져 있지만 육성돈은 온도가 25℃를 넘으면 사료 섭취량이 떨어졌을 뿐만 아니라, 휴식하는 공간이 폭 넓게 나타났다. <그림 5-16>에서 보는 바와 같이 돼지는 돈방전체에 퍼져 있음으로 보아 고온임을 알 수 있다.

## 제5절 결론

본 연구는 주위온도에 따른 돼지의 거동 및 온도분포를 화상처리하여 궁극적으로 돈사의 정밀 환경제어시스템을 구축하고자 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 성장단계별 분만방, 자돈방, 육성·비육돈방의 연무를 이용한 공기유동형태를 분석하였으며, 이로 인한 환기시스템의 효율을 검증할 수 있다.
2. 환경온도에 따른 돼지의 거동을 화상을 통하여 획득한 후 가시화 시스템(열화상 프로그램)을 통한 거동상태를 高温, 適溫, 低溫환경으로 분류하였다.
3. 영상처리 시스템의 하드웨어를 적외선 CCD 카메라, 영상처리 보드DIF(TH3100) 모델과 컴퓨터는 400Hz, 128M, 586 Pentium로 구성되었으며, 프로그램은 C++ 언어로 작성되었으며, 추론기구의 논리를 유전자 알고리즘을 적용하였다.

4. 화상처리시스템을 온도에 따라 분류했던 결과 저온, 적온, 고온으로 분류되어 돈사내 환경제어 시스템에 응용이 가능할 것으로 판단되었다.

## 참고문헌

1. Bond, T. E., H. Heitman, Jr., and C. F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. *TRANSACTIONS of the ASAE* 8(2) : 167~169.
2. Close, W. H. and L. E. Mount. 1981. The climatic requirements of the pigs. *Environmental aspects of housing for animal production*. Ed. J. A. Clark.
3. Geers, R., B. Dellaert, V. Goedseels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes, D. Berckmans, 1989, An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the quantification of behavioural and health-related problems *Animal production.*, 48 : 571-578
4. Kabuga, J. D and S. Y. Annor, 1992, A note on the development of behaviour of intensively managed piglets in the humid tropics *Animal production*, 54 : 157-159
5. Lambouy, E. 1988, Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors *Animal production.*, 46 : 257-263
6. Muehling, A. J. 1971. Gases and odors from stored swine wastes. *J. Anim. Sci.* 30(4) : 526~531.
7. Sainsbury, B. W. David and John, R. Hill. 1979. The health of pigs.
8. Sakai, T., M. Nishino, M. Harakawa, C.-S. Yoon and T. Thirapatsakun, 1992. A note on the effects of environmental temperature on live-weight gain during fattening of pigs *Animal production*, 54 : 147-149
9. 김재훈. 1995. 최근 돼지질병 발생현황과 피해. 월간양돈 5월호. 106.
10. 오세정. 계의 특수관리. 1993. 선진문화사.
11. 황의경 외7인. 돼지 호흡기질병 예방효과 향상연구. 1995. 수의과학연구소보.
12. 이상길. 돈사내 미생물과 관리자의 건강. 1991. 월간양돈 12
13. 황의경 외11인. 가축병원검사 및 면역조사. 1995. 수의과학연구소보.

## 제 6 장 축사환경진단 전문가시스템의 구성

### 제1절 서설

전문가의 자문과 판단 등을 필요로 하는 분야에서 전문가를 대신하여 그 기능을 수행하도록 하기 위하여 전문가 시스템을 많이 이용하는 데, 전문가 시스템은 특정분야의 전문가들이 가지고 있는 전문지식과 경험을 컴퓨터가 이용할 수 있도록 표현한 후, 이 지식을 바탕으로 논리적 추론과정을 거쳐 문제의 해결방안을 제시함으로써 일반 사용자들에게 전문적인 자문이나 도움을 제공하는 지식형 컴퓨터 프로그램이라고 정의할 수 있다.

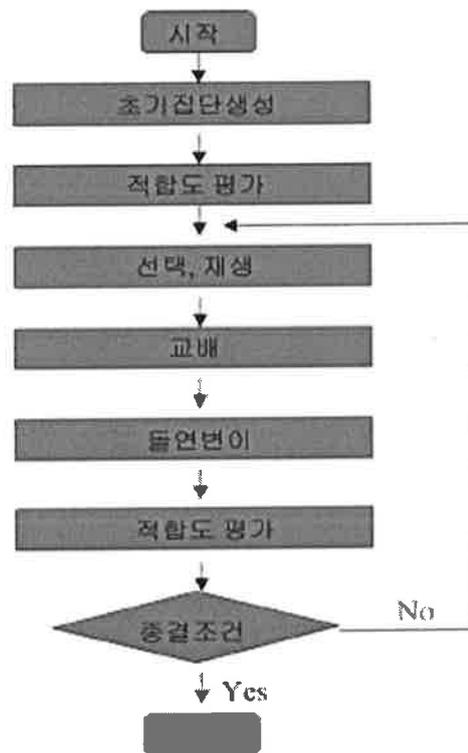
축사환경 제어시스템 계획시 환경제어 처리방법을 결정하기 위해서는 전문가의 다양한 경험과 지식을 필요로 하기 때문에 경험과 지식이 적은 시설관리자가 이를 신속히 해결하기에는 어려움이 있을 것이다. 또한 이를 운영하기 위해서는 많은 인력, 장비 및 시간이 투자되어야 하나 현실적으로 어려우므로 실제로 적은 시설관리자가 이 시설들을 효율적으로 운영·유지·관리할 수 있도록 전문적인 자문과 도움을 줄 수 있는 전문가 시스템이 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 축사환경제어 전문가시스템을 구축하기 위한 前段階로서 돼지행동분류에 의한 온도제어를 산정하기 편리하도록 계획하였고, 돼지행동 특성에 따라 온도제어를 결정해 주는 전문가 시스템을 개발하였다. 또한 제어시설의 전기 및 기계의 이상이나 고장시 적절한 대처방안을 신속히 제시해주고, 쾌적한 환경을 제공할 수 있도록 하는 여러 가지 조치법을 제안하였다. 즉, 많은 돈을 적은 인원으로 효율적으로 운영·유지·관리할 경우에 경험이 많은 시설관리자의 경험적인 요소를 체계적인 방법으로 수집·정리하여 지식을 축적시킨 전문가 시스템으로부터 비전문 시설관리인일지라도 축사환경제어 제반사항에 대한 적절한 대처방안을 지원 받아 전체 시설을 합리적으로 운영할 수 있도록 전문가시스템을 개발하였다.

이를 위하여 우선, 1)온도, 습도, 압력, 풍속의 네 가지 대표적 열환경 변수와 화학적 환경의 대표 환경변수도 포함해야 하며 2) 역전파 신경망 알고리즘과 유전자 진화 알고리즘을 적용한 인공지능제어 model의 구축 및 전문가 시스템의 지식 베이스 개념을 도입한 통합환경 자동제어시스템을 구성하고자 한다.

## 제2절 제어 알고리즘

돈사 내부의 환경을 복합적으로 제어하기 위한 알고리즘의 기본원리는 다음 <그림 6-1>에 나타낸 것과 같이 돈사에서 열화상 처리에 의한 행동 분류, 온도, 습도, 공기 속도, 정압, 암모니아 농도의 측정된 자료를 바탕으로 배기팬의 자동조절과 입기구의 개폐 등으로 구성되었다.



<그림 6-1> 기본 알고리즘의 흐름도

## 제3절 축산환경제어 처리기법과 관리방안

### 1. 지식획득 방법 및 범위

본 연구에서는 국내·외 문헌으로부터 관련지식을 수집하여 농가현장과 원형실험 돈사를 설계, 건축하여 직접 우리 나라에 맞는 환경제어시스템을 구축하고자 돼지물

사육하면서 나타나는 환경제어 시설의 이상현상 및 대처방안을 전문가시스템을 구축하여 진단하고자 하였다. 또한 돈사에서 발생하는 먼지농도 및 암모니아 가스의 농도가 돼지 및 작업자에게 미치는 영향을 조사하여 안전하고 쾌적한 돈사 환경시설기준을 마련하였다. 이러한 지식들을 Decision Tree형태로 구조화하여 Knowledge Base를 구축하였으며 전문가가 참여하여 Knowledge Base의 검증작업을 수행하였다. 전문가 시스템에서 가장 핵심적인 Knowledge Base의 범위와 깊이는 개발자가 계속 확장시키고 개선함에 따라 상당히 커지고 보다 정확한 추론을 할 수 있게 된다.

전문가 시스템의 개발은 추론기관과 사용자를 위한 각종 지원 기능을 갖추고 있는 기존의 전문가 시스템 개발 도구인 전문가 시스템 셸(Expert System Shell)을 이용하는 방법과 Lisp, C 등과 같은 프로그래밍언어를 사용하여 추론기관부터 Knowledge Base까지 직접 작성하는 두 가지 방법을 고려해 볼 수 있다. 시스템의 골격을 설계하고 Knowledge Base를 구축하는 단계에서는 전문가 시스템 셸을 사용하는 것이 시스템 개발에 소요되는 시간과 노력을 상당히 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다. 즉, 효율적으로 지식을 구축할 수 있으며 자체적으로 각종 추론기법이 저장되어 있어 저장된 지식을 이용하여 원하는 결과를 추론할 수 있게 한다.

본 연구에서는 전문가 시스템 개발도구로 Smart Elements를 선정하였으며, 이는 개발환경을 제공하는 개발모드(Development Mode)와 실행환경을 위한 실행모드(Runtime Mode)로 구성되어 있다. 개발환경에서는 Knowledge Base 구축 및 전반적인 전문가 시스템 구축을 위한 각종 지원기능이 제공되며, 실행환경에서는 개발환경에서 구축된 Knowledge Base 등을 활용할 수 있다.

Smart Elements의 중요한 특징은 다음과 같다.

- ① 생성규칙과 객체지향 기법을 혼합한 형태로써 If/Then 형식으로 지식을 편리하게 구축할 수 있고, 데이터 베이스나 스프레드시트의 자료를 이용하여 지식베이스를 생성할 수 있는 기능을 갖고 있다.
- ② C, Fortran, Cobol 등 다양한 언어와 호환이 가능하며, dBASEIII, Lotus 1-2-3, 또는 일반 ASCII 텍스트 파일과 직접적으로 정보의 교환이 가능하다.
- ③ 逆方向 추론 및 順方向 추론의 기능을 모두 구사할 수 있으며 일곱가지 추론 기작이 자동적으로 지원된다.
- ④ 외부에서 작성된 응용프로그램과 호환이 가능하며, 기존에 작성된 데이터베이스 자료를 쉽게 이용할 수 있기 때문에 기존의 프로그램 기능을 확장할 수 있다.

전문가 시스템 도구는 여러 가지 지식표현 형태를 지니고 있어야 하며, 다양한 추론 형태를 가지고 있어서 문제 영역에 따라 추론형태를 선택하여 사용할 수 있어야 한다. 또한 도구는 다른 프로그램이나 다른 프로그래밍 언어로 쓰여진 전문가 시스템과의 연결이 가능해야 한다. 이러한 조건은 기존에 작성된 프로그램과 복합된 시스템을 구축하는 데 가장 절실한 문제이다. 에러를 찾아주는 Debugger와 Editor 등의 여러 가지 기능을 갖추고 있으면 편리하며, 사용자의 편의를 위하여 Window/Menu 양식을 제공하고 Graphic Library를 구축하여 필요시 도면을 사용할 수 있어야 한다. 결국 전문가 시스템 도구는 전문가 구축을 보다 편리하게 해주는 프로그램으로 지식표현 방법, 추론 방식 조절 기능 등을 기본적으로 지니고 있어야 한다.

## 2. 전문가시스템 개발 내용

### 가. knowledge Base 구축

전문가 시스템을 구축하기 위한 도구로서 Smart Elements를 이용하여 Decision Tree로부터 Knowledge Base를 구축하였으며 그 과정은 다음과 같다.

Rule을 구성하는 요소에는 Object, Class, Property가 있으며 이들을 각각 Object Editor, Class Editor, Property Editor를 이용하여 만들었다. 이렇게 Rule을 만들기 전에 구성요소들을 먼저 만듦으로써 Rule의 구조를 먼저 정의하고, 또한 Rule을 입력하는 과정에서 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있게 된다.

Object는 자동차, 우주, 코스, 컴퓨터 프로그램 등과 같이 우리가 표현하려고 하는 어떤 것의 가장 작은 기본단위이다. Class는 비슷한 특성을 갖는 Object들의 집합체이며, Class를 구성하는 멤버들이 갖고 있는 특성을 정의하는 하나의 틀로서 사용된다. Animal이라는 Class는 Bird나 Mammal 이라는 보다 세부적인 특징들을 정의하는 Subclass를 포함시킬 수도 있다. Property 유형으로는 String, Integer, Float, Boolean, Data, Time 등이 있다. 특이한 사항은 Smart Elements에서는 Value라는 Property를 제공하는 데 이는 사용자가 Class나 Object에 어떤 Property도 부여하지 않았을 경우에 자동적으로 시스템이 부여하는 것이다. 이 때 Value Property는 주어진 상황에 따라 String, Integer, Float, Boolean, Data, Time 등의 유형을 자동적으로 부여받게 된다.

이렇게 만든 Class, Object, Property는 어떤 분야의 지식을 나타낼 수 있는 효율적인 구조를 제공해주며, 이러한 요소들을 이용하여 Rule을 만든다. Rule은 조건부분

(Lift Hand Side Conditions), 실행부분 (Right Hand Side action), Hypothesis (Boolean)의 세 부분으로 이루어진다.

#### 나. User Interface 개발

Microsoft사의 Visual Basic 프로그램을 이용하여 Windows 95 환경에서 구동이 가능한 User Interface를 개발하였다. User Interface 설계시 중점을 둔 사항은 사용자의 편의성을 최대로 하고 입력시 오차를 줄이는데 두었기 때문에 직접 사용자가 자료를 입력하는 것보다는 스크롤바를 사용하여 범위를 선택하도록 하였다.

<그림 6-6>은 Visual Basic 프로그램으로 설계된 축사환경 제어기법을 선정하는 전문가 시스템의 User Interface 화면이다. 스크롤바를 움직이면 그에 해당되는 값이 동시에 숫자로 상단에 표시되도록 설계하였으며 양단 단추를 클릭하게 되면 1 단위씩 값이 내려가거나, 올라가게 되도록 설계하였다. 그런 다음 '전문가 시스템 추론시작' 버튼을 누르면 프로그램 상태를 알려주기 위한 메시지가 나타나고, 확인버튼을 누르면 추론결과가 나타나게 하였다. '이전화면으로 이동'을 클릭하게 되면 다시 실행할 수 있도록 설계하였고, '주메뉴 화면으로 이동' 버튼을 클릭하면 초기화면으로 되돌아가게 된다. 또한 '종료' 버튼을 누르면 전문가 시스템이 종료되도록 하였다.

#### 다. 행동분류

돼지의 행동분류는 돈사내 환경 즉, 돼지체열을 열화상 프로그램을 이용하여 체온의 발산열에 의한 돼지의 상태를 분류하였으며, 하루 지속적인 관찰에 의하여 빈도수가 높은 형태를 체온조절형태로 분류하였다.

#### 라. 온도, 유해가스 및 습도 측정

온도 센서(T-type)는 돈사외부 즉, 돈사측벽 지점에 설치하였으며, 돈사내부는 환경지점에 따라 측정되는 수치가 달라지므로 돈사환경내에서 미리 측정된 결과를 바탕으로 평균되는 지점을 선택하여 상, 중, 하의 3개 지점에 설치하였다. 왜냐하면 온도는 같은 환경내에서라도 평균 1~2℃의 차이를 보이기 때문에 돈사제어를 하기에 적합한 곳에 설치할 필요가 있다.

마. 공기속도의 계측

공기속도 센서(KNCMAX, Model C962)는 외부에서 들어오는 공기의 속도가 돈사내로 유입이 되기 때문에 돈사외부에는 외부입기구에 설치하였으며, 돈사내부는 공기가 들어오는 입기구와 돈사내부의 공기흐름 지점을 선택하여 설치하였다. 특히 공기의 속도는 사람에 따라 측정되는 수치가 다르기 때문에, 많은 실험을 경험한 전문가가 돈사내의 공기흐름을 예측하여 설치하여야 한다. 계측시간은 연속적이었으며, 저장은 30분 간격으로 PC에 자동 기록하였다.

마. 배기팬 조절

대표적으로 온도센서를 중심으로 돈사환경내의 온도변화를 감지하여 회전속도를 PC에서 여러 단계(0~5V)로 조절되도록 돈사제어를 구성하여 PC로 DC전압을 인가함으로써 회전속도를 세부적으로 조절할 수 있도록 하였다. 그리고 배기팬은 돈사악취제어를 겸하기 위하여 실험실에서 자체 제작한 팬을 사용하였다. 배기팬의 사양은 표 6-2와 같다.

<표 6-2> 배기팬의 사양

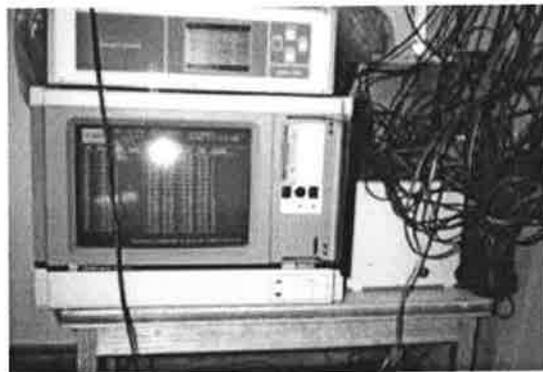
항 목	사 양
Required power	11kw (2,880CMM, 38CV, 60Hz)
Diameter	1,25Cmm
Input voltage	DC 0~5V
Maximum speed of revolution	1750rpm
Manual setting range	0~100%
Automatic setting range	0~100%

## 제4절 제어시스템의 구성

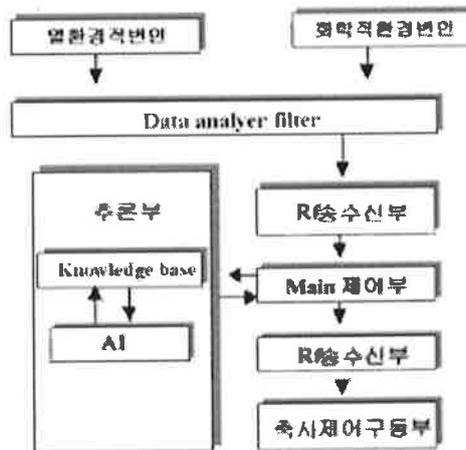
### 1. 하드웨어 및 자동화

환경제어 시스템은 <그림 6-2>와 <그림 6-3>과 같이 구성되었으며, 열화상 CCD Camera를 설치하여 RS232C를 통하여 실험실내의 400Hz, 128MB, 586 Fentium PC 화면

으로 돈사내의 온도상태를 관찰하여 돈사내의 환경을 제어할 수 있는 돈사환경제어 프로그램에 연결하였다. 최 등(1998)은 우리나라에 적합한 돈사설계도를 표준화하여 서울대 농생대 부속목장에 시설을 건축하여 원형사 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 센서는 온도, 암모니아, 공기속도, 정압, 암모니아, 습도센서가 사용되었으며, 돈사외부에 각 1지점씩 定置하였으며, 돈사내부는 환경을 고려하여 3개 지점을 선정하여 측정하였다.



<그림 6-7> Data logging 시스템



<그림 6-8> 전문가 시스템 구성도

돈사환경을 제어하기 위한 배기팬은 서울대 축산환경실에서 고안한 덕트(W:600~

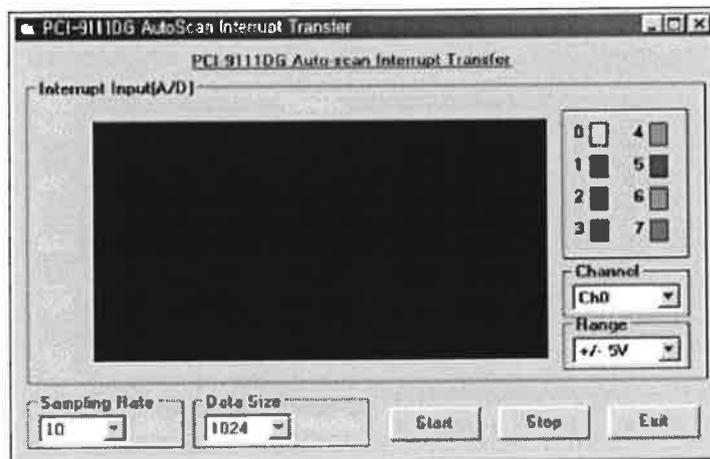
1,500mm × L;1,700mm)를 이용하였으며, 또한 직접 제작한 팬을 설치하여 측정된 자료를 바탕으로 PC를 통하여 제어하였으며 배기팬속도는 돈사에서 측정되는 자료를 바탕으로 DC 전압을 0~5V 단계에서 세부적으로 조절이 가능하도록 하였다. 환경조절에 사용된 Inverter의 사양과 시스템(<표 6-3참조>) 및 구성도는 <그림 6-3>과 같다.

<표 6-3> Inverter 표준 사양

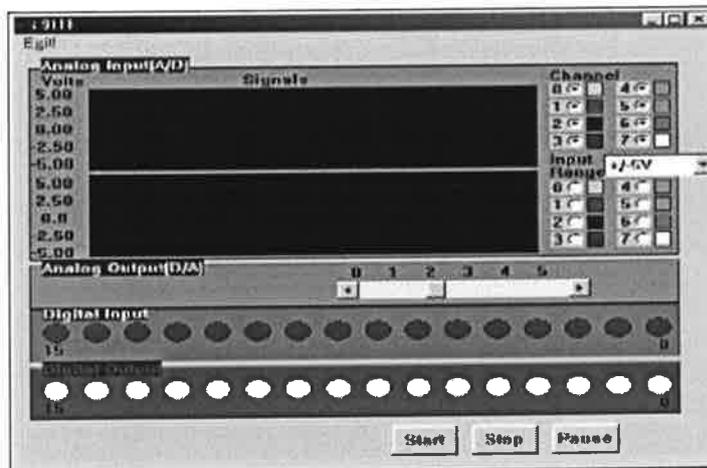
인버터형식		KC-0750B	
적용 MCTGR (KW)		C.4~C.75	
출력	출력 용량 (KW)	0.75	
	정격 용량 (KVA)	1.5	
	정격 전류 (A)	2	
	정격 전압 (V)	3상 3선식 360~460V	
	정격 주파수 (Hz)	50Hz~120Hz(최대360Hz, GFTION)	
	과부하전류정격	150% 1분간 운전   120% 1분간 운전	
입력	정격 ac입력전압	3상 3선식 360~460V 5C/6CHz	
	허용 변동율	전압 35C~470V 주파수± 5%	
제어 사양	제어 방식	정현파 PWM방식	
	출력주파수 범위	0.5Hz~120Hz(최대 360Hz)	
	주파수 정도	최고 주파수의 ±0.02%(25℃ ± 1C℃)	
	주파수 설정 분해도	0.01Hz	
	전압/주파수 특성	V/F 패턴 전체 (16종류)	
	제동토오크	희생 직류	희생 제동 150% DC DYNAMIC 제동 유무 선택
운전 사양	운전 방식	패널 토글 S/M로 RUN/STOP선택 CONTROL CHANGE원격 제어 가능	
	주파수 설정	패널 VR로 설정 혹은 CONTROL CHANGE단자 원격조정 다단설정 DC 0~+10V, 0~5V, DC4~2CnA(2번, 3번단자250Ω¼W 저항연결)	
	외부 출력 신호	이상 출력 신호(1점점 25CV1A) 인버터 정지 신호	
	가속 감속 시간	0.05~522SEC	
보호 기능 단	인버터	인버터과열(CH)	과부하에 의한 인버터 내부의 이상발열 및 외부 DB 저항의 이상 발열을 검출
		과 부 하(CC)	모터 과부하를 검출
		과 전 류(CL)	모터가속시, 감속시, 일정속도시의 과전류를 검출
		과 전 압(CV)	감속시 회생전압 혹은 감속시간 부족을 검출
		부 족 전 압(LV)	상용전원의 부족전압을 검출
LED 표시	문 7자 세그먼트	운 전 시	주파수(Hz)실제치, , 회전수(R.P.M)표시
		설 정 시	설정데이터표시(기능 메시지 리셋트 보턴으로 선택)
		이 상 발 생 시	OV:과전압, LV:부족전압, CC1:과속시전류, OC2:감속시과전류 OC3:운전시과전류 OL:부하용량초과 OH:방열판 가열

## 2. 소프트웨어

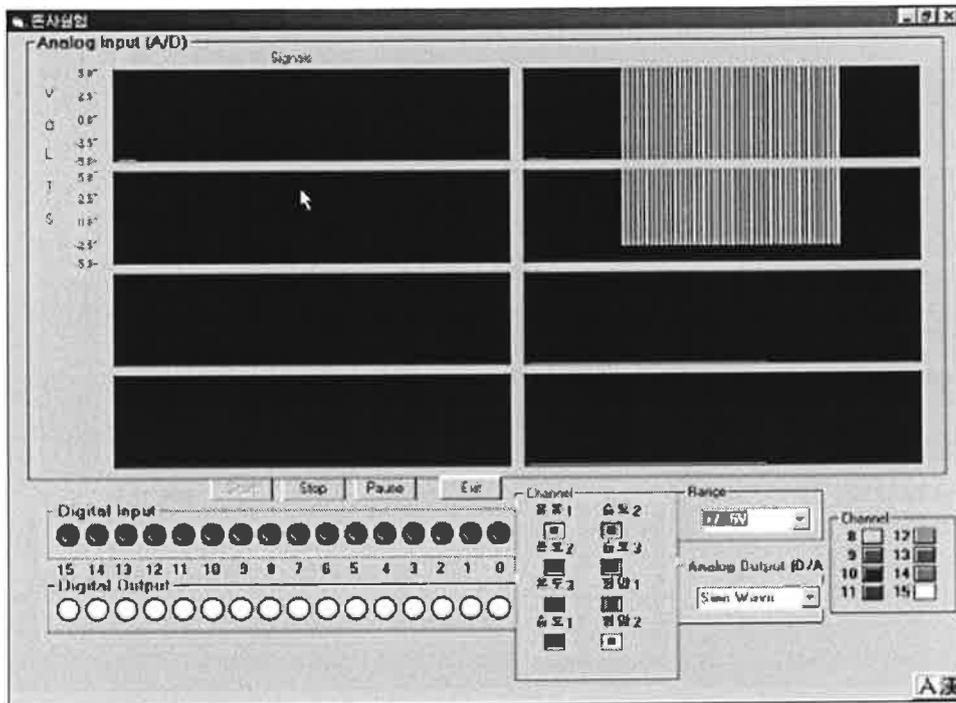
환경제어 및 자동화 시스템을 위한 프로그램은 C++ 언어로 만들어진 주 화면은 (<그림 6-4>, <그림 6-5>)과 같은 단계를 거쳐서 <그림 6-6>처럼 완성하였다.



<그림 6-4> 환경제어 자동화시스템 주메뉴프로그램1



<그림 6-5> 환경제어 자동화시스템 주메뉴프로그램2



<그림 6-6> 환경제어 자동화시스템 주메뉴 프로그램3

위와 같은 방법으로 설치된 센서들에 의하여 측정된 자료를 통하여 배기팬에 단계별로 입력해주어야 할 전압값은 실험을 통하여 측정되어 적합한 환경이라고 판단되는 값을 입력하였다. 또한 환경요소별로 9개 채널로 받아 계측되는 값을 사용자가 입력한 시간 동안 저장이 가능하도록 하였다.

그러나 무엇보다도 환경돈사에서 실제 사육에 의한 값이 입력되어야 하기 때문에 많은 현장점검에 의한 측정치가 있어야만 하는 어려움이 있었다. 이것은 이론적인 수치에 의한 제어보다는 실제 사육하는 환경을 직접제어를 하기 위한 자료가 있어야 하며 위와 같은 방법으로 정확한 자료를 입력할 경우에는 자동제어가 가능하리라 판단된다.

## 제5절 결론

본 연구는 돈사의 우리 나라 환경에 적합한 무창돈사에 적합한 환경제어시스템을 구축하기 위하여 돼지에서 발산하는 온도와 환경과의 관계 외에 유해가스, 습도, 정압차, 공기속도 등을 제어할 수 있는 복합 축사제어시스템을 개발하기 위하여 수행되었는데, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 축사제어용 유전 알고리즘은 원형실험사에서 열화상을 이용한 돼지의 발열상태, 온도, 습도, 유해가스, 축사내외의 정압차, 공기속도 등의 결과를 분석하여 적정환경을 결정한 후 배기팬의 속도를 조절하도록 구성되었으며, 프로그램은 C++언어로 구성되었다.

2. 축사제어 시스템의 하드웨어는 PC, 열화상 프로그램, 센서, 배기팬, Motor, Inverter로 구성되었으며, 소프트웨어는 Microsoft visual basic 6.0을 이용하여 프로그램을 구성하였다.

## 참고문헌

1. 농업시설물의 환기. 최홍립. 대광문화사. 1989.
2. 고온 다습피해를 이기는 사양관리, 1996. 서울우유 97(6):40-41.
3. Choi. H. I., 1998. Better Housing for Effective Pig Production.
4. Durkin. J. Expert Systems-design and development, Prentice Hall International. Inc. 1994.
5. Prerau, E. S. 1990. Developing and Managing Expert Systems Proven Technoloques for Business and Industry, Addison-Wesley Publishing Company.
6. Turban, E., Expert Systems and Applied Artificial Intelligence, Macmillan. 1992.

附 錄

환경검증형 원형 돈사모델 설계도면  
(분만사, 자돈사, 육성·비육돈사)

## 환경검증형 원형돈사모델의 설계도면

### 1. 설계조건

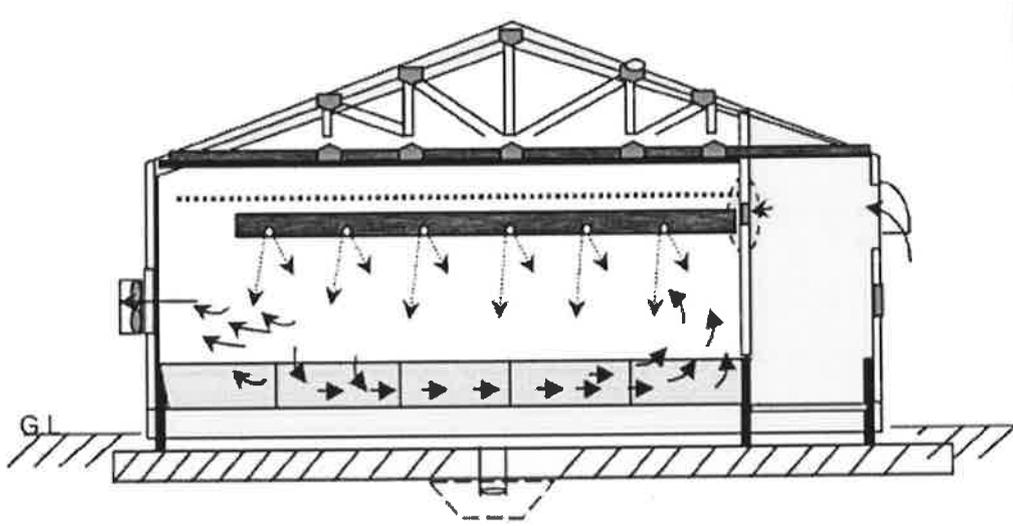
성장단계별	제원, m		각돈방수	바닥시스템	환기시스템
	W x L x H	용마투고(지붕틀춤)			
분만사	5.4x9.0x3.0	4.5(1.5)	10	플라스틱바닥재	입기:개인환기구 배기:측벽팬
자돈사	4.6x9.0x3.0	4.5(1.5)	10	"	입기:덕트시스템/천정多孔空氣口 배기:측벽팬
육성·비육돈사	12.0x20x3.0	4.5(1.5)	19	전면콘슬랫	입기:양측벽처마슬롯입기구 배기:측벽배기팬

위의 표는 원형돈사의 표준규격으로 다음과 같은 조건을 따른다.

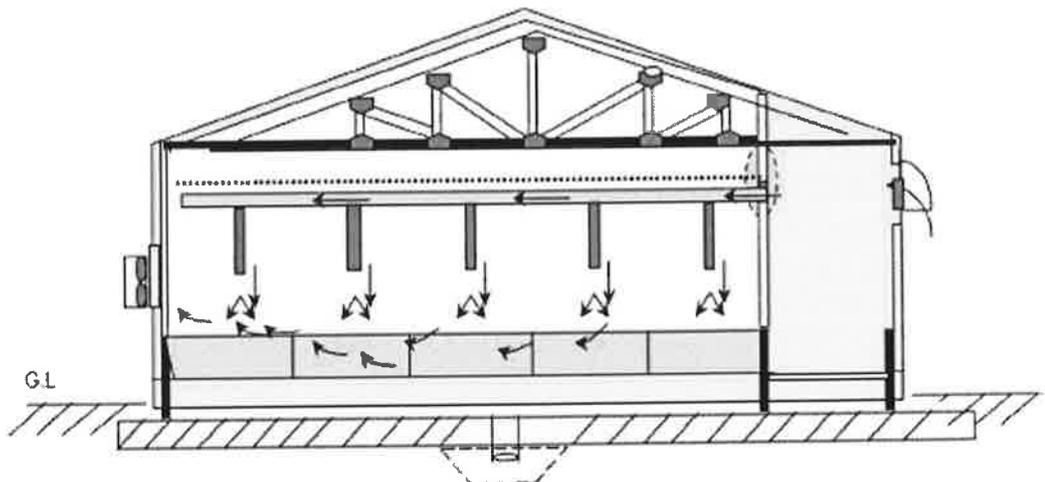
가. 분만사 10두를 기준으로 설정했을때의 환기형태 및 설계도로서, 분만돈의 두수에 따라 반복적으로 건축을 실시하여야 생산성을 높일 수 있다.

나. 자돈사 10C두를 기준으로 설정했을때의 환기형태 및 설계도로서, 축산사육 규모에 따라 폭을 반복적으로 건축한다.

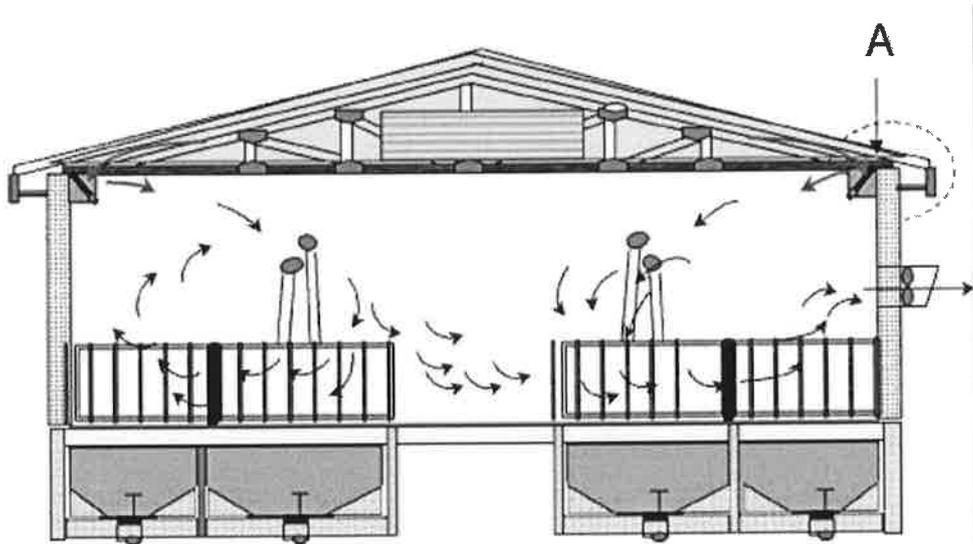
다. 육성·비육돈사는 우리 나라에 맞게 폭을 12m로 건축하여 환기를 실시하며, 돈사의 길이에 따른 환기방식은 같지만, 만약 폭을 넓게 할 경우에는 환기방식을 달리 하여야 한다. 또한 육성·비육사의 바닥은 전면 콘슬랫으로 건축한다.



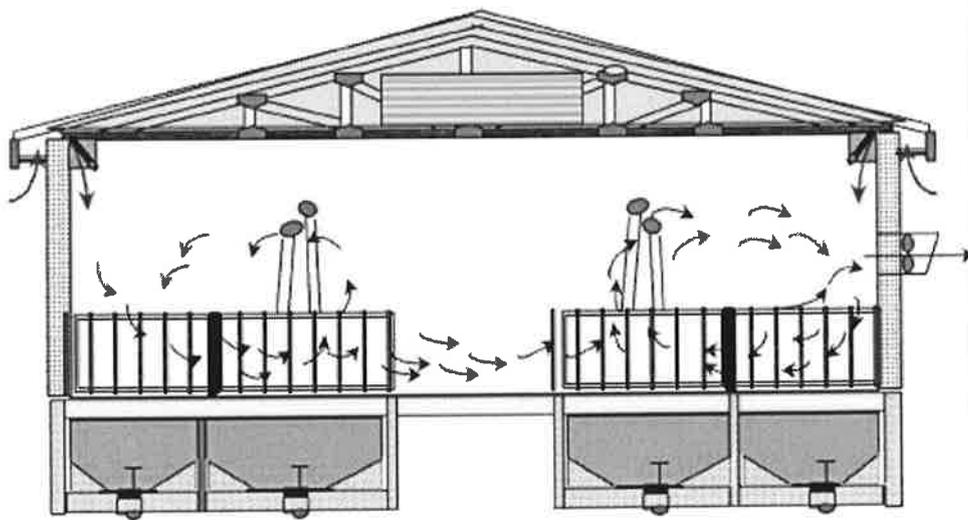
<그림 1> 원형자동사 환기시스템



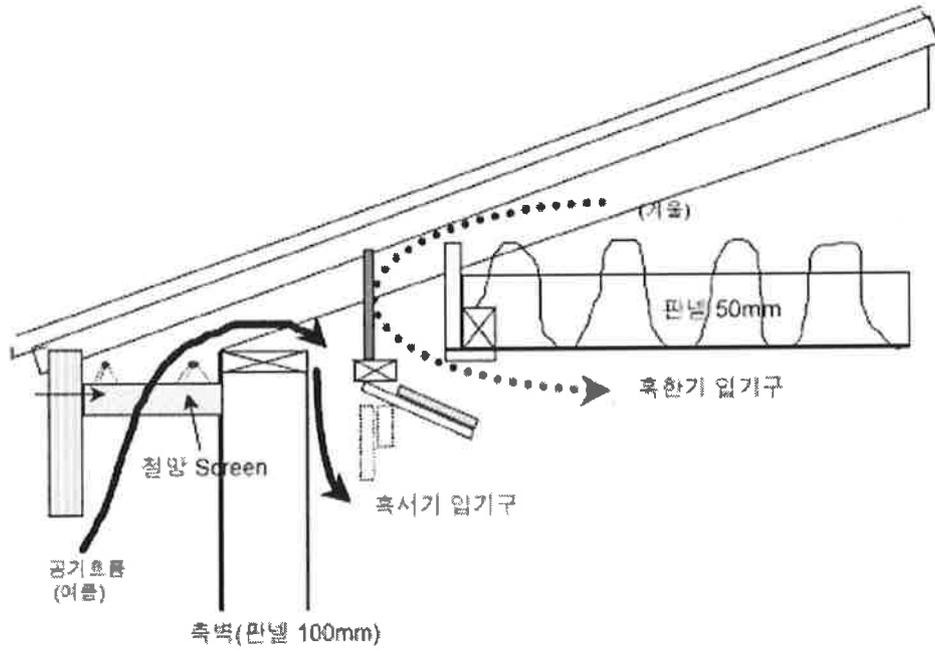
<그림 2> 원형분만사 환기시스템



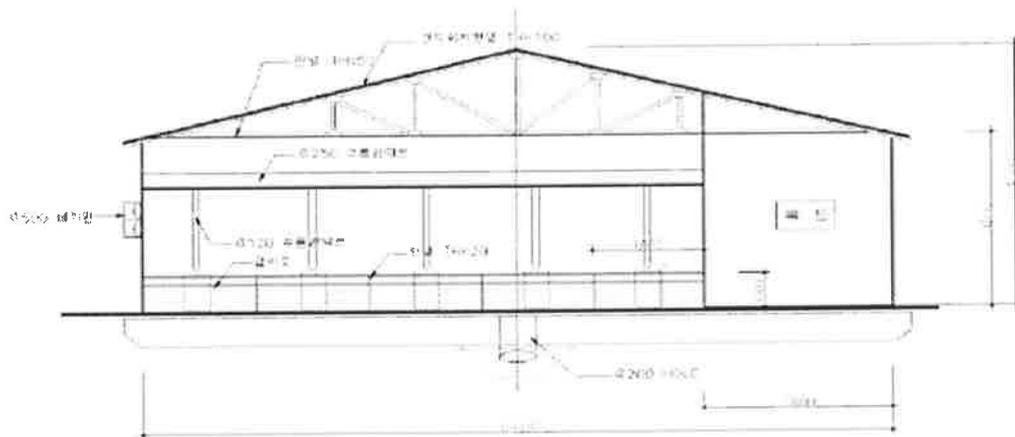
<그림 3> 육성·비육사 겨울철 환기시스템



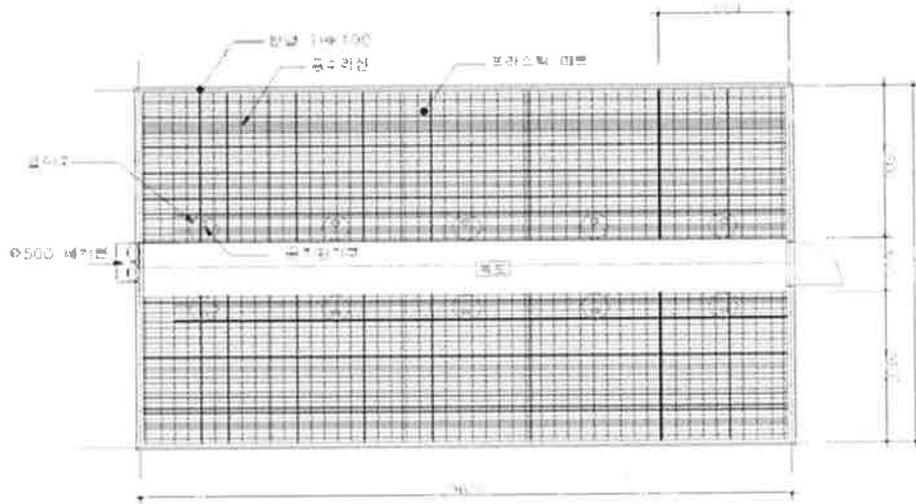
<그림 4> 육성·비육사 여름철 환기시스템



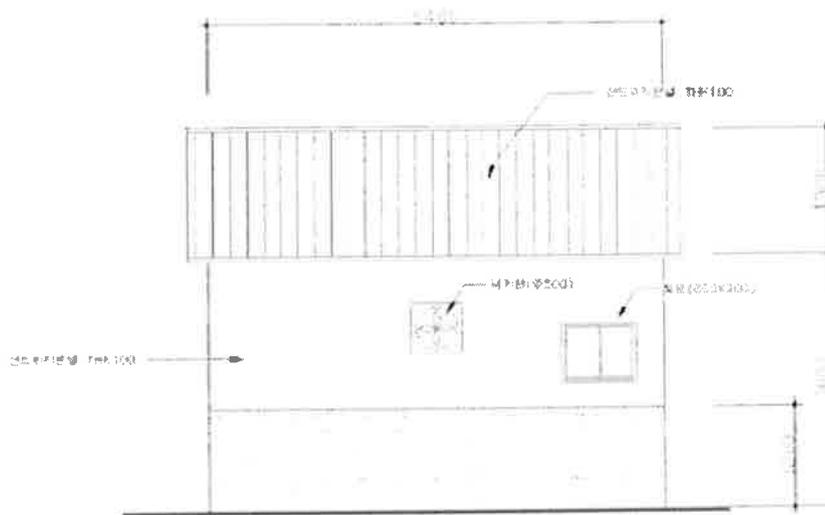
<그림 5> 육성·비육사 A면의 공기입기구 상세도



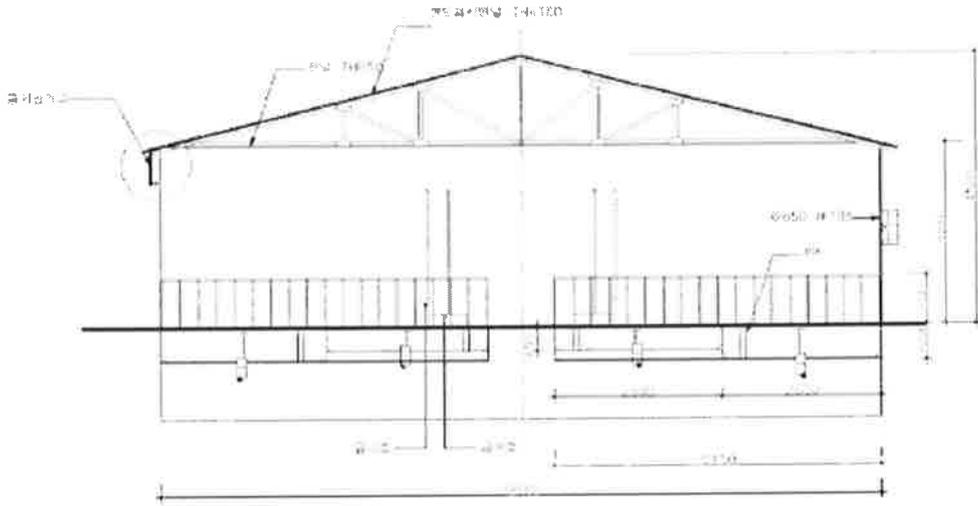
<분만돈사 단면도>



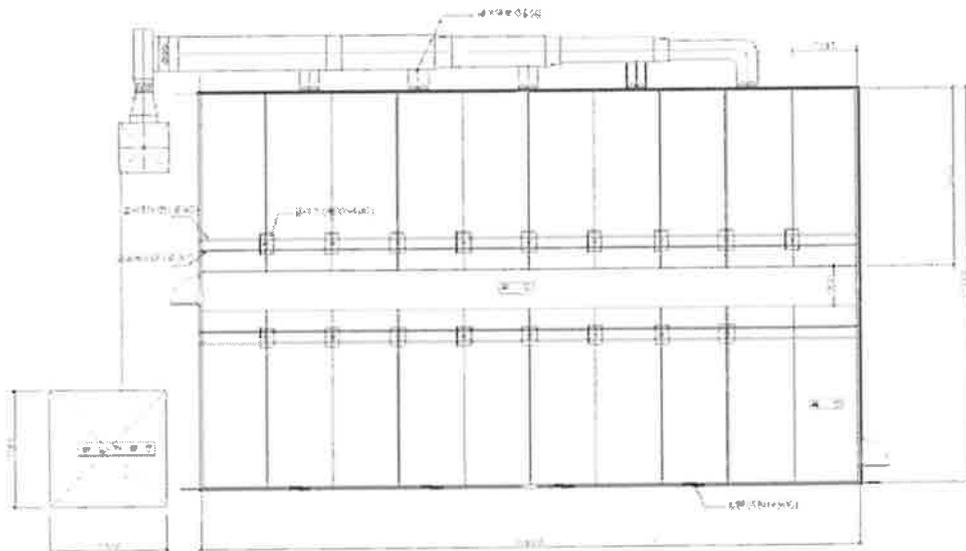
<분만돈사 평면도>



<분만돈사 배면도>

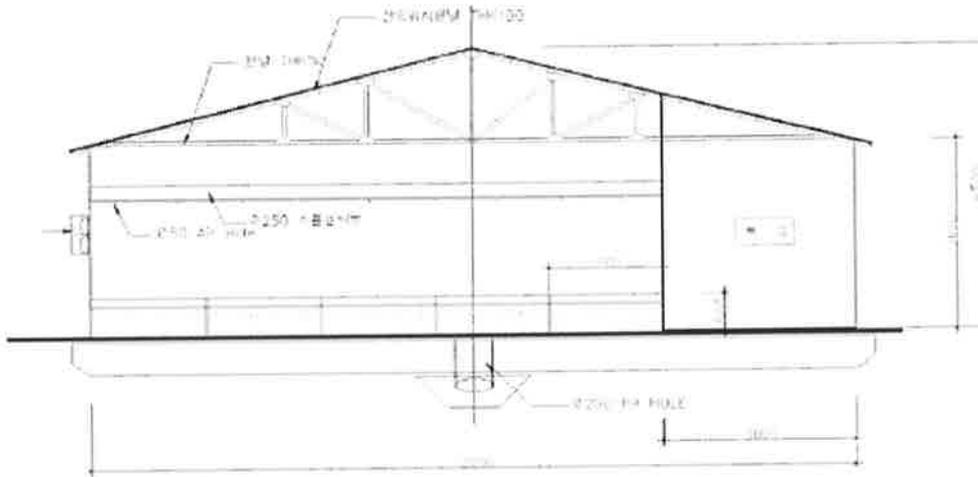


<육성돈사 단면도>



<육성돈사 평면도>

<육성돈사 배면도>



<자돈사 단면도>



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.