

FUZZY-AHP를 활용한 기초과학연구원 실험동물시설 설계 구성요소의 상대적 우선순위 분석

김대인* · 엄익천** · 조주연***

I. 서론

주요 선진국에서는 1950년대부터 실험동물시설이 설계·구축되기 시작하였는데, 특히 SPF(Specific Pathogen Free, 특정 병원성 미생물 부재) 동물의 개발로 획기적으로 발전하였다. 그 후 1980년대에는 다양한 질환모델 동물 개발과 함께 최근에는 많은 유전자재조합동물의 개발 등으로 이어지고 있다(현병화, 2008: 9). 이와 달리 국내에서는 1985년 한국실험동물학회의 발족과 함께 본격적으로 실험동물시설이 설계·구축되기 시작하였다. 2010년 기준 국내에 약 850여개의 실험동물시설이 운영되는 걸로 추정(이상훈, 2010: 85)되며 2013년 기준 실험동물에 관한 법률에 의거 382개소의 실험동물시설이 등록되어 관리되고 있다.

실험동물시설은 신약개발을 비롯해서 생명과학 분야의 발전을 위한 기본 인프라로 그 중요성이 더욱 중요해지고 있다. 이러한 실험동물시설 설계·구축과 운영관리는 건축 지식 이외에도 실험동물의 특성 등을 정확히 이해하는 고도의 전문성과 노하우가 요구되는 분야이다. 실험동물시설에는 동물실험(animal experiment)을 목적으로 실험동물의 사육·관리와 함께 일정한 온도와 습도 유지를 위한 항상성 관리, 오염관리, 전문적인 수의사 인력 운영 등의 제반 의사결정요소들을 종합적으로 고려해야 하기 때문이다. 다시 말해 실험동물시설을 설계·구축하려면 소요되는 실험동물의 종류와 개체 수를 비롯해서 연구시설·장비와 전문적인 관리 인력 등을 고민해야 한다. 이는 전형적인 다기준 의사결정 분야에 해당한다. 하지만 기존 선행연구를 살펴보면 그동안 실험동물시설의 구축 사례를 소개(이창근, 2014; 이병한, 2014)하거나 국내 실험동물시설의 실태조사(권명상, 2004), 설계지침 마련(현병화, 2008) 혹은 개선방안 마련(이상훈, 2010) 등에 주력함에 따라 실험동물시설의 설계·구축에 대한 의사결정요소들의 상대적 중요도를 정량적으로 제시하지 못한 한계점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이 한계점을 극복하고자 FUZZY-AHP 방법론을 활용해서 기초과학연구원의 실험동물시설 설계·구축 시 고려해야 할 의사결정요소들 간의 상대적 중요도를 분석하였다. 이를 위해 먼저 실험동물시설의 개념정의와 중요성, 설계원칙, 실험동물의 유형과 실험원칙 등의 전반적 개요를 기술하였다. 그런 후 FUZZY-AHP 방법론의 주요 내용과 절차를 설명하였다. 본 논문에서 FUZZY-AHP 방법론을 활용하려는 주요 이유는 고도의 전문성과 복잡성이 요구되는 실험동물시설 설계·구축 분야의 경우 일반적인 AHP 방법론을 통해 도출된 상대적 중요도, 곧 가중치의 신뢰도가 응답자에 따라 달라질 수 있기 때문이다.(Hsu and Chen, 1996). 아울러 FUZZY-AHP 방법론에 따라 기초과학연구원의 실험동물시설 설계·구축에 대한 계층분석구조를 도출하고 분석결과를 논의하였다. 마지막으로 본 논문의 분석결과를 종합하고 이 분석결과와 한계점과 향후 연구주제를 제시하였다.

* 김대인, 기초과학연구원 선임연구원, 042-878-8109, bigmankim@ibs.re.kr
** 엄익천, 한국과학기술기획평가원 부연구위원, 02-589-2961, flysky@kistep.re.kr
*** 조주연, 충북도립대학교 교수, chojy2011@gmail.com

II. 이론적 논의와 분석방법

1. 실험동물시설의 개요

1) 실험동물시설의 개념정의와 중요성

의학이나 수의학, 생물학 등에서 실험동물에 대한 처치와 반영의 연구결과를 사람 또는 다른 동물과 비교한 연구들을 종합하여 동물실험(animal experiment)이라고 말한다(한진수, 2004: 1).¹⁾ 실험동물시설은 이러한 동물실험을 목적으로 실험동물의 수용을 비롯해서 동물실험에 필요한 제반 설비, 동물을 사육관리하는 기술자, 실험동물에 관련되는 환경인자(온도, 습도, 빛, 사료, 음료수 등), 해당 환경을 유지하는 데 필요한 유기적 종합적 기능이 포함된 시설을 말한다. 실험동물시설에는 수행주체에 따라 실험동물의 생산 주체(기업생신시설)와 실험동물연구의 주체(연구소), 동물실험의 주체(의과대학 계통), 안전성 시험 주체, 의약품의 개발 주체로 구분된다. 또한 용도에 따라 [그림-1]처럼 전 관리구역과 관리구역, 후 관리구역으로 구성된다. 즉 전 관리구역은 반입되는 동물, 사료, 사유기재 또는 실험자 및 사육관리 담당자 등이 있어야 하며 사육과 실험을 위한 준비구역이다. 관리구역은 실험에 동물의 사육과 동물실험이 행해지는 곳으로 무엇보다 청정도가 요구되는 구역이다. 후 관리구역은 실험이 종료된 후 사람의 퇴실, 동물의 사체, 분뇨, 오염물과 이것에 의해 오염된 기재 등의 회수, 멸균, 세정, 소각, 반출이 이루어지는 곳으로 오염구역으로 분류된다(이창근, 2014: 51-52).



[그림-1] 용도에 따른 실험동물시설의 구역 분류

자료: 이창근(2014: 51)의 [그림 1] 인용

실험동물시설은 마우스, 랫드, 영장류 등의 실험동물을 사육 관리하고 해당 동물의 실험결과의 재현성이 매우 중요하므로 고가의 운영경비가 소요된다. <표-1>에서 보듯 1g당 비용을 비교해보면 실험동물은 잠수함이나 고급 승용차보다 비싸다는 점을 알 수 있다. 따라서 실험동물시설을 운영하려면 전문적인 교육과 경험을 지닌 실험동물전문인력(수의사, 실험동물기술사, 실험동물시설전문 설계기사 등) 확보가 필수적이다.

1) 고대 그리스의 의사 알크마이온(Alcmaeon of Croton)이 개(dog)를 해부하여 시신경(optic nerve)을 발견한 기원전 5세기를 기록상 최초의 동물실험으로 본다(<http://www.mfds.go.kr/labanimal> 참조).

<표 1> 제품 1g당의 비용 비교

제품명	중량	가격	비용/g
마우스	20g	800원	40원
무균마우스	20g	6,000원	300원
랫드	100g	10,000원	100원
토끼	1kg	20,000원	20원
개(Beagle)	15kg	600,000원	40원
슈퍼컴퓨터	2.7톤	50억원	1,851원
잠수함	2,250톤	1,000억원	44원
고급승용차	2톤	3,000만원	15원

자료: 한진수(2007: 7)의 <표 1-2> 인용

이러한 실험동물시설이 중요한 이유는 양질의 실험동물과 이를 과학적으로 관리할 수 있는 시설의 확보가 생명과학 분야의 발전을 위한 기본적인 전제조건이기 때문이다(이민재, 2000). 특히 실험동물은 생명과학 분야에 두루 사용되는 필수 불가결한 연구수단이며 살아있는 시약이다. 또한 실험동물은 신약개발의 근간을 이루는 기초 인프라로 기초 연구개발 단계에서 다양한 실험정보를 제공하며 비임상시험 단계에서 물질의 안전성과 유효성 검증에 필수적이다. 따라서 실험동물의 적절한 사육관리와 환경조건의 유지를 위해 효율적인 실험동물시설 설계구축의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

2) 실험동물시설의 설계원칙²⁾

실험동물시설에는 ①합목적성과 ②청정성, ③경제성, ④환경보전 가능성의 4가지 원칙을 충족해야 한다(이민재, 2000; 현병환, 2008).³⁾ 첫째, 합목적성은 동물의 사육목적에 부합해야 함을 의미한다. 실험동물의 종류에 따라 실(室)의 크기, 바닥과 벽과 천장의 구조, 공조 조건 혹은 반입될 사육기구, 실험기기 등이 달라지며 동물실험의 목적은 가변적이므로 증축, 사양변경 등의 유연성이 요구되기 때문이다. 둘째, 청정성은 동물의 입장과 작업자의 입장에서 바라본 노동위생성을 포괄하는 개념이다. 즉 실험동물시설 안에 있는 동물과 작업자들에게 쾌적하고 위생적인 조건이 유지되어야 함을 의미한다. 여기서 위생적 조건은 실험동물에 대한 윤리적 관점에서만 만족할 수 있을 뿐만 아니라 종합적인 감염성 질병에 대한 발생방지책이 갖추어져 있어야 함을 말한다. 환경조건은 사람에게 쾌적해야 함과 동시에 사람의 시각과 후각 등 감각적인 면에서도 쾌적할 것이 요구된다. 많은 실험동물 관계자가 코, 목, 눈, 피부에 대한 단일 혹은 복합적인 알레르기 증상을 호소하고 있다. 특히 기도 알레르기가 많은데, 이는 동물실의 공중분진과 관련된 부분이 크므로 시설의 공조 설계에는 충분히 주의를 기울여야 한다. 셋째, 실험동물시설은 에너지 절약적이면서 경제성을 확보할 수 있는 시설이 되어야 한다. 실험동물시설에서는 연중 24시간 공조기 가동, 사육 기구류의 소독 멸균 등을 위해 막대한 에너지가 사용되는데, 일정한 온도와 습도를 유지하는 항상성이 매우 중요하다. 따라서 시설의 설계단계부터 각종 에너지 절약방법을 검토해야 한다.⁴⁾ 마지막으로 시설 주변에 대한 환경보전 계획이 있어야 한다. 실험동물시설에서 발생하는 악취나, 매연, 소음 등의 방지와 오수처리, 깔집이나 사체 처리 등을 포함한 공해방지 대책이 수립되어야 한다.

2) 이민재(2000)와 현병환(2008; 2014)를 참조하여 요약·정리하였다.

3) 그밖에도 동물보호법과 실험동물에 관한 법 등에 의거 법적 적합성을 언급하기도 한다.

4) 항상성이 깨짐에 따라 온도의 급상승과 급강하는 실험동물의 사망사고를 초래한다. 실제로 2005년 4월 20일 한국생명공학연구원 국가영장류센터의 원숭이 99마리(필리핀 23, 마모셋 76마리)가 온도상승에 의해 사망하였다(조선일보, 2005년 12월 31일 기사 참조). 이는 실험동물을 사용하지 못할 뿐만 아니라 실험결과를 망치게 되는 중대하 사고로 이어지게 된다.

3) 실험동물의 유형과 실험원칙

동물은 크게 원생동물이나 강장동물과 같은 무척추 동물과 어류나 포유류와 같은 척추동물로 구분된다. 하지만 실험동물에 관한 법률에서는 동물실험을 목적으로 사용 또는 사육되는 척추동물로 범위를 한정한다. 이를테면, 어류나 양서류, 파충류, 조류, 포유류 등이 해당된다. 한편 미생물의 통제 정도에 따라 무균동물과 SPF동물(Specific Pathogen Free animal), 일반동물로 구분한다. 무균동물은 검출할 수 있는 모든 미생물 기생충이 없는 동물을 말하며 사육과 수술은 통상 격리용기에서 이루어진다. SPF동물은 특별히 지정된 미생물 기생충이 없는 동물을 말한다. 이 동물은 무균동물과 달리 병원체가 전혀 없지 않으므로 제외된 병원체명의 명기가 중요하다. 일반동물은 미생물이 통제되어 있지 않은 동물을 말한다. 국내에서 주로 활용되는 대표적인 실험동물에는 생쥐로 부르는 마우스(mouse)와 큰 쥐로 부르는 랫드(rat), 토끼, 돼지, 원숭이 등이다. 이러한 실험동물을 실험동물시설에서 실험할 때 3R 원칙, 곧 대체(Replacement)와 감소(Reduction), 개선(Refinement)이 강조된다(Russell et, al, 1992). 대체는 세포 또는 조직배양, 수학적 모델로 동물실험을 대체함을 의미한다. 감소는 유용한 목적에 활용하고, 통계적으로 믿을 만한 자료를 산출할 수 있도록 최소한의 동물 수를 사용해야 한다는 원칙이다. 개선은 절차를 정교화하고 마취제 등을 사용함으로써 동물의 고통, 스트레스 등을 최소화해야 함을 말한다. 이 3R 원칙은 지난 40여 년간 동물 관련 과학의 수행 시에 심도 있게 고려될 수 있는 윤리원칙으로 폭넓게 받아들여져 오고 있다.

2. 실험동물시설의 구축동향과 운영실태

1) 실험동물시설 설계·구축의 최근 경향

주요 선진국의 실험동물시설 설계·구축 동향을 살펴보면 크게 ①ASU(Animal Suite Unit) 적용과 ②IVC(Individually Ventilated Cate) 시스템 적용, ③첨단영상장치 비 도입, ④친환경 저에너지 시스템의 네 가지 특징을 발견할 수 있다(현병화, 2008). 먼저 ASU 시스템은 유전자도입동물을 중심으로 다양한 동물실험이 이루어지는 시설에서 유전자도입시설과 청정동물 사육실이 병행하는 새로운 개념의 동물시설 배치방식을 말한다. 대표적으로 미국 하버드 대학, 존스 홉킨스 대학 등이 있으며, 일본 RIKEN의 RIKEN RRC 실험동물시설도 이에 해당한다. ASU 시스템은 사육실과 실험실이 통합된 연구실 단위로 통상 사육실 3실과 실험실(처리실) 1실로 구성되며 사육실과 실험실은 중앙복도와 연결되기 때문에 연구자는 해당 슈트(Suite) 내에서 자유로이 활동할 수 있는 특징이 있다. 둘째, 실험동물시설의 설계·구축 시 기존 사육동물에서 유전자도입동물 중심으로 발전함에 따라 [그림 2]처럼 IVC 시스템이 적용되고 있다. IVC 시스템은 각 실험동물을 격리된 개별적인 우리(cage)에 사육관리를 방식이다. IVC 시스템은 감염을 방지할 수 있으며 사육실 내의 공기오염이나 악취를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 사람의 동물 알레르기 증상을 줄일 수 있는 등 사육실의 청정한 사육 환경유지에 효과적이다. 셋째, 에너지 효율화와 자동화 시스템이 적극 도입되고 있다. 실험동물시설은 24시간 동안 일정한 온도와 습도 등을 유지하는 항상성이 중요함에 따라 많은 에너지를 소비하기 때문이다. 마지막으로 첨단영상장치가 적극 활용되는 추세이다. 다양한 첨단영상장치가 개발되면서 동물을 희생하지 않고서도 조영제 활용 등을 통한 지속적인 관찰이 가능해지고 있다. 이에 따라 최첨단 영상장치와 촬영된 영상 자료의 평가와 분석을 위한 네트워크 시스템 등이 구축되고 있다. 특히 로봇화에 의한 케이지자동세척시스템은 초기 투자비가 높으나, 대폭적인 세정능력 향상과 인건비 절감에 큰 효과가 있다.



[그림-2] IVC(Individually Ventilated Cate) 시스템의 구축사례

자료: 현병화(2014: 23)

2) 국내 실험동물시설의 운영현황과 구축사례

(1) 국내 실험동물시설의 운영현황

식품의약품안전청(2009)의 조사에 따르면 국내 실험동물의 수요는 생명과학, 의학, 수의학 등 관련 학문 분야의 발전에 따라 꾸준히 증가하는 추세이다. <표-2>처럼 한해 대략 600여만 마리의 실험동물이 사용되고 있다고 추정되는데, 이는 우리나라 국민의 1/10분을 초과하는 숫자이다. 하지만 미국 국립보건원(National Institutes Health; NIH)의 실험동물의 관리와 사용에 관한 지침(Guide for the Care and Use of Laboratory Animals)에 따라 실험동물시설 현황과 실험동물시설의 운영위원회 설치, 동물실험 표준작업 수준 여부 등에 대해 전국 8개 대학을 선별해서 조사한 결과, 2개 대학을 제외하면 미국 국립보건원 지침에 맞는 국제 수준의 실험동물시설이 전무한 상태로 파악되었다(권명상, 2004).

<표-2> 국내 실험동물 사용량

구분	1987년	1992년	1999년	2005년	2007년	2008년
사용량	12만	48만	85만	300만	500만	600만

자료: 식품의약품안전청. (2009). 실험동물 공급업체의 수입/생산판매량 조사

이 조사결과는 일부 대학에 국한되었기 때문에 일반화하기에는 다소 무리가 있다. 하지만 약 10여개 대형 SPF 시설(식약청, 한국생명공학연구원 국가영장류센터 영장류시설, 서울대, 연세대, 건국대, 삼성병원, 카톨릭대 등)만이 1,000㎡이상에 불과하며, 나머지 대다수의 시설은 330㎡에 불과한 소규모시설들이다. 특히 일부 사립대학의 경우 100㎡이하의 CV(conventional) 동물시설을 운영중이며, 시설관리 전담인력 수가 3명 이하인 시설이 대부분이다. 이들 대부분의 소규모시설들은 ①여러 분야의 연구자들에 의해 다양한 종류의 동물을 동일 시설 내에서 SPF와 CV의 구분이 부족한 상태로 사용함에 따른 미생물학적 오염증가, ②사용자와 동물 동선의 비효율성, ③사육기재와 사체 등의 저장 공간 부족, ④급속한 시설노후화 등의 많은 문제점들을 지적되고 있다(현병화, 2008: 12). 이에 정부에서는 실험동물시설의 체계적인 관리와 운영 등을 위해 실험동물에 관한 법률을 2009년에 제정하여 시행 중이며 동법 제10조에 따라 우수실험동물시설을 지정하여 운영 중이다. 2010년 기준 국내에는 약 850여개의 실험동물시설이 운영되는 걸로 추정된다(이상훈, 2010: 85). 특히 실험동물에 관한 법률에 의거 등록된 기관 수는 <표-3>에서 보듯 2013년 기준 382개소이며 76개소가 식품의약품안전처로부터 점검을 받은 걸로 나타난다.5)

<표-3> 국내 실험동물시설의 등록현황

구분		2011년	2012년	2013년
실험동물시설	등록(누적)	370개소	390개소	382개소
	점검	-	33개소	76개소
실험동물 공급자	등록(누적)	40개소	47개소	46개소
	점검	20개소	10개소	6개소

자료: 박경수(2014: 4) 참조.

(2) 국내 주요 실험동물시설의 구축현황

국내의 대표적인 실험동물시설은 KAIST 의과대학연구센터 실험동물시설(2000년), 한국생명공학연구원 국가영장류센터(2005년), 첨단의료복합단지 실험동물센터(2013년) 등을 들 수 있다. 국가영장류센터는 국내 최초로 영장류 전용의 실험동물시설로 접근성을 최우선을 고려해서 센터 부지의 중앙에 위치하도록 설계되었다. 구체적으로 33,000㎡의 부지에 동물 관련 시설 3개동(영장류 사육동 1/ 2와 검역동)과 연구동 1동으로 4,752㎡의 면적으로 건축되었으며 30명(22명의 실험인력 포함)의 인력규모로 SPF 영장류 340마리가 사육관리되고 있다. 또한 가장 최근에 건설된 첨단의료복합단지 실험동물센터는 총 사육면적은 1,694㎡로 <표-4>처럼 35,252마리(설치류 33,355, 중동물 1,500마리, 대동물 84마리, 영장류 310마리)를 수용한다. 특히 동 센터는 신약개발 지원 인프라의 역할에 초점을 맞춰 앞서 언급했듯 MRI, PET/SPECT-CT 등의 최첨단영상장치와 수술 장비 시설을 구축한 점이 특징이다.

<표-4> 첨단의료복합단지 실험동물센터의 동물종류와 사육규모

구분	설치류		중동물		대동물		영장류	
	마우스	랫드	토끼	기니픽	개	돼지	마모셋	마카카
두수(수)	29,050	4305	207	1296	57	27	188	122
층수(㎡)	2층(410)		1층(864)				1층(375)	

자료: 현병화(2014: 70)

3. 분석방법: FUZZY-AHP 활용

1) FUZZY-AHP 방법론 개요

계층화분석(Alytic Hierarchy Process: AHP)은 1977년 토마스 사티(Thomas Saaty)에 의해 개발된 다기준 의사결정 기법으로 복잡한 정치경제사회적인 문제들을 평가기준과 대안으로 계층화해서 쌍대비교를 통해 상대적 우선순위와 중요도를 제시한다. 다기준 의사결정 기법에는 다속성효용이론을 비롯해서 여러 가지 방법론이 존재한다. 그 중 계층화분석은 수학적 계산과 적용절차가 비교적 간단해서 연구개발 분야의 자원배분이나 투자우선순위 설정, 중장기 전략수립 등의 의사결정이 필요한 분야에 실무적으로 널리 활용되고 있다. 특히 다양한 전문가의 정성적인 의견들을 종합해서 정량적인 수치로 제시할 수 있다는 측면에서 가장 큰 장점이 있다.

계층화분석을 수행하려면 기본적으로 네 가지 공리를 충족해야 한다(Vargas, 1990: 2-3). 즉, ①상호비교 가능성(reciprocal comparison)과 ②동질성(homogeneity), ③독립성(independence), ④기대성(expectation)이

5) 국내 실험동물시설의 최신 등록현황은 “<http://www.mfds.go.kr/labanimal>”에서 확인 가능하다.

다. 상호비교 가능성(reciprocal comparison)은 의사결정자의 두 대상에 대한 상호비교가 가능해야 하며 중요성의 정도를 나타낼 수 있어야 함을 의미한다. 특히 이 중요성의 정도는 반드시 역수조건이 성립되어야 한다. 즉 A가 B보다 3배 중요하다면 B는 A보다 1/3배 중요시되어야 한다. 동질성(homogeneity)은 상대적 중요도의 정도가 한정된 범위 내에 정해진 척도를 통해 표현되어야 함을 말한다. 따라서 비교대상 간에 비교가능한 일정한 범위를 갖는 기준들이 존재해야 한다. 독립성(independence)은 상대적인 중요도를 평가하는 같은 수준의 요인들이 특성과 내용 측면에서 상호관련성이 없는 상호 독립적이어야 함을 의미한다. 기대성(expectation)은 계층분석구조가 의사결정자들의 합리적 기대에 부합하는 완전한 구조를 갖고 있다고 가정함을 말한다. 다시 말해 계층분석구조는 의사결정에서 고려되는 모든 사항을 완전하게 포함하고 있어야 한다는 뜻이다. 통상 계층분석구조에서 계층의 수가 많아 계층분석구조가 깊어지면 계산상의 복잡성이 유발되므로 통상 3~7개의 수준으로 계층을 형성한다.

그러나 상호비교 가능성(reciprocal comparison)과 동질성(homogeneity)은 현실적으로 충족되기 어렵다. 본 논문의 실험동물시설 설계구축처럼 고도의 전문성과 복잡성을 요구하는 과학기술 분야에서는 전문가의 전문성과 이해력 수준에 따라 AHP 분석결과의 신뢰도가 달라질 수 있기 때문이다(Hsu and Chen, 1996). 특히 응답자의 선입견에 따른 동기적 오류가 쌍대비교 과정에 반영될 경우 AHP에서 일관성비율(Consistency Ratio: CR)은 인지적 오류를 해결할 수 있지만, 동기적 오류(motivation bias)를 해결할 수 없으므로 AHP 분석결과에 오류가 발생할 수 있다(윤제곤, 1996: 120-124). 또한 AHP에서는 동질성의 공리에 의거 9점 척도를 사용해서 쌍대비교를 수행하는데, 인간의 언어는 정확한 표현보다는 모호한 표현을 많이 쓴다(Tsaur et al., 2002: 109). 따라서 언어적 변수들을 명백한 수치보다 연속적인 범위의 구간으로 표현하는 퍼지집합이론을 활용하면 언어적 변수들에서 발생하는 불확실성이나 부정확성의 문제를 체계적으로 해결할 수 있다(Moon and Kang, 1998; Moon and Lee, 2005). 본 논문에서는 상호비교 가능성의 공리를 보완하고자 전문가의 대안 간 쌍대비교 시 그 응답결과의 신뢰도를 평가하기 위해 [그림-3]처럼 설문조사 방법을 활용하고자 한다(Moon and Kang, 1999). 물론 베이지안(bayesian) 기법(Bonano and Apostolakis, 1991; 김성철·어하준, 1994)도 사용되지만, 설문조사 방법이 한결 간편하며 용이하기 때문이다.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 응답의 상대적 중요도(Weight)
= {동일하게 중요, 중간 정도, 약간 중요, 중간 정도, 중요, 중간 정도, 매우 중요, 중간 정도, 절대 중요} ○ 응답의 신뢰도(Confidence)
= {매우 불확실하다. 불확실하다. 보통이다. 확실하다. 매우 확실하다} |
|--|

[그림-3] AHP 설문응답의 확신성 반영방법(예시)

한편 본 논문에서는 동질성의 공리를 보완하고 동기적 오류를 감안하고자 비퍼지화 기법 중 Liou and Wang(1992)을 활용한다. Liou and Wang(1992)은 적분을 활용해서 비퍼지화하는데, 삼각퍼지수를 가정할 때의 계산방법은 다음과 같다

$$\text{삼각퍼지수 } W(a, b, c) \text{의 비퍼지수} = \frac{1}{2}[\alpha \times c + b + (1 - \alpha) \times a] \text{ ----- (1)}$$

상기 식(1)에서 α는 낙관지수(optimum index)로 통상 0.5(중립적)로 가정한다. 이는 설문 응답자가 해당

설문문항에 대해 낙관적이지도 않고 비관적이지도 않은 중립적인 태도에서 의사결정이 이루어짐을 의미한다. 본 논문에서는 다양한 퍼지수 형태가 존재하나, 가장 널리 활용되는 삼각퍼지수를 활용하였다. 즉 <표-5>처럼 계층화분석의 평가기준에 따른 대안 간 쌍대비교의 상대적 중요도와 응답 신뢰도에 대한 삼각퍼지수는 Cheng and Mon(1994)과 Moon and Kang(1999)을 참조해서 설정하였다.

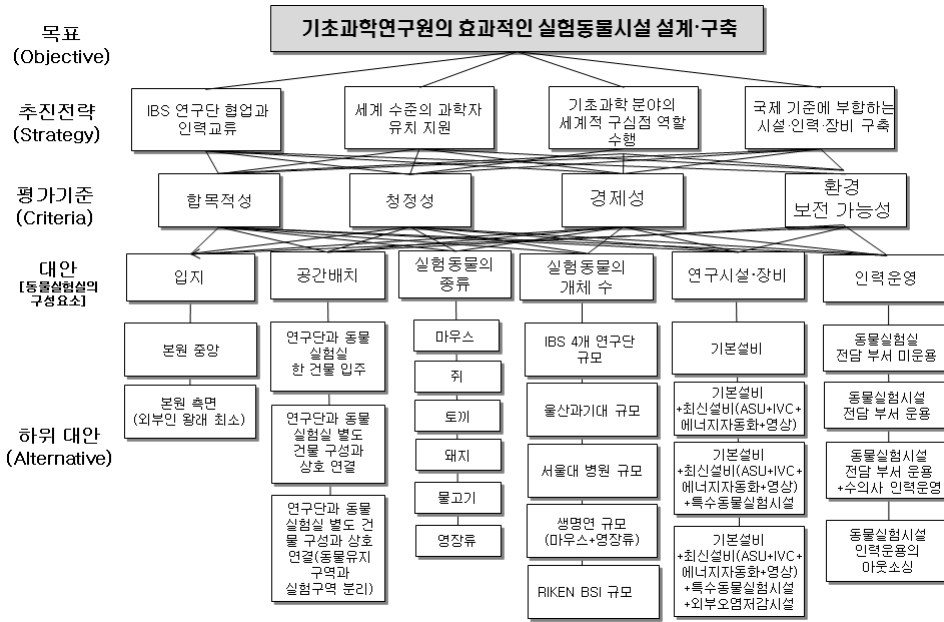
<표-5> AHP 설문문항의 상대적 중요도와 응답 신뢰도에 대응하는 삼각퍼지수

언어적 표현	삼각퍼지수	응답의 신뢰도	삼각퍼지수
동일하게 중요	(1, 1, 2)	매우 불확실하다	(0.00, 0.00, 0.25)
중간정도	(1, 2, 3)		
약간 중요	(2, 3, 4)	불확실하다	(0.00, 0.25, 0.50)
중간정도	(3, 4, 5)		
매우 중요	(4, 5, 6)	보통이다	(0.25, 0.50, 0.75)
중간정도	(5, 6, 7)		
확실히 중요	(6, 7, 8)	확실하다	(0.50, 0.75, 1.00)
중간정도	(7, 8, 9)		
절대중요	(8, 9, 9)	매우 확실하다	(0.75, 1.00, 1.00)

지금까지 논의한 FUZZY-AHP 방법론은 다음처럼 4단계로 구성된다. 먼저 AHP 설문으로 도출된 상대적 중요도와 각 중요도에 대한 응답의 신뢰도를 구한다. 둘째, 해당 상대적 중요도와 응답신뢰도를 <표-5>에 따라 삼각퍼지수(triangle fuzzy number)로 전환해서 퍼지 응답행렬을 구축한다. 셋째, AHP 설문응답의 삼각퍼지수들을 비퍼지수로 전환하고자 Liou and Wang(1992)의 방법을 활용한다. 마지막으로 이렇게 비퍼지수로 전환된 실수 값을 토대로 최종 FUZZY-AHP 가중치를 계산한다. 본 논문에서는 FUZZY-AHP 방법론을 활용해서 기초과학연구원의 실험동물시설 설계구축 시 고려해야 할 의사결정요소들 간의 상대적 중요도를 분석해서 제시하고자 한다.

2) FUZZY-AHP의 계층분석구조

계층화분석에 의한 다기준 의사결정에서 가장 핵심적인 부분은 계층분석구조와 평가기준의 설정이다. 하지만 이 두 가지를 명확히 설정하는 이론이 없다(Saaty, 1990; 조근태·조용곤·강현수, 2003). 따라서 통상 계층분석구조는 전문가들의 의견이 해소될 때까지 반복적인 과정을 거쳐서 만들어진다. 본 논문에서는 기초과학연구원의 실험동물시설을 설계구축에 대한 계층분석구조(안)을 먼저 작성하고 2회에 걸친 전문가 자문회의를 통해 [그림-4]과 같은 계층분석구조를 도출하였다.



[그림-4] 기초과학연구원의 실험동물시설 설계·구축 계층분석구조

[그림-4]를 자세히 살펴보면 ①기초과학연구원의 효과적인 실험동물시설 설계·구축의 목표와 ②이를 달성하기 위한 추진전략, ③각 대안별 상대적 중요도를 판단하기 위한 평가기준, ④기초과학연구원의 효과적인 실험동물시설 설계·구축을 위한 6가지 대안, ⑤ 6가지 대안별 총 24가지의 하위대안들로 구성된다.6) 먼저 목표는 ‘기초과학연구원의 효과적인 실험동물시설 설계·구축’이라고 설정하였다. ‘기초과학연구원(IBS)의 효과적인 실험동물시설 설계·구축’이 본 FUZZY-AHP 전문가 조사의 목적이기 때문이다. 이 목표를 달성하기 위한 ‘추진전략’에는 기초과학연구원의 단계별 발전목표와 핵심활동을 반영하여 ‘IBS 연구단 협업과 인력교류’, ‘세계수준 과학자 유치 지원’, ‘기초과학분야의 세계적 구심점 역할 수행’, ‘국제기준에 부합하는 시설·인력·장비 구축’의 4가지를 설정하였다. 또한 그 의미를 명확히 설정하고자 <표-6>처럼 조작적 개념정의를 제시하였다. 특히 각 추진전략별 상대적 중요도가 시간(단기·중기·장기)에 따라 달라질 수 있음을 고려해서 단기(2014년~2016년)와 중기(2017년~2019년), 장기(2020년~2023년)의 세 가지 시기별로 그 상대적 중요도도 고려하였다.

<표-6> 추진전략의 조작적 개념정의

구분	조작적 개념정의
IBS 연구단 협업과 인력교류	o IBS 연구단들 간의 성과를 극대화하고 향상시키기 위해 실험동물시설을 활용한 협업과 인력교류 지원
세계수준 과학자 유치 지원	o 기초과학연구원의 설립취지인 우리나라의 과학수준을 세계수준으로 향상시키기 위한 세계적인 과학자 유치 지원
기초과학 분야의 세계적 구심점 역할 수행	o 기초과학연구원의 추진전략인 기초과학 분야의 세계적 구심점 역할을 수행하기 위한 세계적 수준의 실험동물시설에 대한 운영·관리 추진
국제기준에 부합하는 시설·인력·장비 구축	o 기초과학연구원의 지속적인 발전을 위해서는 국제기준에 부합하는 시설, 인력, 장비 등의 구축과 유지·보수

6) 본 FUZZY-AHP 설문지에 대한 상세한 내용은 [부록-1]을 참조하기 바란다.

각 대안별 상대적 중요도를 판단하기 위한 ‘평가기준’에는 앞서 언급했듯 실험동물시설의 설계원칙인 합목적성과 청정성, 경제성, 환경보전 가능성의 네 가지를 반영해서 설정하였다. 대안은 실험동물시설의 설계구축을 위한 주요 구성요소로 기존 선행연구와 전문가 회의를 통해 여섯 가지 항목을 설정하였다. <표-7>는 이러한 평가기준과 대안의 조작적 개념정의를 보여준다.

<표-7> 평가기준과 목표달성을 위한 대안의 조작적 개념정의

	구분	조작적 개념정의
평가기준	합목적성	○ 실험동물시설 운영과 동물사육 목적에 부합
	청정성	○ 동물을 위한 쾌적하고 위생적인 조건
	경제성	○ 에너지 절약적 측면에 대한 고려 ○ 실험동물시설 구축에 대한 자원배분의 효율성과 예산 제약 고려 ○ 실험동물시설 이용자의 실험실 활용에 대한 행태적 측면의 효율성
	환경보전 가능성	○ 동물의 악취와 소음, 매연, 미생들 등으로부터 실험동물시설의 주변에 대한 환경을 보전하고 보호할 수 있는 계획과 시설·장비가 포함
대안	입지	○ 실험동물시설 설계·구축의 장소
	공간배치	○ 실험동물시설 설계·구축의 공간 배치
	실험동물의 종류	○ 실험동물시설 실험동물의 종류
	실험동물의 개체 수	○ 향후 실험동물시설 운영에 있어서의 동물의 개체 수
	연구시설과 장비	○ 실험동물시설의 효과적인 활용을 위한 연구시설과 장비
	인력운영	○ 실험동물시설 운영을 위한 인력운영

특히 대안에 따른 하위대안을 자세히 살펴보면 입지는 접근성을 고려해서 ‘본원 중앙’과 ‘본원 측면’으로 구성된다. 공간배치에는 ‘연구단과 실험동물시설 한 건물 입주’와 ‘연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결’, ‘연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결(동물유지구역과 실험구역 분리)’의 세 가지 하위 대안을 상정하였다. 실험동물의 종류에는 IBS 사업단이 기존 운영하는 실험동물의 종류와 향후 예상 가능한 실험동물 등을 고려해서 ‘마우스’와 ‘랫드’, ‘토끼’, ‘돼지’, ‘물고기’, ‘영장류’를 설정하였다. 실험동물의 개체 수는 현재 구축된 타 실험동물시설과 IBS 사업단 운영규모 등을 참고하여 설정하였다. 즉 IBS 4개 연구단 규모와 울산과기대 규모, 서울대 병원 규모, 생명연 규모(마우스+영장류), RIKEN BSI 규모의 다섯 가지이다. 이는 향후 기초과학연구원에서 운영할 실험동물시설의 설계구축 규모에 대한 대표적 참조사례를 의미한다. 구체적으로 IBS 4개 연구단 규모는 IBS 본원에 입주하여 동물실험시설을 이용할 것으로 예상되는 연구단 수를 의미한다. IBS 4개 연구단 규모와 울산과기대 규모를 비교하면 두 하위대안은 비슷한 규모이나 실험동물인 토끼의 사육관리 여부만 다를 뿐이다. 이 두 하위대안보다 큰 규모로 서울대 병원 규모를 고려하였다. 생명연 규모(마우스+영장류)는 다른 대안과 달리 영장류를 운영하는 점에 차이가 있다. RIKEN BSI 규모는 국내 실험동물시설의 여건을 고려할 때 가장 이상적인 하위대안을 의미한다. 따라서 ‘IBS 4개 연구단 규모 ≤ 울산과기대 규모, ≤ 서울대 병원 규모, ≤ 생명연 규모(마우스+영장류), < RIKEN BSI 규모’의 관계 등식이 성립한다고 볼 수 있다. ‘연구시설과 장비’에는 실험동물시설 설계구축에 소요되는 가용예산을 고려해서 ‘기본설비’와 ‘기본설비+최신설비(ASU+HVC+에너지자동화+영상)’, ‘기본설비+최신설비(ASU+HVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물시설’, ‘기본설비+최신설비(ASU+HVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물시설+외부오염저감시설’의 네 가지 하위대안으로 구성된다. 이 네 가지 중 마지막이 가장 이상적인 대안을 의미한

다. ‘인력운영’에는 전담부서 운영 여부와 수의사 인력 운영, 전담인력의 아웃소싱 등의 네 가지 하위대안을 상정하였다. 실험동물에 관한 법률에 따른 경우 실험동물시설 전담 부서 설치와 별도의 수의사를 운영하는 하위대안이 가장 이상적인 대안으로 볼 수 있다.

한편 [그림-4]의 계층분석구조에 대해 FUZZY-AHP 전문가 설문조사는 2014년 8월 10일에서 2014년 8월 29일까지 3주간 총 20명을 대상으로 수행하였다. 설문조사 결과, 총 20명 중 14명이 응답하여 응답율은 70.0%로 나타났다. 하지만 일관성 비율에 문제가 있는 2명을 제외하고 12명을 대상으로 FUZZY-AHP 분석 결과를 도출하였다. 아울러 일관성 비율은 0.006~0.075의 범위로 나타나 권고기준인 0.1 이하를 충족하였다 (Satty, 1983).

III. 분석결과

1. 응답자의 인구사회적 특성

FUZZY-AHP 전문가 설문조사에 응답한 전문가의 인구사회적 특성을 살펴보면 <표-8>에서 보듯 성별은 남성이 11명(91.67%)으로 여성 1명(8.33%)에 비해 월등히 많았다. 연령대는 30대가 8명(66.67%), 20대 4명(33.33%)으로 나타났다. 학력의 경우에는 박사가 10명(83.33%)로 대부분이었으며 석사가 2명(16.67%)로 나타났다.

소속기관별로 살펴보면 한국생명공학연구원이 3명(25%)으로 가장 높은 응답율을 보였으며, 기초과학연구원 2명(16.67%), 면역 미생물 공생 연구단, 카이스트, 시냅스 뇌질환 연구단, 인지 및 사회성 연구단, 서울대학교, 뇌과학이미징연구단, 오송첨단의료산업진흥재단 실험동물센터에서 각각 1명(8.33%)가 응답하였다.

전공별로 살펴보면 각 연구자들이 실험동물시설의 연구에 적합한 분야인 면역학, 신경과학, 분자생물학, 생명과학, 건축, 도시설계, 분자 의과학, 유전학, 수의학, 동물소재공학, 동물발생공학 등에 골고루 분포하고 있었다.

<표-8> FUZZY-AHP 응답자의 인구사회학적 특성

특성	분류	명	비율(%)
소속	면역 미생물 공생 연구단	1	8.33
	카이스트	1	8.33
	기초과학연구원	2	16.67
	시냅스 뇌질환 연구단	1	8.33
	인지 및 사회성 연구단	1	8.33
	서울대학교	1	8.33
	한국생명공학연구원	3	25.00
	뇌과학이미징연구단	1	8.33
	오송첨단의료산업진흥재단 실험동물센터	1	8.33
	성별	남성	11
여성		1	8.33
연령대	20대	4	33.33
	30대	8	66.67
학력	학사	-	-
	석사	2	16.67
	박사	10	83.33

2. FUZZY-AHP 전문가 분석결과

1) 추진전략과 평가기준의 상대적 우선순위

본 논문에서는 <표-6>에서 제시했듯이 기초과학연구원의 실험동물시설 설계·구축 시 고려해야 할 추진전략에 대해 단기적 관점(2014년~2016년)과 중기적 관점(2017년~2019년), 장기적 관점(2020년~2023년)으로 구분해서 분석하였다. 이러한 추진전략의 상대적 우선순위를 분석한 결과, <표-9>처럼 단기적 관점에서는 ‘국제기준에 부합하는 시설·인력·장비 구축’이 가장 높은 상대적 중요도를 차지하였다. 다음으로 ‘세계 수준의 과학자 유치 지원’, ‘IBS 연구단 협업과 인력교류’, ‘기초과학 분야의 세계적 구심점 역할 수행’의 순으로 나타났다. 중기적 관점에서는 단기적 관점처럼 ‘국제기준에 부합하는 시설·인력·장비 구축’의 상대적 중요도가 가장 높았다. 장기적 관점에서는 ‘기초과학 분야의 세계적 구심점 역할 수행’의 상대적 중요도가 가장 높게 나타났다. 따라서 기초과학연구원에서 구축할 실험동물시설의 설계·구축 시 국제기준에 부합하는 시설·인력·장비를 구축하는 데 주력하고, 이를 바탕으로 장기적 관점에서는 기초과학 분야의 세계적 구심점 역할을 수행하는 추진전략을 수립할 필요가 있음을 파악할 수 있다.

<표-9> FUZZY-AHP에 따른 추진전략의 상대적 우선순위

구분	단기적 관점 (2014년~2016년)		중기적 관점 (2017년~2019년)		장기적 관점 (2020년~2023년)	
	가중치	순위	가중치	순위	가중치	순위
IBS 연구단 협업과 인력교류	0.128	3	0.127	4	0.110	4
세계 수준의 과학자 유치 지원	0.227	2	0.264	2	0.168	3
기초과학 분야의 세계적 구심점 역할 수행	0.127	4	0.194	3	0.542	1
국제기준에 부합하는 시설·인력·장비 구축	0.518	1	0.415	1	0.180	2
일관성비율	0.006		0.006		0.015	

또한 실험동물시설의 설계원칙인 합목적성과 청정성, 경제성, 환경보전 가능성의 네 가지를 고려해서 상대적 우선순위를 분석한 결과, <표-10>처럼 합목적성이 가장 중요한 평가기준으로 나타났다. 다음으로 청정성과 경제성, 환경보전 가능성의 순이었다. 이는 기초과학연구원의 실험동물시설은 당초 추진목적대로 IBS 연구단의 연구 지원기능에 최대한 부합하도록 설계·구축할 필요가 있음을 의미한다.

<표-10> FUZZY-AHP에 따른 평가기준의 상대적 우선순위

구분	가중치	순위
합목적성	0.559	1
청정성	0.189	2
경제성	0.176	3
환경보전 가능성	0.075	4
일관성비율	0.013	

2. 대안과 하위대안별 상대적 우선순위

<표-11>은 FUZZY-AHP에 따른 대안별 상대적 우선순위를 분석한 결과이다. <표-11>에서 보듯 각 평가기준별로 살펴보면 대안 중 합목적성 측면에서는 ‘실험동물의 종류’, 청정성 측면에서는 ‘공간배치’, 경제성 측면에서는 ‘연구시설과 장비’, 환경보전 가능성 측면에서는 ‘입지’가 가장 높은 우선순위를 차지하였다. 이 네

가지 평가기준들을 종합한 최종 가중치를 살펴보면 대안 중 ‘실험동물의 종류’가 가장 높은 상대적 중요도를 보였다. 다음으로 ‘연구시설과 장비’, ‘공간배치’, ‘실험동물의 개체 수’ 등의 순서로 나타났다. 따라서 실험동물시설의 설계구축 시 가장 우선적으로 고려해야 할 사항은 ‘실험동물의 종류’임을 파악할 수 있다.

<표-11> FUZZY-AHP에 따른 대안별 상대적 우선순위

구분	합목적성		청정성		경제성		환경보전 가능성		종합 가중치	
	가중치	순위	가중치	순위	가중치	순위	가중치	순위	가중치	순위
입지	0.062	6	0.081	6	0.090	6	0.215	1	0.082	6
공간배치	0.163	4	0.254	1	0.152	5	0.180	3	0.179	3
실험동물의 종류	0.253	1	0.208	2	0.161	3	0.121	6	0.218	1
실험동물의 개체 수	0.187	2	0.139	5	0.185	2	0.160	4	0.176	4
연구시설과 장비	0.182	3	0.156	4	0.253	1	0.196	2	0.191	2
인력운영	0.154	5	0.161	3	0.160	4	0.128	5	0.154	5
일관성비율	0.024		0.018		0.016		0.019			

또한 하위대안별 상대적 중요도를 살펴보면 입지 부문에서는 ‘본원 측면’의 상대적 중요도가 가장 높게 나타났다. 공간배치 부문에서는 ‘연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결(동물유지구역과 실험구역 분리)’이 가장 높은 상대적 중요도를 보였다. 다음으로 ‘연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결’, ‘연구단과 실험동물시설 한 건물 입주’의 순서로 나타났다. 실험동물의 종류 부문에서는 ‘마우스’가 가장 높은 가중치를 보였다. 다음으로 랫드와 영장류, 토끼 등의 순으로 나타났다. 실험동물의 개체 수 부문에서는 ‘IBS 4개 연구단 규모’의 상대적 중요도가 가장 높았으며 다음으로 ‘울산과기대 규모’, ‘RIKEN BSI 규모’ 등의 순이었다. 연구시설과 장비의 부문과 인력운영의 부문에서는 각각 ‘기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지동화+영상)+특수실험동물시설+외부오염저감시설’과 ‘실험동물시설 전담 부서 운영+수의사 인력운영’의 상대적 중요도가 가장 높게 나타났다.

<표-12> FUZZY-AHP에 따른 하위대안별 상대적 우선순위

구분		가중치	순위	일관성 비율
입지	본원 중앙	0.293	2	
	본원 측면	0.707	1	
공간 배치	연구단과 실험동물시설 한 건물 입주	0.127	3	0.075
	연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결	0.292	2	
	연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결(동물유지구역과 실험구역 분리)	0.581	1	
실험동물의 종류	마우스	0.486	1	0.037
	랫드	0.231	2	
	토끼	0.069	4	
	돼지	0.055	5	
	물고기	0.046	6	
	영장류	0.114	3	
실험 동물의 개체 수	IBS 4개 연구단 규모	0.312	1	0.022
	울산과기대 규모	0.198	2	
	서울대 병원 규모	0.137	5	

	생명연 규모(마우스+영장류)	0.171	4	
	RIKEN BSI 규모	0.182	3	
연구 시설과 장비	기본설비	0.071	4	0.057
	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)	0.210	3	
	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물시설	0.342	2	
	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물 시설+외부오염저감시설	0.377	1	
인력 운영	실험동물시설 전담 부서 미운영	0.054	4	0.065
	실험동물시설 전담 부서 운영	0.276	2	
	실험동물시설 전담 부서 운영+수의사 인력운영	0.565	1	
	실험동물시설 인력 운영의 아웃소싱	0.105	3	

IV. 결론

본 논문에서는 기초과학연구원의 실험동물시설 설계구축에 대한 상대적 중요도를 파악하고자 일반적인 AHP 분석방법이 아닌 FUZZY-AHP 방법론을 활용하여 분석하였다. 이는 과학기술 분야처럼 고도의 전문성과 복잡성이 수반되는 분야의 경우 응답하는 전문가의 전문성과 이해력 수준 등에 따라 대안 간의 쌍대비교 시 상대적 중요도에 대한 신뢰도가 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 FUZZY-AHP 방법론에 따라 기존 선행 연구와 전문가 자문회의 등을 통해 기초과학연구원의 실험동물시설 설계구축에 관한 계층분석구조를 도출하고, 실험동물시설 관련 전문가들을 대상으로 기초과학연구원의 실험동물시설 설계구축에 대한 의사결정요소들의 상대적 중요도를 분석하였다.

분석결과, 기초과학연구원에서는 국제기준에 부합하는 실험동물시설의 장비와 인력 등을 구축해서 기초과학 분야의 세계적 중심점 역할을 수행할 수 추진전략을 마련해야 한다. 이러한 추진전략을 위해 무엇보다도 IBS 연구단의 실험동물시설 설계구축의 추진목적에 최대한 부합하도록 설계구축이 추진되어야 한다. 즉 현재 IBS 연구단에서 필요한 실험동물의 종류와 개체 수를 먼저 파악하고, 이에 맞춰 연구시설과 장비를 구축해야 한다. 구체적으로 실험동물의 종류에는 마우스와 랫드, 영장류에 주력하고 연구시설과 장비 부문에서는 미국 국립보건원의 실험동물의 관리와 사용에 관한 지침 등의 국제기준에 부합하며 기초과학 연구 분야의 선도적 역할을 수행하기 위해 예산이 허용하는 범위 내에서 최대한 실험동물시설 관련 모든 시설, 곧 기본설비와 최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상), 특수실험동물시설, 외부오염저감시설 등을 두루 갖출 필요가 있다. 또한 공간배치 측면에서는 연구단과 실험동물시설 별도 건물을 구성해서 상호 간 연결(동물유지구역과 실험구역 분리)하되, 본원 중앙이 아닌 본원 측면에 위치할 필요가 있다. 나아가 인력운영 측면에서는 실험동물시설의 전담부서와 별도의 수의사 인력을 채용해서 실험동물시설의 전문성을 제고해야 함을 파악할 수 있다.

한편 <표-13>은 기초과학연구원의 실험동물시설 설계구축을 위한 하위대안별 상대적 중요도에 대해 일반 AHP 분석결과와 FUZZY-AHP 분석결과를 비교해서 보여준다. <표-13>에서 보듯 상대적 중요도의 순위까지 달라지지는 않았지만, 하위대안별 상대적 가중치 간에 약간의 차이가 발생하였다. 이를테면 실험동물의 개체 수의 IBS 4개 연구단 규모에 대한 상대적 가중치를 살펴보면 일반 AHP 가중치는 0.318이지만, FUZZY-AHP 가중치는 0.312로 0.006의 격차가 존재한다. 이는 전문가의 응답 태도와 전문성 등에 따라 가중치가 달라질 수 있음을 보여준다. 따라서 고도의 전문성과 복잡성이 수반되는 과학기술 분야의 경우에는 일반적인 AHP 방법보다 FUZZY-AHP 분석방법이 한결 적절한 분석방법으로 볼 수 있다.

<표-13> 일반 AHP와 FUZZY-AHP 간 하위대안별 상대적 우선순위 비교

구분		일반 AHP	순위	FUZZY	순위
		가중치		-AHP 가중치	
입지	본원 중앙	0.295	2	0.293	2
	본원 측면	0.705	1	0.707	1
공간 배치	연구단과 실험동물시설 한 건물 입주	0.131	3	0.127	3
	연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결	0.295	2	0.292	2
	연구단과 실험동물시설 별도 건물 구성과 상호 연결(동물유지구역과 실험구역 분리)	0.574	1	0.581	1
실험 동물의 종류	마우스	0.496	1	0.486	1
	랫드	0.233	2	0.231	2
	토끼	0.066	4	0.069	4
	돼지	0.052	5	0.055	5
	물고기	0.045	6	0.046	6
	영장류	0.107	3	0.114	3
실험 동물의 개체 수	IBS 4개 연구단 규모	0.318	1	0.312	1
	울산과기대 규모	0.197	2	0.198	2
	서울대 병원 규모	0.135	5	0.137	5
	생명연 규모(마우스+영장류)	0.169	4	0.171	4
연구 시설과 장비	RIKEN BSI 규모	0.180	3	0.182	3
	기본설비	0.073	4	0.071	4
	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)	0.213	3	0.210	3
	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물시설	0.342	2	0.342	2
인력 운영	기본설비+최신설비(ASU+IVC+에너지자동화+영상)+특수실험동물시설+외부오염저감시설	0.373	1	0.377	1
	실험동물시설 전담 부서 미운영	0.054	4	0.054	4
	실험동물시설 전담 부서 운영	0.279	2	0.276	2
	실험동물시설 전담 부서 운영+수의사 인력운영	0.564	1	0.565	1
	실험동물시설 인력 운영의 아웃소싱	0.103	3	0.105	3

본 논문에서는 그동안 실험동물시설의 구축사례에 대한 소개와 실태조사 위주로 진행해왔던 기존 선행연구와 달리 FUZZY-AHP 분석방법을 활용해서 실험동물시설의 설계구축 시 의사결정요소들에 대한 상대적 중요도를 상세히 제시하였다는 데 의의가 있다. 향후에는 FUZZY-AHP 방법론을 더욱 발전시킬 필요가 있다. 본 연구에서 활용한 낙관지수를 0.5로 가정하여 삼각퍼지수를 비퍼지화했으나, 이에 대한 과학적인 도출방법을 모색할 필요가 있다. 아울러 실험동물시설 설계구축에 대한 다기준 의사결정요소들에 대한 더욱 상세한 후속연구들이 나오길 기대한다.

참고문헌

- 김성철·어하준. (1994). “AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법”. 『한국경영과학회지』. 19(3): 41-51.
- 박경수. (2014) “‘14년도 실험동물시설 등 점검계획 및 중점점검사항’”. 식품의약품안전처 발표자료.
- 권명상. (2004). 「국내 대학 동물실험 시설기반에 관한 연구」. 식품의약품안전청. 정책연구 보고서.

- 이민재. (2000). “21세기 실험동물시설의 설계 및 건축을 위한 고려사항”. 한국실험동물학회 학술발표대회 논문집.
- 이병한. (2014). “오송첨단의료산업진흥재단 실험동물센터 시설 소개”. 한국동물실험학회 동계학술대회 발표 논문집.
- 이상훈. (2010). 실험동물의 사용과 사육관리 개선방안에 관한 연구. 광운대학교 석사학위논문.
- 이창근. (2014). “실험동물시설의 설계 및 시공 시 적용사항”. 「설비저널」. 43(6): 50-64.
- 윤계곤. (1996). “AHP 기법의 적용효과 및 한계점에 관한 연구-MIS 성공요인평가를 위한 3가지 통계기법 비교중심”. 「한국경영과학회지」. 21(3): 109-125.
- 조근태·조용근·강현수(2003). 「앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정」. 동현출판사.
- 식품의약품안전청. (2009). 「실험동물 공급업체의 수입·생산·판매량 조사」.
- 한진수. (2004). 「실험동물 시설 설계 핸드북」. 정담미디어.
- 현병화. (2014). 대형 실험동물시설의 구축. IBS 정책세미나(2014.3.26.).
- _____. (2008). 「실험동물시설의 표준건축모델 및 설계지침 개발」. 식품의약품안전청장. 용역 연구개발 과제 (08152기타사629).
- Bonano, E.J., Apostolakis, G.E. (1991). Theoretical foundations and practical issues for using expert judgments in uncertainty analysis of high level radioactive waste disposal. *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle*. 16(2): 137-159.
- Cheng, C. H. and Mon D. L. (1994). Evaluating a Weapon System using Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Defence Science Journal*. 44(2): 165-172.
- Hsu, H. M. and Chen, C. T. (1996) “Aggregation of fuzzy opinions under group decision making”. *Fuzzy Sets and Systems*, 79(3): 279-285.
- Liou, T. S. and Wang, M. J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy sets and systems*. 50(3): 247-255.
- Russell, W. M., Burch, R. I. and Hume, C. W. (1992). *Principles of Humane Experimental Technique*. Universities Federation for Animal Welfare (UFAW). Paperback.
- Moon, H.-S. and Lee, J.-D. (2005). A fuzzy set theory approach to national composite S&T indices. *Scientometrics*. 64(1): 67-83.
- Moon, J.-H., and Kang, C.-S. (1999). Use of Fuzzy set theory in the aggregation of expert judgments. *Annals of Nuclear Energy*. 26(6): 461-469.
- Saaty, T. L. (1990), “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”. *European Journal of Operational Research*. 48(1): 9-26.
- _____. (1983). “Priority Setting in Complex Problems”. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Em-30(3): 140-155.
- Tsaur, S.-H., Chang, T.-Y. and Yen, C.-H. (2002). “The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM”. *Tourism Management*. 23(2): 107-115.
- 조선일보 2005년 12월 31일 신문기사
<http://www.mfds.go.kr/labanimal>(식품의약품안전처 실험동물제도 홈페이지)