무균돼지 사육시설 계획을 위한 사례연구
- 공간구성 및 동선계획을 중심으로 -

A Case Study on Swine Farms for the Planning of Gnotobiotic Pigs' Facility
- Focused on Space Organization and Circulation System -

권 순 정* 성 제 경** 염 수 청***
Kwon, Soon-Jung, Seong, Je-Kyung, Yeom, Su-Cheong

Abstract

According to the increase of demand for human organs such as kidney, heart, pancreas, joint, and cornea for therapeutic transplantation, the production of alternative organs based on Gnotobiotic Pigs gains a lot of concerns all over the world. However, it is not common to design and build Gnotobiotic Pigs' facility, and there are only a few those facilities and planning principles for them. Considering the situation above, this paper tries to develop planning guidelines for space organization and circulation system of standardized Germ Free Pig's facility on the bases of case analysis. The results of this study are as follows.

At first, four swine farms including a Gntobiotic Pig's facility has been analysed from the point of space organization and circulation system. Secondly, the space zoning of Gnotobiotic Pigs' facility has been proposed into 5 groups : pigs' area, adminstration area, operating room and laboratory, service area, and mechanical area. Space components of each group have been presented also. Finally, circulation system of Gnotobiotic Pigs' facility has been explored from a operational point of view. This, also, includes human circulation, pig's circulation, and goods' circulation. This study has some limitations because it does not consider the SOPs(standard operational policies) of that facility to the fullest measure and does not suggest space area of each part, either. Despite of some weaknesses, it is expected that this study can give some useful guidelines for the design and planning of Germ Free Pigs' facilities.

키워드 : 무균돈사, SPF 돼지, 무균돼지, 공간구성, 동선계획
Key words : Gnotobiotic Pigs Farm, SPF Pigs, Gnotobiotic Pigs, Space Organization, Circulation System

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

미국의 장기이식 수급을 총괄하는 United Network for Organ Sharing(UNOS)은 2002년 장기이식 수술대기자 88,325명 중에서 12,805명만이 수술을 받은 상황이며 장기이식 대기자 중 매년 6,000명 이상이 사망하고 있다고 보고한 바 있다. 국내에서도 2004년 말 기준으로 장기이식 대기자가 12,962명을 기록하였고, 전년 대비 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 더욱이 고령화 사회에 따른 장기질환의 증가와 퇴행성 난치병의 증가로 인하여 장기이식 수요는 더욱 증가할 것으로 예상되나, 장기공급은 오히려 감소할 것으로 전망되어 장기공급에 대한 다각적인 모색이 시도되고 있다(경기개발연구원, 2004: 11-12). 이에 따라서 인체 이식용 장기의 대체장기에 대한 필요성이 대두되었다. 그러한 대체장기로서 최근 가장 주목 받고 있는 것이 사람에게 이식되었을 때 거부반응을 줄일 수 있도록 유전자가 조작된 돼지를 이용하는 이종장기이식방법이다. 돼지의 장기 일부를 사람에게 이식하기 위해서 필요한 선결조건이 거부반응을 담당하는 유전자의 기능을 제한해서 이종동물 간 장기이식에 따른 면역학적 거부 반응을 줄이는 것이고 다른 하나는 사람에게 유해한 미생물의 오염이 제거된 무균돼지를 이용하는 것이다. 돼지는 가축으로서 개발되어 사람의 역사와 함께 오랫동안 집단 사육되어서

* 아주대학교 공과대학 건축학과 부교수, 공학박사, 학회 이사
** 서울대학교 수의과대학 부교수, 수의학박사
*** 서울대학교 의과대학 특수생명자원센터, 수의학석사
본 연구는 농림부 바이오장기 생산 연구사업의 연구비(번호 200506020501)지원을 받아 수행되었습니다.

대량생산에 대한 경험과 지식이 많이 축적되어 있는 장점이 있다. 또한 무균 돼지의 경우 다른 동물에 비해 양질의 장기를 다량으로 공급할 수 있어 주요한 연구대상으로 부각되고 있다. 이밖에도 무균돼지는 면역학을 연구하기 위해 매우 중요하게 사용되고 있으며 의학연구를 위해서도 그 중요성이 인정되고 있다.

무균돼지(Gnotobiotic pigs)라 함은 세균에 감염되지 않도록 무균실(Isolator)에서 키운 깨끗한 상태의 돼지를 말한다. 이 돼지는 미국 시카고대학교의 재미 한인 의학자인 김윤범(金允範) 교수가 1973년 세계 최초로 안정적 생산과 양육에 성공하였다. 태반이 6층으로 두꺼워 어미 돼지의 감염세균 및 면역세포가 태아 돼지에게 전달되지 않는 점을 이용해[1], 제왕절개를 통해 무균의 미니 돼지가 생산된다. 심장·췌장 등 장기의 크기는 물론, 해부학·생리학적으로도 사람과 비슷해 장기이식용으로 알맞다. 이 미니돼지의 세포를 떼어내 인간의 면역유전자(예, hDAF)를 주입하고, 돼지의 면역유발 유전자를 제거한 뒤, 복제 돼지를 무균적으로 생산, 유지하면 사람에게 장기를 이식할 수 있는 장기 이식용 돼지가 된다(naver 백과사전, 2006).

일반 돼지의 경우 많은 세균 및 바이러스에 감염되어 유지되고 있어, 이러한 돼지의 장기를 면역성이 떨어진 사람에게 이식할 수 없다.[2]. 이 때문에 장기이식용 돼지를 생산하기 위해서는 반드시 무균돼지가 필요하다[3]. 그리고 이러한 돼지를 생산하기 위해서는 일반 돈사가 아닌 별도의 무균돈사를 건립해야하며, 이러한 시설은 고도의 설비와 건축적 환경이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 무균돈사를 계획하기 위해 필요한 기초자료를 기존의 돼지사육시설을 통해 수집분석하였으며 이 내용은 추후 무균돈사의 건축계획기준을 수립하는데 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

1.2 분석대상

현재 무균돼지를 사육하는 시설이 세계적으로 매우 적기 때문에 본 연구에서는 무균돼지뿐만 아니라, SPF(Specific Pathogen-Free)[4] 급의 돼지 및 실험용 일반 돼지(Conventional Pigs)를 사육하는 시설도 사례분석대상에 포함시켰다(표 1). 조사범위는 자료의 수집과 분석이 비교적 용이한 미국과 국내의 시설로 하였으며 총 4개 시설을 분석하였다.

표 1. 조사시설 개요

시설명	돼지 종류	지역	면적(㎡)	개원 년도	조사 일시
LIDIF	SPF	미국	2,595	1999	2004.11
Struve Labs	SPF	미국	580	1975*	2004.11
서울대학교 의과대학 특수생명자원센터	무균, SPF	한국	960*	2002	2005.11
연세의료원 중대형 동물실	일반	한국	525	1998	2005.11

* 추정치임.

1.3 연구내용 및 방법

본 연구는 우선적으로 현재 운영중인 돼지사육시설에 대한 분석으로부터 시작하였다. 이를 토대로 향후 시설계획의 지표를 만들 수 있는 기초자료를 생산할 수 있기 때문이다. 따라서 분석내용은 시설계획의 프로그램시 언급되어야 할 내용을 위주로 하였다. 여기에는 시설에 설치된 공간의 종류 및 조닝, 주체별 동선특성, 무균환경으로 유지하기 위한 건축적 고려사항 등이 포함된다. 그리고 이 외에 시설별 특수 고려사항이 있는 경우 그 내용을 별도로 분석하였다. 주체별 동선에는 사람의 동선, 돼지의 동선, 물품의 동선을 각각 포함하였다. 단지 각 단위공간의 면적은 시설프로그램을 작성할 경우 매우 중요한 요소이지만 본 연구는 시설의 전체적인 구성을 위한 시스템을 작성하는 목적으로 수행되었기 때문에 본 연구에서는 포함하지 않았으며, 이러한 내용은 후속연구에서 별도로 취급되어질 필요가 있다.

분석을 위한 자료의 수집은 우선적으로 한국과 미국에 있는 4개의 시설을 방문하여 이루어졌다. 비구조화된 설문을 통해 시설의 건축적 특성, 시설의 운영방식 및 개선사항 등을 파악하였으며, 시설의 운영방식은 주로 돼지의 사육방법과, 주체별 동선시스템에 중점을 두어 검토되었다. 이때 주체별 동선분석은 시설의 건축평면도를 토대로 수행되었다.

2. 이론적 고찰

2..1 기능의 설정

무균돼지사육시설의 공간구성을 설정하기 위해서는 우

1) 모체와 태아는 6층의 조직으로 분리되어 있다.
2) 장기 이식 전 면역억제 처치를 받는 환자에게는 일반적으로 비병원성인 세균에도 치명적인 문제를 유발시킬 수 있다.
3) 무균돼지를 통해 생산해 낸 장기를 사람에게 이식할 수 있기 위해서는 먼저 돼지에만 존재하는 '리트로 바이러스'가 인간에게 감염을 일으키지 않는다는 사실을 입증해야 한다. 학계에서는 이 문제를 해결하는 데 10년 정도 걸릴 것으로 보고 있다(naver 백과사전, 2006.)
4) 무균돼지는 아니지만 몇 가지 지정된 균이 없는 돼지로 일반돼지보다는 매우 엄격한 환경에서 사육된다.

선적으로 이 시설의 기능을 명확히 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 이 시설의 기능을 무균돼지의 생산과 사육, 그리고 생산된 돼지의 외부 반출을 기본으로 한다. 따라서 시설내 본격적인 연구기능은 배제하며 사육돼지의 간단한 검증을 위한 실험실 정도만 구비하는 것으로 한다.

2.2 공간구성

무균돼지의 조성을 위해서는 우선적으로 일반돼지로부터 SPF돈군을 조성하고, SPF 돼지로부터 무균돼지를 얻는다. SPF급의 돼지는 일반 임신돈의 자궁을 적출하여 얻어진다. 무균돼지를 얻기 위해서는 SPF돼지를 인공수정한 후 이 돼지를 별도의 구역(대기돈사)에서 사육한 다음, 분만시 이 돼지의 자궁을 적출하는 작업이 필요하다 (이신호, 외, 2005). 이러한 작업과정을 고려할 때 돈사는 크게 SPF 돈사, 대기돈사, 무균돼지돈사 등을 포함하여야 한다. 그리고 수정란 이식 및 제왕절개수술을 위한 수술실과 간단한 실험실이 수술 및 실험구역에 배치되어야 한다. 나머지 공간으로는 직원들이 근무하는 행정 및 관리공간, 물품 및 기자재, 사료 등을 보관하고 세척, 소독, 공급하는 서비스공간, 시설에 에너지를 공급하는 기계전기실공간 등이 있다.

3. 사례분석

3.1 LIDIF (Livestock Infectious Disease Isolation Facility)

1) 시설개요

- 주요기능 : 전염병연구를 위한 Conventional (SPF급 가능) 돼지사육시설로서 가축의 특수 전염 질병에 대한 연구를 수행
- 대지위치 : IOWA States University, Des Moines, IOWA, 미국
- 구조 : 철근 콘트리트 구조, 내부 칸막이는 블록으로 시공
- 층수 : 지상 2층
- 연면적 : 2,595.2㎡ (785평)

2) 공간의 구성

시설은 지상 2층으로 건립되었다. 1층에는 주로 가축실 및 사무실, 부검실, 물품관련시설, 기계실 등이 있고, 2층은 기계 및 설비공간(Interstitial space)으로 계획되었다. 고도의 사육환경을 유지해야 하므로 공조, 급배수, 전기설비 등이 설비층인 상층부에 집중 배치되었다. 시설의 구성은 크게 가축의 사육을 위한 축사부분을 중심으로, 연구 및 실험 등의 기능을 하는 부검 및 실험공간, 사료 및 기기의 반입과 기구세척 등을 담당하는 서비스부, 시설의 관리를 담당하는 행정부서, 그리고 기계 및 전기설비기능이 갖추어진 기계전기실 등으로 이루어진다.

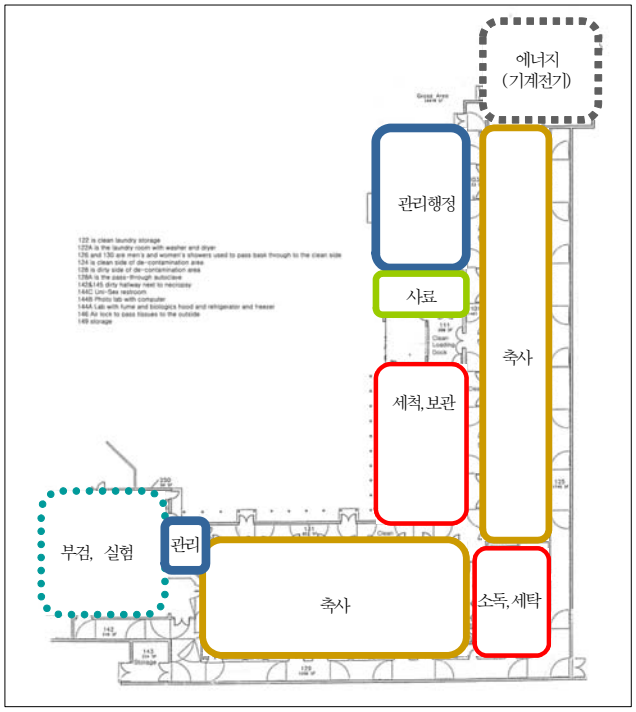

그림 4. LIDIF 공간구성 다이어그램

축사는 크게 5개의 큰 사육실과 8개의 작은 사육실 등 총 13개의 사육실로 구성된다. 큰 사육실은 68.3㎡(20.7평)로 말, 소, 돼지 등이 사육되고, 작은 사육실은 32.9㎡(10평)로 돼지가 주로 사육된다. 사육실은 청결환경을 유지하고, 사육실간 교차감염을 방지하기 위해 사람과 동물, 물품 모두 청결복도측의 전실을 통해 출입하도록 공간구성을 하였으며, 청결동선과 오염동선을 명확히 구분하였다.

부검 및 실험을 담당하는 부분에는 부검실, 창고, 냉동실, 실험실, 컴퓨터실, 휴게실, 로딩독 등이 설치되어 있다.

관리행정부분은 오피스와, 샤워 및 탈의실로 구성된다. 행정사무직원은 이곳에서 근무하고, 사육인들은 샤워 및 탈의실을 거쳐 부검실과 축사사이에 있는 사육인 사무실에서 근무한다.

소독 및 세탁을 담당하는 서비스부서는 두 구역의 축사 사이에 위치하여 재활용 가능한 장화, 케이지 등 축사관련 장비를 세척, 소독, 보관할 수 있다. 또한 의류 등을 세탁하여 보관하는 기능을 수행하며, 동물의 사료를 저장하기도 한다. 그밖에 코너부분은 오염구역으로 나온 직원

이 다시 청결구역으로 들어갈 때 간단한 소독을 할 수 있는 장소로 사용된다.

표 2. LIDIF 공간구성

구분	단위공간
축사	대동물실, 소동물실, 동물용 전실, 사람용 전실 및 욕실,
관리, 행정	현관, 행정사무실, 휴게실, 탈의 및 샤워실, 창고 및 사육인 사무실,
사료	사료창고
서비스	청결물 공급실, 청결물 및 케이지 창고, 세척실, 세탁물실, 오토클레이브, 샤워실, 창고, 청결로딩독
실험	부검실, 사체냉장고, 실험실, 컴퓨터실
기계전기	기계실, 전기실 등

3) 동선분석

동선계획의 가장 큰 특징은 청결동선과 오염동선을 구분하고, 동시에 청결부에서 오염부의 일방향 흐름을 원칙으로 동선이 계획되었다는 점이다. 이러한 점은 이 시설이 가축의 전염병을 연구하는 시설이므로 최대한 교차감염을 방지하기 위한 조치로 판단된다. 아래 그림에서 진한 선은 돈사로 들어가는 동선, 흐린 선은 돈사에서 나오는 동선을 표시한 것이다.

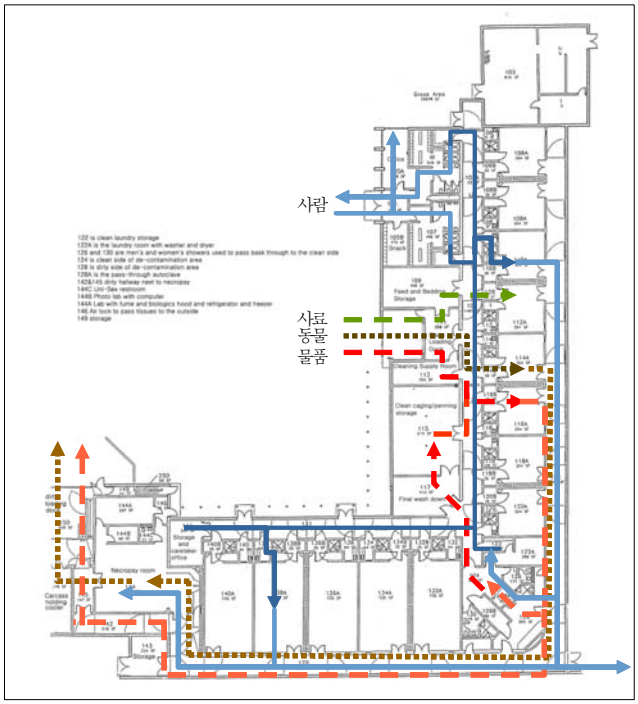

그림 2. LIDIF 동선흐름도

사람은 크게 행정직원의 동선, 가축을 사육하는 사육인의 동선, 시설 및 기자재 등을 관리하는 동선 등으로 구분된다. 행정직원은 직원용출입구를 통해 출입하며, 별도의 샤워나 소독을 하지 않고 통상 출입구에 인접한 사무실에서 근무한다. 사육인 및 연구자는 행정직원과 같은 입구를 사용하지만 축사로 들어가기 위해 샤워 및 환복을 한다. 그리고 청결복도를 통해 축사로 들어가며, 필요시 축사입구의 전실에서 다시 손을 씻거나 샤워를 할 수 있다. 작업자들이 축사에서 업무를 수행한 후 오염복도로 나오며, 그 이후에는 부검실에서 작업하거나, 또는 소독세탁구역에서 수세(샤워)를 한 후 청결복도로 다시 들어온다. 오염복도를 거쳐 청결복도로 다시 들어온 작업자는 샤워실을 거쳐 퇴실하거나 세척실 또는 축사에서 다시 작업을 할 수 있다. 세척 및 보관구역에서 작업하는 인원은 탈의실과 청결복도를 거쳐 해당구역으로 들어간다.

이곳에서 사육되는 가축은 특정한 전염병을 연구하기 위한 대상이 되므로, 이곳으로 들어올 때 질병에 감염되지 않은 상태가 일반적이다. 이 경우, 동물은 청결 로딩독 → 청결복도를 거쳐 정해진 축사에서 사육된다. 시설내 가축을 실험할 경우, 다른 축사와 격리된 축사내에서 감염증 시험을 하거나, 오염복도를 거쳐 부검실로 옮긴 뒤 해부 등 다양한 실험을 하게 된다. 실험 등에 의해 사망한 동물은 부검실의 냉장고에 보관되었다가 외부로 반출된다.

물품의 동선에는 가축사육에 필요한 기자재, 우리(pen), 사료, 작업자 의류 및 장화 등의 동선이 포함된다. 물품의 공급은 청결 로딩독을 통해 이루어지며, 우선적으로 로딩독에 인접한 보관실에서 보관된다. 저장된 물품은 세척, 또는 소독을 한 후 청결복도를 통해 축사, 또는 탈의실 등으로 공급된다. 사료의 경우 외부에서 감마선을 이용해 소독되었기 때문에 세척이나 소독없이 사료보관실에서 사육실로 직접 공급된다. 사용된 기구 및 물품은 오염복도를 통해 외부로 반출되며, 재사용가능한 것은 소독, 세탁구역에서 소독한 후 물품보관실에 보관된다.

4) 시설의 공간특성

본 시설은 가축에 대한 다양한 종류의 전염성 질환을 연구하므로 건강한 가축부터 심각한 전염병이 있는 가축들이 동시에 사육되고 있다. 그래서 작업자에 따라 샤워의 정도 및 동선이 달리 적용되는 운영시스템을 갖는다. 이와 같이 다양한 운영요구조건에 적응하기 쉽도록 이 시설은 청결복도와 오염복도가 구분되어 각각 설치된 것이 큰 특징이다. 단지 부검실의 경우 청결복도에서 직접 진입이 이루어지지 않아, 청결물품의 공급동선이 불분명하다.

동선계획에 있어서는 사람출입구, 청결로딩독(반입), 비청결 로딩독(반출)이 명확히 구분되어 있어 시설의 교차감염방지효과를 높이고 있다. 그 밖에 이 시설은 2층에 설비층(Interstitial space)이 별도로 계획되어 있어 시설의 운영 및 관리가 편리하며, 시설을 가동하면서 전등 및 항균에어필터 등을 쉽게 교환할 수 있다.

3.2 Struve Labs, Inc.

1) 시설개요

- 주요기능 : SPF급 돼지의 사육.
- 대지위치 : Manning, IOWA, 미국
- 구조 : 경량조립식건축. 샌드위치 패널로시공
- 층수 : 지상 1층
- 연면적 : 580㎡ (175평)

2) 공간의 구성

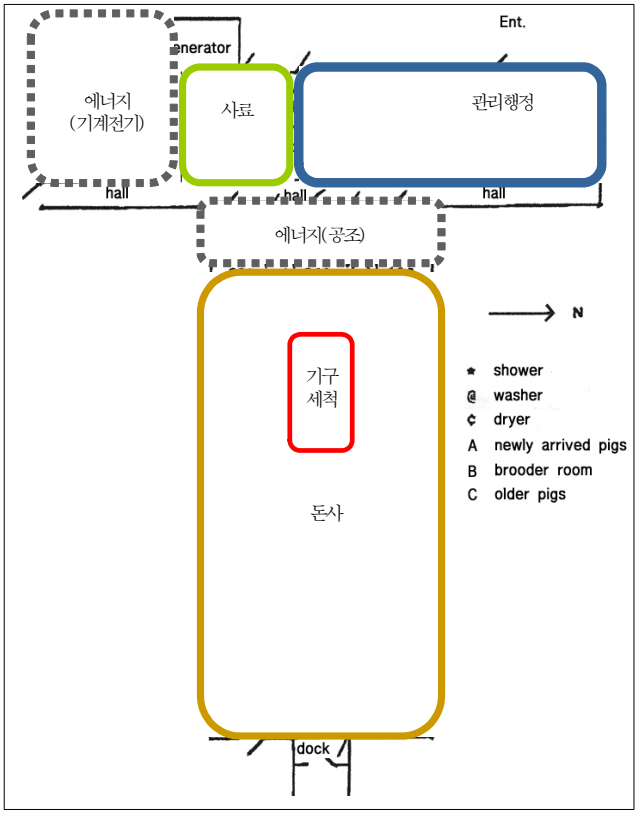

그림 6. Struve Labs 공간구성 다이어그램

이 시설은 돼지를 생산하는 시설이 아니라, 단지 외부에서 생산된 SPF 급의 돼지를 사육하여 필요한 곳에 제공하는 기능을 갖는다. 이 시설과 함께 운영되고 있는 인근의 동물병원에서 제왕절개 및 초유배제(Caesarian Derived Colostrum Deprived)를 통해 생산된 돼지가 내부의 청결상태를 유지할 수 있도록 특수제작된 운반용기를 이용해 이곳으로 전달된다. 따라서 이 시설은 돼지를 이용한 연구 및 실험, 수술 및 분만 등의 기능을 갖고 있지 않으며, SPF 급 돼지의 사육에 필요한 최소한의 시설만으로 구성되어 있다.

시설은 1층 조립식으로 건축되었으며, 내부공간은 크게 축사구역, 관리구역, 사료저장구역, 서비스구역, 기계전기구역 등으로 구분된다. 각 구역에 속한 단위공간은 표 3과 같다.

돈사배치의 특징으로는 돈사구역이 시설의 다른 구역과 복도를 사이에 두고 별도로 계획되어 있어 공간의 독립성이 높고, 오염의 가능성을 줄이고 있다. 그러나 세척관련 시설이 돈사 중앙에 배치되어 있고, 사용된 물품과, 사용전 물품에 대한 구분이 명확히 이루어지지 않아 교차오염의 문제가 제기될 수 있다.

이 시설은 사료저장시설이 타 시설에 비해 세분화되어 있으며 면적도 상대적으로 넓다. 이것은 사육돈이 많고, 돼지의 건강 및 품질을 확보하기 위해 시설운영자가 식이요법에 각별한 주의를 기울이고 있기 때문이다. 시설 특성상 에너지를 많이 소모하고, 24시간 365일 가동되는 점을 감안하여, 비상발전기, 열교환기, 예열실 등 설비관련 장치가 충분히 배려되었다.

표 3. Struve Labs 공간구성

구분	단위공간
돼지사육실	자돈실 A, 자돈실 B, 성돈실(C), 창고, 대기실, 로딩독
관리, 행정	사무실, 라운지, 탈의 및 샤워
사료저장	냉장실, 주방, 창고, 보온실,
서비스	세척실, 보관실
기계전기	기계전기실, 발전기실

3) 동선분석

시설내 동선은 크게 사람, 돼지, 사료, 물품 동선 등으로 구분된다. 돈사로 출입하는 인력은 크게 사육인, 기구세척 및 시설담당자 등이 있다. 돈사의 출입 및 퇴실을 위해서는 기본적으로 샤워를 해야 한다. 이를 통해 돈사의 청결환경을 유지하게 되어있다. 그림 4에서 진한 선으로 표기된 선이 청결동선을 의미하고, 흐린 선은 퇴실동선, 또는 비청결동선을 의미한다.

외부에서 생산된 SPF 자돈은 남측 복도를 통해 돈사구역으로 진입하며, 처음 2주간은 보육기에서(자돈실 A), 약 4주까지는 자돈실 B에서, 그 이후에는 성돈실 C에서 자란다. 그리고 외부에서 필요로 할 경우 동측의 로딩독을 통

해 반출된다.

사료는 서측의 사료실 출입구를 통해 들어와 냉장고, 사료창고 등에 보관되다가 필요시 돈사로 공급된다. 그리고 돼지우리의 펜스 및 바닥판, 보육기, 작업용 장화 등은 세척실 및 기계실 내의 세척기 및 전기고온소독기(electric autoclave)를 이용해 세척(소독)한 후 돈사구역 내 세척실에 보관되다가 필요시 소요장소로 공급된다. 돈사 내부의 복도가 이중으로 되어 있지만 세척실이 돈사내부에 있어 청결과 비청결 복도의 구분은 없으며, 세척(소독)전후의 물품이 동일한 복도를 사용한다. 그러나 아직까지 심각한 오염사고는 알려지지 않고 있다. 그것은 이시설이 무균돼지 사육시설이 아닌 SPF 시설이라는 점, 그리고 자돈의 감염방지를 고려해 자돈의 시술(생산)은 이곳이 아닌 인접한 동물병원에서 이루어지는 점 등의 잇점이 있기 때문으로 판단된다.

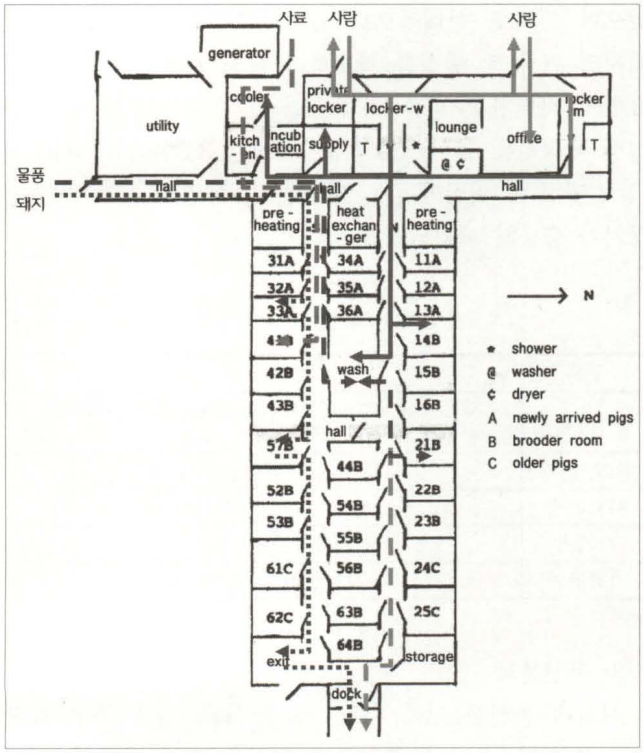

그림 7. Struve Labs 동선흐름도

4) 시설의 공간특성

돈사구역을 통과동선과 떨어진 별도의 구역에 계획하여 공간의 구성이 비교적 명확하게 계획되었으며, 돈사의 독립성이 잘 유지되고 있다. 그러나 SPF급의 돼지 사육시설인데 반해 청결동선과 오염동선이 혼재하고 있어 향후 교차감염의 우려가 제기된다. 또한 물품을 세척, 소독하는 구역이 청결구역내에 있어 근본적으로 오염동선의 유입을 막을 수 없는 한계를 지닌다. 이 시설은 SPF 급 돼지를 생산하는 시설이므로 LIDIF와 달리, 반출로딩독도 청결부분에 계획되어 있다.

3.3 서울대학교 의과대학 특수생명자원센터

1) 시설개요

- 주요기능 : 연구실험용 무균돼지(SPF Pigs)의 생산 및 사육
- 대지위치 : 서울특별시 종로구 연건동 서울대학교 의과대학 부속병원내.
- 구조 : 철근 콘트리트 구조
- 층수 : 지하1층, 지상 4층. 지하1층의 일부와 지상 1층을 사용
- 사용 연면적 : 약 960㎡

2) 공간의 구성

특수생명자원센터는 초기 미국의 시카고 대학에서 무균돼지를 들여왔고 이후에는 외부에서 형질전환된 돼지를 무균화하여 반입한 후 내부 돈군을 갱신하고 있으며, 이들에 대한 번식 및 공급을 통한 연구지원을 수행하고 있다. 새끼돼지의 생산은 기본적으로 돈사에서 자연분만을 통해 이루어지지만, 새로운 종이 필요한 경우 수술실에서 외부 임신돈의 자궁적출을 통해 자돈을 얻기도 한다.

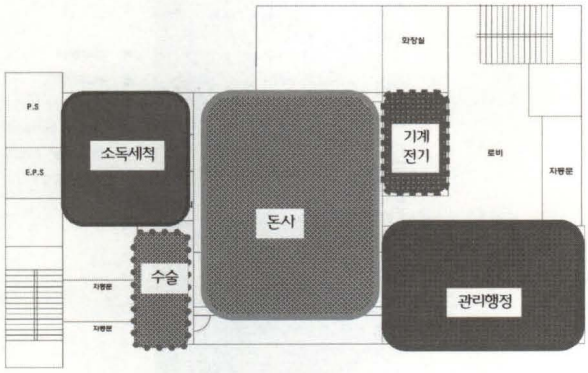

그림 8. 특수생명자원센터 공간구성 다이어그램 (1층)

이 시설은 기존의 연구공간을 개조하여 무균돼지 사육실로 변환한 것이다. 따라서 내부공간계획에 상당한 어려움이 있었다. 1층 내부 공간은 크게 돈사, 수술, 관리행정, 소독, 기계실 구역 등으로 구분된다. 돈사는 단일공간으로 이곳에서는 여러 종류의 무균 돼지가 사육된다. 수술실은 자궁적출을 통해 자돈을 얻기 위한 공간으로, 갓 태어난 자돈이 인큐베이터에서 일정기간 사육되기도 한다. 행정

공간은 출입구 로비에 인접하고 있어 직원들의 편리한 접근을 고려하였다. 이곳에 연구원 및 작업인원, 센터장 등이 근무한다. 소독공간내에는 고압증기멸균기(autoclave)와 소독조통로(deep tank)를 설치하여 필요한 물건을 소독해서 무균상태로 돈사에 전달할 수 있도록 하였다. 그리고 패스룸은 사료 등을 돈사로 공급하거나, 돈사에서 발생한 폐기물을 배출시키는 경로로 사용한다. 건물전체의 기계실은 지하층에 있으며, 1층에 있는 기계실은 무균돈사 전용의 중앙감시실이다. 이곳에서는 돈사의 공조 및 사육환경을 통제하는 역할을 한다. 사료저장시설은 지하층과 3층에 별도로 계획되어 있다. 사료는 기본적으로 외부에서 감마선으로 멸균된 것을 사용하며, 필요시 소독실의 고온소독기로 소독한 후 돈사로 반입한다.

표 4 특수생명자원센터 공간구성

구분	단위공간
돼지사육실	무균돈사. 대기돈사(지하층)
관리, 행정	특수생명자원은행(근무실), 회의실, 소장실
사료	사료창고(지하1층 및 3층)
서비스	Pass Room. Autocrave Room, 탈의 및 샤워실
실험	수술실
기계전기	중앙감시실

3) 동선분석

시설내 동선은 크게 사람, 돼지, 물품 및 사료동선으로 구분된다. 사람의 작업동선은 기본적으로 특수생명자원은행 → 복도 → 수술실 → 탈의 및 샤워실을 통해 돈사로 출입하고, 다시 이를 통해 되돌아온다. 수술실 및 특수생명자원은행이 통과동선상에 있어 공간의 안정성이 떨어지나, 이곳의 근무자들이 돈사작업을 겸하고 있으므로 별다른 문제는 없다. 그러나 작업량이 많아 지속적인 동선이 발생할 경우 공간의 안정성이 크게 떨어질 우려가 있다.

돼지의 동선은 크게 자체내 번식동선, 외부반출동선, 외부돼지 반입동선 등이 있다. 자돈은 대부분 돈사내에서 자연분만을 통해 얻어지지만 경우에 따라서는 수술실에서 자궁적출을 통해 생산하기도 한다. 형질전환 또는 기타 사유로 새로운 계통(strain)의 형성이 필요한 경우 외부돼지를 반입하며, 분만 직전의 모체를 외부에서 이동시켜, 1~2일간 안정시킨 후 자궁적출을 시행한다[5]. 수술실에서 자궁적출을 통해 생산된 자돈이 수일간 수술실의 인큐베이터에서 머물다가 별도의 장치(chamber)를 이용하여 소독실의 소독조(deep tank)를 거쳐 돈사로 들어간다. 경우에 따라 이 자돈은 연구를 위해 다른 시설로 반출될 수 있다. 수술 후에는 모돈이 사망하기 때문에 모돈의 사체는 지하실의 냉동고에 보관되었다가 외부처리업체로 반출된다.

돈사에 필요한 물품은 고압멸균소독기(autoclave)를 통해 반입되고, 이 기기를 사용할 수 없는 경우는 pass room을 통하여 반입된다. 패스룸은 자체 소독기능이 있고 앞뒤문이 동시에 열리기 않기 때문에 패스룸을 통해 오염된 공기가 돈사로 들어가지 못한다. 돼지용 사료는 지하층 사료창고에 보관하다가 필요하면 패스룸이나 소독실의 오토클레이브를 통해 돈사로 반입한다.

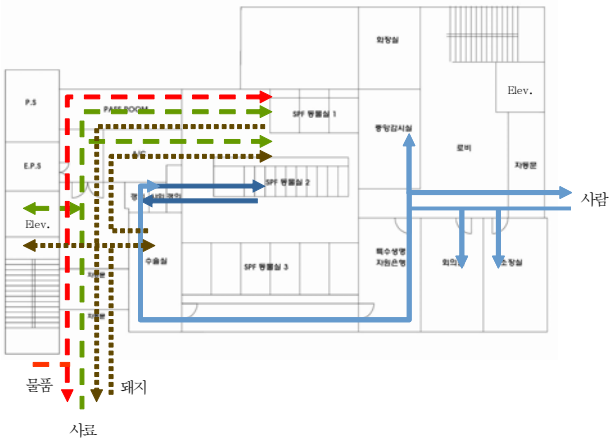

그림 6. 특수생명자원센터 동선흐름도

4) 시설의 공간특성

4개 분석 사례 중 가장 무균에 가까운 돼지를 생산, 사육하는 시설이다. 무균돈사는 엄격히 통제되고 있으며, 기계식 공조로 내부환경 또한 엄격히 유지되고 있다. 그리고 외부 돼지의 반입이 자궁적출을 통하여 이루어지기 때문에 원칙적으로는 돈사 내부가 오염되기 어려운 시스템으로 운영된다. 그러나 건축적으로는 기존의 시설을 무균돈사로 개조하였기 때문에 공간구성 및 동선상 다소 무리한 부분이 있다. 바닥면적의 제한과 출입구의 고정으로 청결동선과 오염동선을 구분하기가 어려웠으며, 세척 및 소독실을 충분히 설치하지 못내 돈사내 물품을 효과적으로 소독하기가 어렵다. 또한 돈사가 모두 하나의 공간으로 되어 있어 돈사내부를 고온고압의 세척수로 청소할 경우 돈사내부의 돼지들에게 영향을 줄 수 있다. 그밖에 돈사 및 관련시설을 2개 층에 분산배치하여 동선이 길어진 것 등이 개선할 사항으로 남는다.

5) 외부 유래 모체의 경우 일반(conventional) 상태이므로 SPF 수준의 동물을 생산하기 위하여 자궁적출술을 시행한다.

3.4 연세의료원 중대형동물실

1) 시설개요

주요기능 : 연구를 위한 수술 및 실험 등을 수행하기 위해 개, 돼지, 토끼 등의 일반(Conventional) 동물을 사육함

대지위치 : 서울특별시 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 의과대학 4층

구조 : 철근 콘트리트 구조

층수 : 6층 건물의 4층 일부를 사용함.

사용 연면적 : 525㎡(159평, 동물실 부분)

2) 공간의 구성

연세대학교 의과대학 중대형실험동물시설은 의과대학의 의료진들이 새로운 의학적 연구 결과를 사람에게 적용하기 전에 동물실험을 통하여 그 연구결과의 효용성을 연구하기 공간으로 마련되었다. 따라서 동물 사육실과 수술실을 위주로 공간이 구성되었다. 또한 무균이나 SPF급 동물이 아닌 일반 동물을 대상으로 하기 때문에 청결상태를 유지하기 위한 별도의 공간구성이나, 고도의 기계설비시스템이 설치되어 있지 않다. 그러나 수술실은 클라스 1,000 수준의 전외기 방식의 청정수술실 구역을 갖추었고, 동물사육실은 클라스 10,000 수준을 유지할 수 있는 전외기 방식의(시간당 환기 속도 15회) HEPA 필터를 이용한다. 동물의 반입시 질병감염여부를 검사하는 검역실, 시설내 냄새확산을 방지할 수 있는 공조시스템[6] 등이 계획되었으며, 시설 및 동물을 관리하는 직원공간이 계획되었다.

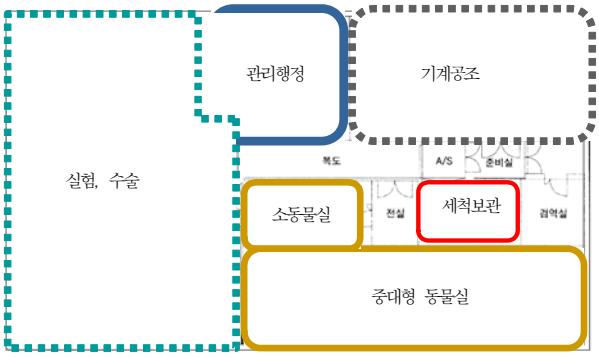

그림 7. 중대형동물실 공간구성 다이어그램

중대형 동물실에는 개, 돼지 등이, 그리고 소 동물실에는 토끼가 사육되고 있다. 소동물실은 동물사육구역에서 사육되는 실험동물이 수술실 구역으로 반입되기 위한 격리사육실로서, 실험자와 실험동물이 각기 별개의 동선으로 수술실 구역, 즉 수술준비실에서 만날 수 있도록 계획되었으나 공간 부족에 따라서 현재는 토끼 사육실로 이용되고 있다. 수술부에는 2개의 수술실, 수술준비실, 임상검사실, X-ray실, ICU 실 등이 있다. 수술이 활발히 일어나기 때문에 수술실과 준비실은 활용도가 높지만 그 이외 공간은 활용도가 떨어진다. 임상병리실은 창고나 사체보관냉동고로 주로 사용된다. 세척실은 기자재를 세척하는 기능 외에도 사료를 보관하거나, 기타 동물사육에 필요한 기자재를 보관하고 있어, 원래의 목적과 다소 차이를 보이고 있다. 대부분의 시설에서와 마찬가지로 당초 계획에서 간과되었던 창고공간에 대한 필요성을 보여준다.

표 5. 중대형동물실 공간구성

구분	단위공간
축사	검역실, 중동물사육실, 격리사육실(소동물사육실)
관리, 행정	사무실, 회의실, 샤워실, 창고
서비스	세척실
실험	수술실, 수술준비실, X-ray 실, ICU room, 임상병리실
기계전기	공조실

3) 동선분석

사람의 출입은 승강기홀에서 에어샤워를 거쳐 중앙복도로 들어온 다음 이곳에서 각 공간으로 연결된다. 입퇴실 동선이 같고, 청결복도와 비청결복도가 구분되지 않아 간단한 동선체계를 갖는다. 좁은 면적에 다수의 실을 배치하기 위한 방법으로 공간효율성은 올라가나 적절한 동선의 제어가 용이하지 않은 구조이다. 이 시설은 일반동물시설이나 사육실과 수술실은 전외기 방식의 청정구역으로 유지되기 때문에 오염을 방지하기 위하여 모든 출입자는 에어샤워를 하도록 되어 있다.

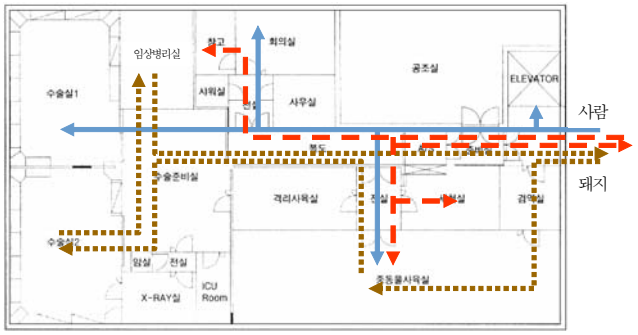

그림 8. 중대형동물실 동선흐름도

6) 공조실은 시설계획시 기존의 시설에 추가한 기능으로 본 시설의 환기, 온습도 등에 대한 사항을 조절한다. 시설방문시 사육실 이외의 장소에서는 동물의 냄새가 나지 않았다.

동물은 우선 검역실에서 수일간 지켜본 후 이상이 없으면 중동물사육실이나 격리사육실(소동물실)로 이동된다. 그리고 임상수술이 필요한 경우 수술준비실을 거쳐 수술을 받는다. 시술을 마친 동물은 다시 사육실로 보내지지만 사체가 발생한 경우, 이를 임상병리실의 냉장고에서 보관하다가 중앙복도를 거쳐 외부로 반출한다.

물품 및 사료는 중앙복도를 통해 내부로 들어온 후 사무실 구역의 창고, 혹은 세척실에서 보관한다. 사육실내 재활용 가능한 물품은 현장에서 세척하거나, 혹은 세척실로 옮겨 세척한 후 보관하다가 필요시 재사용한다.

4) 시설의 공간특성

이 시설도 특수생명자원센터와 마찬가지로 건립초기부터 동물사육실로 계획된 것이 아니라 다른 용도의 시설을 개조한 것이어서 협소한 면적과 제한된 형태로 인해 내부공간계획시 한계가 있었다. 또한 시설을 운영하면서 운영방식이 변경되어 당초 계획의도와는 다르게 공간이 사용되고 있었다. 수술부와 동물사육실은 당초 목적에 맞추어 비교적 충실히 활용되고 있으나 격리사육실, 임상병리실, ICU실, X-ray실, 세척실 등은 다소 용도가 변경되었다. 보다 면밀한 운영계획의 작성과 이의 반영이 필요함을 보여준다. 아울러 시설의 많은 부분이 창고로 전용되고 있는 것은 향후 동물사육시설 계획시 충분한 창고면적을 확보해야 함을 나타낸다.

4. 무균돈사의 기능공간구성

사례시설의 공간구성 분석과 본 시설의 기능을 고려할 때 본 연구에서는 무균돼지사육시설의 기능공간구성을 표 6과 같이 5개 구역과 이에 속한 단위공간으로 계획할 수 있다.

돈사구역에는 우선적으로 앞서 언급한 3가지 돈사 외에 내부의 청결환경을 유지하고 출입을 통제할 수 있는 전실, 각종 물품 및 사료 등을 보관할 창고, 그리고 출입시 거쳐야하는 샤워 및 탈의공간 등이 포함된다. 이외에도 돈사 구역에는 생산된 무균돼지를 외부로 반출하는 청결로딩독이 포함될 수 있다.

수술구역에는 우선적으로 수술준비실과, 수술실, 그리고 수술후 사체를 보관하기 위한 냉장고, 각종 샘플을 간단히 실험할 수 있는 실험실, 수술후 자돈을 보호하기 위한 보육실(Incubator), 부검을 시행하는 부검실, 탈의 및 샤워실, 각종 창고 등이 요구된다. 이밖에 수술구역에는 외부의 돼지를 받을 수 있는 로딩독(비청결)이 필요하다.

서비스구역에는 우선적으로 물품을 받고 내보낼 수 있는 물품용 로딩독이 필요하다. 물론 돼지와 관련된 여러 개의 로딩독이 설치되는 경우, 대지 여건 및 내부공간계획, 운영방침에 따라 일부 로딩독은 통합하여 계획할 수 있을 것이다. 돼지 사료와 관련해서는 내외부 사료창고가 각각 필요하다. 시설내 사육기기와 관련된 공간으로는 기기창고 및 공작실, 기기세척실 등이 있다. 서비스 구역의 물품을 소독하고 이를 돈사구역으로 보내기 위해서는 소독실과 내외부준비실, 전실(패스룸) 등이 필요하다. 또한 작업자의 의류 및 장화 등을 수거하고 세탁, 보관하는 공간으로 수거실, 세탁실, 창고 등이 있다. 그리고 작업자들이 샤워할 수 있는 탈의 및 샤워실을 돈사구역과 별도로 설치하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 사료구역과 기기 및 물품, 세탁 및 소독구역을 모두 서비스 구역에 포함시켰다. 일부 사례에서는 사료구역을 별도로 분석하기도 하였으나, 사료구역과 나머지 구역 모두 외부에서 물품을 들여온다는 점, 돈사로 반입하기 위해 동일한 소독공간을 사용할 수 있다는 점, 돼지를 사육하는 지원기능을 함께 담당한다는 점 등을 감안하여 본 연구에서는 동일한 구역으로 분류하였다.

관리 및 행정관련공간으로는 사무실이 있으며, 직원들이 휴식할 수 있는 휴식실(다과실 포함), 회의실, 연구실, 사육인 근무실, 창고 등이 있다.

무균돼지 사육시설은 고도의 청정환경을 지속적으로 유지해야하는 시설로 많은 에너지를 소모한다. 따라서 고도의 설비시스템과 이를 수용하는 건축공간이 합리적으로 계획되어야 한다. 이러한 설비시스템을 구축하는 방식은 본 연구의 범위에 포함되지 않으므로, 본 연구에서는 기계설비에 관련된 공간만 일괄적으로 제시하는 것으로 한정한다(표 6).

표 6. 무균돼지 사육시설의 기능공간구성

구 분	단위공간
돈사 부분	SPF 돈사, 대기돈사, 무균돈사, 전실, 창고, 내부사료창고, 탈의 및 샤워실, 청결로딩독
관리 및 사무 부분	사무실, 휴식실, 회의실, 연구실, 사육인 근무실, 창고
서비스부분	물품로딩독, 외부사료창고, 기자재창고, 공작실, 기기세척실, 내부준비실, 외부준비실, 패스룸, 소독실, 세탁실, 린넨창고, 일반창고, 탈의 및 샤워실
수술 및 실험 부분	수술준비실, 수술실, 보육실, 부검실, 실험실, 사체보관실, 로딩독, 탈의 및 샤워실, 창고
기계전기 부분	기계실, 전기실, 발전기실, 중앙관리실

5. 동선계획의 기본원칙

사례분석에서 나타났듯이 무균돼지사육시설의 동선계획에 있어 가장 중요한 조건은 돈사의 청결환경을 유지하기 위해 시설의 운영시 교차감염의 기회를 최소화하는 것이다. 이를 위해서는 우선적으로 돈사출입시 샤워를 하고, 청결동선과 오염동선의 교차가 일어나지 않도록 해야 한다. 또산 시설내 다양한 종류의 동선이 발생하므로 작업의 효율성을 고려하여 각각의 동선을 명료하고 간단하게 계획하여야 한다. 사람, 동물, 물품 등 주체별 동선의 기본적인 흐름을 정리하면 다음과 같다.

5.1 사람의 돈사 출입동선

기본적으로 사람의 동선은 작업자별로 다양한 동선이 있으며, 돼지 및 물품의 경우에도 사람들이 동반되므로 시설내 거의 모든 동선은 사람의 동선을 수반한다고 볼 수 있다. 따라서 이들을 모두 분석하는 것은 연구의 범위가 방대해지고 시설의 세부운영방침을 포함한 보다 전문적인 내용을 포괄적으로 다루어야 하기 때문에 본 연구에서는 동선계획에 있어 가장 필수적인 사람의 돈사출입동선에 한정하여 논의하고자 한다.

사례분석의 예를 참고했을 때 사람의 돈사출입을 위한 주요동선은, 현관 → 탈의실 → 샤워실 → 착의실 → 청결복도 → 전실 → 돈사 → 전실 → 청결복도 → → 현관의 순서를 기본으로 할 수 있다[7]. 이러한 동선체계는 무균돈사, SPF돈사, 대기돈사 모두 공통적으로 적용된다. 이것은 Struve Labs 및 특수생명자원센터의 동선체계를 근거로 작성한 것이다. LIDIF에서 처럼 오염복도를 두지 않은 것은 무균돼지 사육시설이 기본적으로 청결하다는 가정에 기초한 것이기 때문이다. 물론 무균돼지사육시설에도 돈사 출구에 연결된 비청결복도(오염복도)를 설치할 수 있다. 그러나 이 경우 비청결복도는 돈사내 작업자는 물론 돈사외 작업자가 돈사에서 발생하는 각종 기자재 및 폐기물을 수거하기 위해 사용할 수 있을 것이다. 그리고 누가 비청결복도를 사용하는지는 시설의 운영방침(SOP)에서 정할 수 있다.

5.2 돼지동선

일반돼지로부터 SPF 급 돼지를 만들고, 다시 SPF 급 돼지에서 무균돼지를 만든다. 그리고 최종적으로 만들어진 무균돼지는 연구 등의 목적으로 이 돼지를 필요로 하는 곳에 공급된다. 이러한 내용을 반영하는 기본적인 돼지동선은 다음과 같다.

로딩독(일반 임신돼지 반입) → 수술준비실 → 수술실(자궁적출) → 보육실(SPF 급 자돈) → 패스룸[8] → 청결복도 → 전실 → SPF 돈사(육성돈, 또는 모돈[9]) → 전실 → 청결복도 → 패스룸 → 수술준비실 → 수술실(SPF 모돈 인공수정) → 패스룸 → 대기돈사(SPF 임신돈) → 패스룸 → 수술준비실 → 수술실(SPF 임신돈 자궁적출) → 보육실(무균자돈) → 패스룸 → 청결복도 → 전실 → 무균돈사(육성돈) → 패스룸 → 비청결복도 → 전실 → 로딩독(무균돼지 반출)

위의 동선체계에서 자궁적출을 시도하는 경우 모돈이 사망하므로 모돈의 사체는 수술술에 인접한 냉장고에 보관하였다가 외부로 반출하게 된다. 그리고 위의 동선내용은 무균돈사의 시설운영방침(SOP, Standard Operational Policy)에 따라 다소 조정될 수 있다. 예를 들면 대기돈사를 운영하지 않고 SPF 급 임신돈을 SPF 돈사에서 바로 수술실로 옮겨 자궁적출을 시도하는 경우에는 시설내 대기돈사를 운영하지 않을 수 있을 것이다.

5.3 물품동선

무균돈사에서 다루어지는 물품의 종류는 매우 다양하다. 본 연구에서는 무균돈사에서 가장 많이 사용되고 중요한 사료동선과, 재활용이 가능한 케이지 등의 기자재동선, 세탁물(의류)동선 등에 대하여 논의의 범위를 한정한다.

1) 사료동선

무균돼지의 사료는 기본적으로 외부에서 감마라디에이션 처리한 것을 반입하여 외부창고에 보관하다가 필요시 사육돼지에게 급이하는 것으로 한다. 일반적인 사료의 동선은 다음과 같다.

로딩독(사료반입) → 외부사료창고 → 외부준비실 → 소독기(통과형) → 내부준비실 → 패스룸 → 청결복도 → 내부사료창고 → 전실 → 돈사

7) 이들 공간사이에 로비, 일반복도 등의 공간이 경유될 수 있으나, 이 공간은 시설계획에 있어 선택적으로 추가할 수 있으므로 기본 동선 흐름도에는 이 공간들을 명기하지 않았다.

8) 패스룸(Pass Room)은 돼지(또는 물품)만 통과하고 작업자는 통과하지 않는 공간이다. 반대편의 작업자가 인계된 돼지를 인수한다. 패스룸 양편의 공간이 서로 분리되므로 교차감염을 줄일 수 있다. 반면 전실은 작업자가 해당 물품(또는 돼지)를 가지고 다른 공간으로 이동할 때 지나는 작은 공간이다. 전실 전후의 문이 동시에 열리지 않아 전실 양편의 공기교환이 최소한으로 억제된다.

9) 육성돈보다는 이유 6일차 모돈에 대한 수정란 이식의 성공가능성이 높다.

2) 물품동선(케이지 등 기자재)

케이지, 장화, 돈사내 작업기구 등 재활용 가능한 물품의 기준동선은 다음과 같이 할 수 있다.

로딩독 → 기자재창고 → 외부준비실 → 소독기(통과형) → 내부준비실 → 패스룸 → 청결복도→ 내부창고 → 전실 → 돈사 → 패스룸 → 비청결복도 → 전실 → 세척실 → 기자재창고

이 경우 내부기자재 창고는 돈사의 규모가 클 경우 돈사내부에 설치될 수 있다.

3) 의류동선

연구원 또는 작업인력이 돈사에 출입할 때 입는 재활용 가능한 의류의 동선을 의미한다. 무균돈사 출입시 별도로 착용하는 일회용 무균작업복은 이 동선흐름도에 포함되지 않는다. 다음과 같은 동선을 기본으로 한다.

로딩독 → 린넨창고 → 외부준비실 → 소독기(통과형) → 내부준비실 → 패스룸 → 전실 → 착의실 → 탈의실 → 세탁실 → 린넨창고

6. 결론

인간 장기에 대한 수요증가에 따라 세계적으로 무균돼지를 이용한 바이오장기의 생산 가능성과 관심이 높아지고 있다. 무균돼지사육시설은 바이오장기를 생산할 수 있는 무균돼지를 사육하는 시설로 아직 이에 관련된 본격적인 시설이 없으며, 또한 이 시설의 건축계획에 대한 기본개념이 정립되지 못하고 있다. 본 연구에서무균돼지를 포함한 돼지사육시설의 국내외 사례분석을 통하여 건축계획의 방향을 제시하고자 하였으며, 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 한국과 미국의 4개 돼지사육시설의 기능공간 및 동선에 대하여 심층분석하였다. 여기서는 돼지사육시설에 어떠한 기능공간이 포함되어 있는지, 그리고 각 기능공간들은 어떠한 그룹으로 구성되어 있는지를 파악하였다. 아울러 각 시설에 대한 동선분석을 통해 향후 무균돼지시설의 동선계획의 원칙을 수립할 수 있도록 하였다.

둘째, 무균돼지를 사육하기 위한 공간구성을 크게 돈사부분, 관리 및 사무부분, 서비스부분, 수술 및 실험부분, 그리고 기계전기설비부분 등 5개 부분으로 설정하였으며, 실제 사례분석에서 이러한 구분이 유효하다는 것을 알 수 있었다. 각 부분에 속한 단위공간은 표 6에 제시하였다.

셋째, 무균돼지시설의 동선시스템을 사람동선, 돼지동선, 그리고 물품동선 등 3가지 측면에서 제시하였다. 이때 사람동선은 돈사출입동선을 위주로 하였으며, 물품동선은 사료동선, 케이지 등 기자재 동선, 의류동선 등을 포함하였다.

본 연구는 기존의 돼지사육시설에 대한 사례분석을 통해 무균돼지사육시설에 필요한 공간을 도출하였고, 아울러 시설의 동선계획에 대한 원칙을 제시하였다. 그러나 각 공간의 면적을 정량적으로 제시하지는 못했으며, 후속연구에서 이러한 내용이 검토되어야 할 것이다. 또한 단위공간의 종류 및 동선계획은 시설의 운영방침에 따라 변화의 가능성이 높기 때문에 본 연구에서는 공간과 동선계획에 대한 일반론적인 내용을 전개하였으며, 보다 정확한 연구를 위해서는 정확한 시설운영방침이 먼저 설정되어야 할 것이다. 향후에는 이를 바탕으로 각 동선의 흐름에 대한 내용을 시각적으로 표현하여 보다 연구의 내용을 명확히 하면서 실제 적용가능성을 높이는 것이 필요하다. 본 연구의 결과는 무균돈사 계획시 소요공간의 도출과 이들의 합리적인 배치에 대한 가이드라인으로서 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 경기개발연구원, 바이오 장기생산연구시설 건립 기본계획 및 타당성 조사, 경기도, 2004.12
2. 이신호, 김미희, 권순정, 여명석, 바이오장기 생산연구시설건립 입찰안내서, 한국보건산업진흥원, 2005.3
3. 한상섭, 이민재 외, 한국 실험동물시설 편람, 도서출판 바로, 2001
4. AAALAC INTERNATIONAL, ASSOCIATION FOR ASSESSMENT AND ACCREDITATION OF LABORATORY ANIMAL CARE, 2005
5. Naver 백과사전, http://100.naver.com/100.php?id=796428, 2006.1
6. Theodorus Ruys (Editor), Handbook of Facilities Planning, Vol. 2, Laboratory Animal Facilities, Van Nostrand Reinhold, N.Y., 1991