

# 실험동물시설의 환경제어 기준과 평가

이 민 재 | 삼성생명과학연구소 실험동물실 /  
 성균관대학 의과대학 실험동물실 실장  
 E-Mail : leemj88@samsung.co.kr

## I. 서 론

### 1. 환경인자의 분류

실험동물시설의 환경을 제어한다는 것은 살아있는 생물의 환경과 그 생물을 둘러싸고 있는 각종의 환경 중 그 생물의 활동과 관련 있는 주요한 부분을 제어한다는 의미가 있다.

또한, 생물의 활동과 관련 있는 다양한 환경요소는 아래 표 1에서 나타낸 바와 같이 광의의 의미로서의 분류가 가능하다<sup>1</sup>.

이와 같은 요인중에 영양적 요인은 영양학, 사료

학에서 취급되며, 바이러스와 세균 등의 이종 생물에 의한 질병은 미생물학, 감염병학 또는 병리학에서 취급되고 있으며, 기후적, 물리 화학적, 주거적, 생물적 요인은 협의의 환경으로 분류되고 있다<sup>2</sup>.

생물학의 분야에서 생체는 온도 혹은 열과의 관계를 연구하는 온열생리학 이라는 학문의 분야가 있어 온도요인과 생체와의 열 교환, 체온조절기구, 온도 적응, 사람의 생활과의 관련등이 연구되고 있다. 그리고 온도와 열에 관련 인자로서는 온도 습도, 풍속, 작업복과 실내의 환경으로서의 공기 조화까지도 취급된다. 또한 공기 조화 공학의 분야에서는 기후적 인자를 온열인자, 물리화학적인자의 일부로는 산소, 탄산가스, 분진, 취기, 공기미생물 등을 공기청정도로서 취급하고 있다.

동물에 미치는 환경의 영향은 상기 각 요인이 각각 단일의 요인으로서 작용되지 않고 많은 요인이 복합된 상태에서 생체에 작용한다. 예를들면, 온도와 습도와 풍량은 모두 함께 체온 조절에 영향을 주며, 동물실의 냄새는 온도, 습도, 환기, 수용밀도 등과 밀접한 관계를 가지고 있다. 더욱이 깔짚의 유무와 케이지의 재료, 구조는 동물의 보온효과에 영향을 주고, 조명은 실내의 발열 등과 관계를 가지고 있다. 따라서 실험동물의 환경에 대하여 설명할 경우 환경 복합 상태에서 설명할 필요가 있다.

표 1. 실험동물에 영향을 미치는 환경요소

- 1) 기후적 요인 : 온도, 습도, 기류, 풍속 등
- 2) 물리, 화학적요인 : 환기(산소, 탄소가스), 분진, 취기, 소음, 조명 등
- 3) 주거적 요인 : 건물, 케이지, 깔짚, 급이기, 급수기 등
- 4) 영양적 요인 : 사료, 물
- 5) 생물학적 요인 :
  - 동종 동물요인 : 사회적순위, 주거경계, 투쟁, 수용밀도 등
  - 이종 동물요인 : 미생물, 사람 및 기타 이종의 동물 등

## 2. 실험동물 환경제어의 특징

실험동물의 환경제어는 실험동물시설의 건축설계로부터 일상의 관리에 이르기까지 다양한 형태의 부분에 대하여 언급해야 한다. 즉 아래 그림 1에서와 같이 실험동물의 환경제어는 동물과 사람을 중심으로 시설의 기본계획, 설계, 시공, 사육, 실험기자재의 선택, 건축설비의 보수관리, 공조관리, 사육관리, 위생관리 또는 운영관리가 상호 유기적으로 조화를 이루어야 비로서 기능을 충분히 발휘하게 되는 것이다. 각각의 부분의 일부만이 최상의 상태로 유지된다고 하여 전체의 환경제어가 완벽하게 이루어질 수 있다는 것은 있을 수 없다.

환경관리에서 동물을 수용하는 환경상태가 적절하게 유지되고 있는가를 측정하고 감시하는 것이 중요하다 할 수 있다. 즉, 환경 관리에는 유전적인 모니터링과 미생물 모니터링과 같이 환경 모니터링이 필요한 것이다.

또한 각 요인이 생물체에 어떻게 영향을 줄 것인가를 미리 예측하여 각종의 장치, 기계, 기구등의 성능과 구조를 충분히 이해하고 관리하는 것이 필요하다.

## 3. 실험동물의 환경제어

실험동물의 물리적 환경(Physical Environment)은 마이크로 환경과 매크로 환경으로 분류가능하다. 그것은 동물에게 있어서 일차적 환경(primary enclosure)으로 고유의 온도 습도 및 대기의 가스상, 입자상 성분으로 구성된다. 이차적 환경(secondary enclosure)안의 물리적 환경-사육실, 외양간, 야외 사육장 등을 매크로 환경(macro environment)이라고 한다. 환기에 의해 마이크로와 매크로의 환경이 연결되어 있더라도 설계에 따라서 일차환경이 이차 환경과 전혀 다른 경우가 있고 양자의 환경의 설계에 따라 영향을 받는다. 좁은 일차

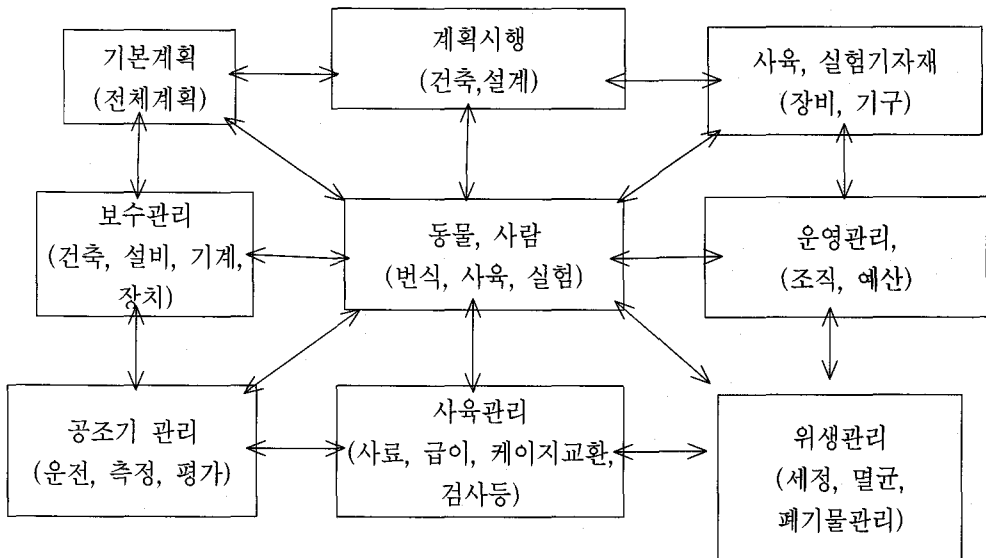


그림 1. 실험동물의 환경관리

환경에서는 마이크로 환경의 측정이 어렵다. 입수하기 쉬운 데이터의 범위에서 보는 한, 마이크로 환경의 온도, 습도 및 가스상, 입자상 물질농도는 한 동물의 마크로 환경에 비하면 종종 높은 수치를 나타낸다. 마이크로 환경에 있어서의 제 조건은 대사나 생리학적 기능과 질병에 대한 감수성에 변화를 가져오므로 대단히 중요하다. 이와 같이 실험동물 시설내의 기준은 일반 반도체나 약품을 다루는 제약회사 및 방사선 시설 등의 환경조건과는 달리 내부에서 사육관리 및 실험하는 실험동물이 포함되어 있으므로 실험동물과 관련된 마크로 및 마이크로 환경에 대한 배려가 절대적으로 필요하다. 따라서 모든 환경평가의 요인은 실험동물에 미치는 영향에 대하여 구체적이고 세부적인 요인들을 점검하여 동물이 살아가기에 적합한 환경이 되어야 할 뿐만 아니라 이곳에서 실험하는 실험자와 사육자와 같이 깊은 관계를 맺고 있는 인간에 관한 부분도 고려되어야 한다는 것이 실험동물 시설의 환경제어 대책과 평가에 포함되는 부분이라 할 수 있다<sup>3</sup>.

다른 동물의 환경 및 주거 및 관리에 대한 내용은 “실험동물 관리와 사용에 관한 지침(Guide for the care and use of laboratory animals, Institute of laboratory animal resources; 이민재외 3인 역)”을 참조하기로 하고, 물리적 환경 중 공조시설과 관련된 온도습도, 환기, 조명, 소음 등의 부분만을 발췌하여 그 기준과 실험동물에 미치는 환경영향에 대하여 구체적으로 알아보려고 한다<sup>4</sup>.

## II. 본 론

### 1. 온도 및 습도(Temperature and Humidity)

#### 1.1 온도가 실험동물 환경에 미치는 영향

항온 동물이 쾌적하게 지내기 위해서는 체온이

정상 범위로 유지되어야 한다. 일반적으로는 29.4℃ 이상 혹은 4.4℃(40F)이하의 온도에 노출되거나, 피난장소가 없거나 그로부터 도망갈 다른 방법이 없는 동물은 그와 같은 온도에 순화되어 있지 않으면 임상적 영향을 나타낼 수 있고, 또한 그로 인하여 생명의 위험에 노출될 우려도 있다. 동물은 그 행동, 생리기능, 형태학적 기능을 작동시켜서 노출된 온도에 적응하지만, 순화에는 시간을 요한다. 또한 순화를 적절히 하지 않은 상태로 실험하게 된다면, 실험계획대로의 결과를 얻을 수 없거나, 혹 실험의 지체를 초래할 위험도 있다. 환경온도 및 상대 습도는 사육방법이나 케이지의 디자인에 영향을 받고 일차 환경과 이차 환경의 사이에 상당한 차이가 있는 경우가 있다<sup>5</sup>. 온도에 영향을 주는 요인에는 케이지의 재질과 구조, 필터 캡의 사용, 한 케이지당의 사육 동물수, 우리안의 강제 환기의 유무, 깔짚 교환 빈도 및 깔짚의 재질 등이 있다. 일반적인 실험동물에 대한 NIH 가이드라인에서 말하는 건구 온도 지침은 표 2와 같다. 제한된 공간에서 사육되는 동물에 관해서는 온도의 변동에 적응키 위해 대사 및 행동을 크게 변화시키지 않도록 일일 온도 변화를 최소한도로 억제하여야 한다<sup>6</sup>.

저온 환경하에서 마우스의 성주기의 발현은 늦어진다는 보고가 있으며 이러한 예로 21℃에서 3대를 번식할 수 있는데 반하여 -3℃의 저온에서의 번식은 2대 밖에 진행이 되지 않았다는 결과가 있고, 또한 고온에서는 성주기 발현시기가 늦어지고, 산자수의 감소, 사산률의 증가, 비유량 및 이유량의 감소가 보고 되고 있다.

그밖에도 웅성 마우스에서는 고온하에 정소 및 정소상체가 위축되고 정자 형성능력이 저하되는 것으로 알려져 있고, 랫드에서는 온도가 낮아짐에 따라 산자수가 감소된다는 것과 출산률 및 평균 산자수가 감소된다는 마우스에서의 동일한 보고가 있다.

이와 같이 실험동물시설에 있어 온도의 변화는 생리적인 특성과 밀접한 관계를 가지고 있어 환경 평가에 중요한 요인이 되고 있다.

표 2. 일반적인 실험동물에 대한 건구온도 지침

동물종	건구온도	
	섭씨 °C	화씨 °F
마우스, 랫드, 햄스터, 저빌, 기니픽 토끼	18-26	64-79
고양이, 개, 영장류	16-22	61-72
가축, 조류	18-29	64-84
	16-27	61-81

### 1.2 습도가 실험동물 환경에 미치는 영향

인간의 경우 습도가 생활환경에 미치는 영향이 그다지 크지 않다고 볼 수 있으나 한정된 공간 안에서 사육되는 실험동물의 경우 다양한 형태의 영향을 받을 수 있다.

습도의 영향에서 대표적인 변화는 습도가 낮은 경우 랫드의 꼬리 부분에 링모양으로 꼬리가 썩어 밑부분이 떨어지는 ring tail이 가장 대표적인 질병으로 알려져 있다.

Flynn 등의 실험에 의하면 ring tail은 27°C의 환경 온도에서 습도가 20%일 경우 100% 발병하였고 습도 40%의 환경 하에서는 25-30%의 발병율을 나타내었다고 보고하였다.

물론 계통차가 약간 있어 27°C의 30% 습도 환경 하에서는 종에 따라 차이가 나타나 Long Evans계의 랫드는 32%, Sherman계에서는 29%, Wister계에서는 78%, Spragu-Dowley계에서는 82%의 발생률을 나타내었다고 보고하였다<sup>7</sup>.

ring tail의 원인에 대하여 명확하게 규명되지 않고 있으나 저습도로 인하여 꼬리에서의 수분발산, 미혈관의 수축을 동반한 혈행 장애가 원인으로 생

각되고 있다. 기타 습도에 따라 동물체내의 비공에 존재하고 있는 미생물수의 검토를 한 보고에서는 30%이하의 낮은 습도에서는 공중미생물의 분포가 아주 낮았고 반면 80%이상의 고습의 경우 세균의 수 뿐 만아니라, 암모니아의 농도도 증가하는 것으로 보고되어 적어도 실험동물시설의 습도는 30%이상 70%이하로 유지 해 줄 것을 NIH 가이드라인에서는 권고하고 있다.

## 2. 환기(Ventilation)

### 2.1 환기가 실험동물 환경에 미치는 영향

환기의 기본적인 목적은 적량의 산소를 공급함과 함께 동물의 호흡, 조명장치 및 기기류 등으로부터 발생하는 열부하를 제거하고 가스상, 입자상의 오염물질을 희석하며, 실내공기의 습기를 조절하고, 또 적절하다고 생각되는 경우에는 인접한 공간과의 사이에 정압차를 만드는 데에 있다. 그러나 실내 환기를 설정했다고 해서 동물이 사육되고 있는 일차 환경내의 환기가 적정하다고는 볼 수 없으므로 마이크로 환경의 품질을 보증하는 것은 아니다.

어느 정도의 공기 이동이 불쾌감을 초래하여 생물학적 영향을 미치는지는 대부분의 동물종에 대해서 다 알려져 있지는 않다. 실내에 불어넣는 공기의 양과 물리적 성상 및 그 확산 패턴은 동물의 일차 환경내의 환기에 영향을 주므로 마이크로 환경의 품질을 좌우하는 중요한 인자가 될 수 있다. 실내와 같은 이차 환경의 급기 확산장치나 배기공의 형태와 위치에 대한 일차 환경의 수, 배열, 위치 및 형태 등의 관계가 일차 환경내의 환기의 좋고 나쁨에 영향을 주므로 충분한 고려가 필요하다. 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션에서 열부하 및 공기 확산 패턴과 관련시키면서 이들 요인을 해석하면 일차 및 이차 환경내의 환기를 적절히 유지할 수 있을 것이다<sup>8,9</sup>.

이차환경에 대한 지침으로서 신선공기에 의한 시간당 10-15회의 환기가 오랫동안 적용되어 지금도 일반적인 기준으로 받아 들여지고 있다. 사실 많은 동물시설에서 이 조건을 적용하고 있지만, 열부하의 폭, 동물종과 몸의 크기, 수용된 동물의 수의 차이, 깔짚의 형태 혹은 케이지 교환 빈도, 사육실의 넓이 및 이차 환경으로부터 일차 환경으로의 기류 분포 효율이 고려되어 있지 않다. 때로는 그와 같은 두리몽실한 지침을 적용함으로써 거의 동물이 사육되지 않은 이차 환경에 과잉의 환기를 하여 에너지의 낭비를 초래하거나, 반대로 다수의 동물이 사육되고 있는 이차 환경에서 환기가 모자라 온도 상승이나 취기의 축적을 초래하는 문제가 발생할 가능성이 있다.

필요한 환기조건을 보다 정확하게 알기 위해서는 동물의 열부하에 적합한 최소환기 회수를 기계공학 전문가의 협력을 얻어 산출하는 것이 바람직하다. 동물의 발열량에 대해서는 미국가열냉각 공조기술자 협회(American Society of Heating, refrigeration, and Air conditioning Engineer)에 의해 설정된 공식으로 계산가능하다<sup>10</sup>. 이 공식은 동물종에 관계없이 어떤 발열 동물에게도 적용된다. 어느 구역에서 사육할 수 있는 최대의 동물이 발하는 열에 동물 이외의 열원이 발하는 열과 실내 표면에서 전도되는 열을 더한 수치를 열부하로 할 때, 그것을 제어하기 위한 필요한 냉각력(총 냉각부하)을 계산함으로써 최소 필요 환기횟수를 구할 수 있다. 이 총 냉각부하 계산 방식은 환기횟수를 정한 공간에 최대 몇 마리의 동물을 사육할 수 있는지를 계산할 경우에도 적용될 수 있다.

또한 이와 같은 계산으로 열의 축적을 막기에 필요한 최소 환기 횟수를 구한다 하더라도 고려해야 할 요소는 또 있다. 즉, 취기, 알러젠(allergen), 입자상의 실험물질이나 대사에 의한 가스상의 물질

등 그 외의 제반 인자를 제어하기 위해서는 계산치를 상회하는 환기가 필요할 수도 있는 것이다. 산출된 최소 환기 횟수가 사실상 시간당 15회 이상이더라도 다른 요인을 고려하여 더욱 환기횟수를 늘릴 수 있는 준비가 필요한 것이 이러한 이유 때문이다. 이차 환경내의 환기 횟수가 고정되어 있는 경우에는 환경 조건을 적절히 유지하기 위해 위생 관리의 스케줄을 조정하거나 사육동물수를 제한 할 필요가 있을 수도 있다.

공기를 필터 여과하는 강제 환기 장치부착 케이지(크린렉)나 독립 급기장치를 갖는 특수한 일차 환경(실내유입이 금지 된 경우)을 이용하면 일차 환경이 독립환기 되고 있지 않은 경우에 요구되는 이차 환경의 환기 조건이 충족되지 않더라도 동물에게 있어서 필요한 환기는 된다. 그렇다고 해도 그 일차 환경으로부터 방출되는 열처리를 위해 이차 환경에는 충분한 환기가 필요하다. 이 특수한 환경에 오염을 방지를 위하여 입자, 가스 여과장치가 적절히 구비되어 있으면 이차 환경의 공조에 리턴 공기를 이용할 수도 있는 것이다.

설치류의 사육에 종종 사용되는 강제 환기가 없는 필터부착 케이지에서는 환기가 제한되어 버린다. 이를 보완하기 위해서 위생관리, 이차 환경내의 케이지의 배치, 케이지 밀도라는 면에서 사육관리에 요령이 필요하다. 그러므로써 마이크로의 환경 조건이나 열 방산을 개선할 수 있다.

동물실의 환기에 리턴 공기를 이용하면 에너지를 상당히 절약할 수도 있지만 위험도 동반한다. 동물 병원체의 대부분은 공기로 전염되고 분진 등에 부착하여 매개되므로 복수의 동물실을 제어하는 가운, 환기 공조계(Heating Ventilation and air conditioning system)등으로 재 처리되는 배기는 교차오염의 위험성을 부담하게 된다. 재이용되는 배기는 사전에 고성능(high-efficiency particu-

late air; HEPA)필터로 처리하여 공기 중의 혼입물을 제거한다.

필터 여과의 정도와 효율은 예상되는 위험도에 따라 정하는 것이 좋다. 다양한 효율의 HEPA 필터가 있으므로 위험도에 맞는 형태를 선택한다. 동물구역 이외의 구역(예 사료, 깔짚, 물품 보관구역)에서 환기한 공기를 동물구역의 환기에 재이용해도 좋고 동물구역에서 배출되는 공기에 대한 보다 철저한 여과처리나 조절은 필요 없을 수도 있다. 그러나 상황에 따라서는 그 위험도가 너무 높아 재이용을 생각할 수 없는 곳도 있다(예를 들면 원숭이류나 바이오헤저드 관리구역). 암모니아와 같은 유독가스나 악취가스를 환기에 의해 제거할 수 있고 미량수준 혹은 제로 수준의 공기로 치환할 수 있으면 허용 범위내에서 유지할 수 있다. 그렇지만, 리턴공기의 화학적 흡수처리나 세정처리가 그러한 가스 제거가 유효하더라도 동물실험실이나 사육장에서는 신선 공기에 의한 환기가 바람직하다. HEPA 필터 처리는 되어 있으나 가스여과처리(활성탄 필터 처리)가 안된 공기는 다음 조건을 만족할 경우에 한하여 재이용할 수 있다.

- (1) 급기는 최소한 50%이상의 신선 공기가 포함되어 있을 것(리턴 공기가 50%이상 넘지 않을 것)
- (2) 깔짚 교환이나 케이지 교환 빈도 및 리턴공기 처리 등, 사육관리의 요령에 의해 유독가스나 악취의 축적을 충분히 제어 할 수 있을 것
- (3) 동물사육구역 이외에서 유래하는 경우를 제외하고 리턴 공기는 원래의 구역으로만 돌아가게 할 것
- (4) 리턴 공기는 충분히 신선 공기가 흡입되어 사육동물이 요구하는 온습도의 유지가 가능하도록 조절할 것

수용 동물수를 줄이거나 환경의 온 습도를 낮게 설정하는 등, 사육관리상의 요령과 함께 깔짚 교환이나 케이지 세정을 빈번히 하여 동물실의 공기 중 유독물질이나 악취가스의 농도를 저하시킬 수 있다. 혼입된 입자상 혹은 가스상의 물질을 제거하기 위해 리턴 공기의 처리는 고가의 비용이 드는데다가, 필터 계통의 유지가 부적절하거나 불충분하면 그 효과가 발휘되지 않는다. 따라서 필터 계통을 제대로 유지하고 그 효과가 최대한으로 발휘되도록 적절히 모니터링하는 것이 중요하다.

어떠한 공조계라도 그것을 제대로 가동시키기 위해서는 이차 환경내에서의 그 능력을 측정하는 등 정기적인 보수점검은 필수적이다. 급, 배기량, 정압차에 해당되는 항목의 측정을 실시하여야 한다.

## 2.2 풍량, 풍속, 기압이 실험동물 환경에 미치는 영향

동물사육실내의 풍량, 풍속, 기압은 상호 관계를 가지고 있으며 조절은 주로 공조 설비에 의하여 조절된다. 즉 급기측의 풍량은 실내의 환기 횟수에 따라 조절된다. NIH 가이드라인에 의하면 1시간당 10-15회의 환기량이란 실내의 용적에 대하여 1시간당 10-15배량의 공기를 주입한다는 의미이다. 풍속이란 동물실내의 각점에 있어서 현저한 차이를 보여 줄 수 있다. 흡출구나 배기구 주변은 상당히 강한 풍속을 느낄 수 있으나 동물이 사육되는 공간에는 느리게 느껴진다. 실내의 풍속은 흡출구의 형태나 크기, 흡출구와 배기구의 배치 등에 따라서 조절가능하다. 동물주변의 풍속은 사육선반이나 케이지의 구조 그리고 사람의 움직임에 따라서 차이가 많이 나므로 측정은 어렵다<sup>11</sup>. 또한 최근에 많이 공급되어 있는 마이크로아이스레이터의 경우 개별적인 케이지에 급기와 배기를 따로 설치해 놓았으므로 직접적으로 동물에 풍속이 영향을 줄 수 있으며

로 자세히 관찰해야할 필요가 있다<sup>11</sup>.

동물실험실에서의 기류 즉 공기의 흐름은 시설내 각 구역의 정압을 유지하는 것이 중요하다. 즉 SPF 동물을 사육하는 배리어 시설에서 동물실을 가장 높은 양압을 유지하고 이어서 전실의 통로나, 샤워실, 외부의 순서로 3-5mmH<sub>2</sub>O의 압력차를 유지하는 것은 병원 미생물이 동물실내의 침입을 방지하도록 고려한 것이다. 또한 감염동물실이나 RI 동물실험실에서는 병원 미생물이나 RI물질이 외부로 확산 하지 못하도록 고려되어야 한다.

실험결과에서도 온도 15, 25 및 35℃의 온도와 40%의 습도하에서 0.2, 1 및 2m/sec의 풍속을 준 경우 보정된 마우스의 폭로 전후의 체온을 표시한 결과에서 풍속의 증가와 함께 현저히 체온이 하강된다고 하는 결과를 알 수 있다. 또한 Weihe 등은 온도 22℃에서 hairless마우스의 섭취량에 영향을 미치는 풍속을 검토하였는데 깔짚을 넣었을 경우 동물의 사료 섭취량은 풍속 67cm/s 조건에서는 무풍 상태보다 26% 증가 되었고 금속망 케이지에 넣은 동물의 경우 36% 증가하였다고는 결과를 보고하였다. 이와 같은 결과는 대류 방사 또는 체표면에서 증발에 의한 체온방산이 풍속의 증대에 따라서 증가하고 있음을 보여주는 자료이다.

### 2.3 분진이 실험동물 환경에 미치는 영향

분진의 영향에 대하여는 노동환경과의 관계에서 사람을 대상으로 한 연구 결과에서 잘 알려져 있으나, 실험동물에 대한 영향의 경우 농약이나 화학물질 등에 흡입 실험을 제외하면 거의 없다고 할 수 있다. 여기서는 실험동물의 사육 환경에 있어 사람에게 미치는 영향을 중심으로 설명한다<sup>12</sup>.

분진의 영향은 피부, 눈, 및 점막 또는 소화관을 통하여 유해 작용을 나타내는 것이 일반적이며 대부분은 호흡에 의한 것이다. 분진이 폐에 도달할 경

우에는 우선 코 내부의 털을 여과하여 비공, 후두, 기관의 점막에서 제거되고 폐에 도달하는 과정을 거치게 된다. 특히 0.5-4마이크로의 입자의 크기가 침착률이 높고, 20-30마이크로 이상의 밀입자는 기도에 침투할 가능성이 상당히 낮다. 그러나, 액체에 용해되는 유독성의 밀입자는 직경이 커도 인체에 쉽게 흡수 되어 나쁜 영향을 미칠 가능성이 높다. 분진의 유해 작용으로써 사람에는 불쾌감, 기관지염, 천식 등이 중요시 되며, 유해성 분진에서는 기도점막이나 피부자극 등이 일어나는 알러지 현상(비인후 카타르, 천식, 발열, 피부염)등을 들 수 있다. 또한 감염증에 대하여 저항성 저하의 원인이 되기도 한다.

최근 미국에서는 알러젠이 실험동물 관계자에게 큰 문제가 되고 있으며, 영국에서는 실험동물 취급자의 천식은 직업병으로 인정되고 있어, 동물 뿐만 아니라, 사람에게도 분진의 경우 심각한 환경문제로 대두되고 있어 주요한 환경제어 팩터의 하나로 평가 될 수 있다.

### 2.4 냄새가 실험동물 환경에 미치는 영향

실험동물 환경내에서 냄새를 나타내는 원인물질로는 주로 유기물화합물로 아민류, 멜캅탄류, 또는 부탄류와 단백질 분해물 등이 대표적이라 할 수 있다. 그 중에서 동물실험실 내부의 냄새의 척도는 암모니아를 기준으로 설정되어 있다.

동물실험실의 암모니아 증가에 의한 동일실 내의 수조에서 사육되는 금붕어가 급사하는 현상이 일어날 수 있으며, 실험적으로 금붕어 수조에 암모니아가 40ppm 이상의 경우 사망률이 40%이상 이르는 보고도 있다. 이와 같이 암모니아 같은 물질에 따른 실험동물의 영향은 다수 보고 되어 있으며 기준치로 20ppm 이상의 경우 환경제어에 문제가 있으며, 동물 생체내에 이상이 있는 것으로 알려져 제

어가 필요하다고 할 수 있다.

### 3. 조명(Illumination)

조명은 각종 동물에게 생리학적, 형태학적 영향을 미치고, 행동에 따른 변화를 준다. 조명에 기인하는 스트레스원으로서 부적절한 조명시간, 조도 및 광선 스펙트럼을 들 수 있다. 다양한 인자가 동물이 요구하는 조명에 영향을 줄 수 있으므로 동물실의 조명을 정할 때 여러 가지 요소를 고려할 필요가 있다. 그 예로서, 조도, 조명시간, 과장, 동물이 그때까지 체험한 조명 동물의 색소, 일내 변동내의 조명 시간대, 체온, 호르몬주기, 나이, 동물종, 성별 및 계통 등이 있다. 일반적으로는 조명을 방 전체로 확산시킨다. 그것은 동물에게 쾌적한 조도로 사육실의 유지 관리가 되어야 하고, 사육랙 최하단의 케이지를 포함한 동물의 관찰 및 안전작업에 적합한 것이어야 한다. 사육실은 시력 및 일일주기, 일내변동을 담당하는 신경내분비가 적절히 발휘되도록 조명한다<sup>13</sup>.

많은 동물에 있어서 조명시간은 번식행동을 결정하는 요인이며, 체중의 증가나 채식량에 영향을 주는 것도 있다. 소등시간대를 준수하지 않는 것은 가급적 피해야 한다. 종에 따라 어둡거나, 무조명이면 채식하지 않는 동물도 있으므로 그러한 동물에 대한 조명은 동물복지에 반하지 않도록 주의한다. 동물의 일일주기를 유지하지하기 위하여서는 시간과 연동된 조명 시스템을 채용하면 좋다. 타이머의 작동상태는 정기적으로 조사하여 조명주기가 정확히 유지되고 있음을 확인한다.

가장 많이 쓰이고 있는 실험동물은 야행성이다. 알비노 랫드는 다른 동물종과 비교하여 광독성에 의한 망막장애 걸리기 쉽기 때문에 실내의 조명을 결정하는 기준으로 이용되어 왔다. 그 외 다른 동물종에 관해 과학적으로 입증된 실내 조도 관련 데이터는 얻을 수 없다. 빈 방의 바닥위 1m에서 400

룩스까지는 알비노의 망막장애에 방지책이 고려되어 있는 한 설치류에는 문제가 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 동물 개개의 체험에 따라서는 광독성에 대한 감수성이 보통과 다른 경우도 있다. 즉 130-270룩스 이하의 조도로 기른 알비노 랫드에서는 그것이 망막장애가 일어나는 거의 한계치인 것이 조직학적, 형태학적, 전기 생리학적 소견에서 보고 되어 있다.

지침의 종류에 따라서는 케이지내 동물의 위치에서 40룩스라는 낮은 수치를 장려하고 있다. 어린 알비노와 유색마우스는 성숙한 동물보다 훨씬 낮은 농도를 선호한다고 한다. 그러나 보다 높은 조도로 일어 날 수 있는 망막장애는 대부분이 회복된다. 이상과 같은 내용을 살펴보면, 광독성에 의한 망막장애에 고감수성의 동물에 대한 케이지 레벨의 조도는 130-325룩스의 범위로 설정해야 적합하다.

광원의 위치를 고려하여 케이지의 배치를 순환시키거나, 동물이 빛에 닿는 시간을 동물들이 조절할 수 있도록 해 준다던가 하는 사육관리상의 요령으로 동물에 대한 부적절한 광자극을 줄일 수 있다. 동물이나 사육실 작업자의 필요성과 에너지 보존의 양면에서 충족하고자 한다면 조도가변장치의 이용을 생각할 수 있다. 그와 같은 장치로서는 가변형으로 눈금을 맞추면 고정할 수 있는 것이 적합하고 조명의 점멸에만 이용해서는 안된다.

조명에 관련된 세부내용은 북미 조명기술협회(Illuminating Engineering Societh of North America; IESNA)의 핸드북에서 찾아볼 수 있으며, 조명의 균일화, 색조지표, 차폐, 광택의 억제, 반사, 수명, 발열, 바닥의 선택 등을 검토할 때 도움이 될 것이다.

### 4. 소음

동물자체의 사육관리 작업에서 발생하는 소음은



표 3. 실험동물시설의 환경조건의 기준치

환경요소	동물종	마우스 랫드 햄스터 기니픽	토끼 원숭이 고양이 개
	온도		20-26℃
습도		40-60%(30% 이하 및 70% 이상이 되어서는 않됨)	
환기회수		10-15회/시간	
기류속도		13-18cm/초	
기압		정압차로 5mmH <sub>2</sub> O 높게(SPF 구역) 정압차로 15mmH <sub>2</sub> O 높게(아이소레이터)	
분진		클래스 10,000(동물을 사육하지 않을 경우)	
낙하세균		3개이하(동물을 사육하지 않을 경우) 30개이하(동물을 사육하지 않는 통상의 구역)	
냄새		암모니아 농도가 20ppm을 넘어서는 않됨	
조명		150-300룩스 (바닥에서 40-85cm 높이에서)	
소음		60dB이하	

동물시설의 운영에서 불가결한 사항이다. 따라서, 소음대책은 시설의 설계나 운영 면에서 검토할 필요가 있다. 소음이 동물에게 미치는 영향을 평가하기에는 소음의 크기, 발생빈도, 발생간격, 지속시간, 진동과 파장, 지금까지의 소음노출 경험 및 그 동물 종과 계통의 소리에 대한 감수성을 고려하는 것이 타당하다.

직원의 거실과 동물실험 구역을 분리함으로써 서로 미치는 영향을 경감시킬 수 있다. 개, 돼지, 염소 및 원숭이류와 같이 시끄러운 동물은 설치류, 토끼, 고양이와 같이 조용한 동물과 분리하여 사육하여야 한다. 즉 소음을 줄이는 것 보다 소음을 발하는 동물이라도 사육할 수 있는 환경으로 설계하여야 한다. 소음이 85데시벨(dB)이상이 되면 청각계 만이 아니라 비청각계에도 영향을 줄 수 있는데 설치류에서는 호산구의 감소나 부신 중량의 증가 및 번식률의 저하, 원숭이류에서는 혈압상승이 관찰되어

있다. 많은 동물 종은 사람에게 들리지 않는 파장의 소리를 들을 수 있다. 비디오 화면 단말기와 같이 동물 가까운데서 이용되면 가청역의 소리를 내는 기기는 동물에게 영향을 줄지도 모르므로 주의가 필요하다. 가능한 소음을 발하는 작업은 동물사육구역 이외에서 실시하여야 한다<sup>14</sup>.

소음에 노출되는 방법이 바뀌었을 때의 영향은 동물종에 따라 다양하므로 어쨌든 불필요한 소음을 발하지 않도록 노력한다. 간헐적으로 발생하는 과도한 소음을 억제하는 데에는 그와 같은 작업을 다른 방법으로 전환하도록 직원을 훈련하거나, 카트, 왜건 랙에 쿠션을 부착한 캐스터나 범퍼를 장착하는 등의 수단을 강구한다. 라디오나 알람 등의 소음원은 그것이 승인된 실험계획이나 엔리치먼트의 일부가 아니면 동물실내에 반입해서는 안 된다.

또한 소음이 실험동물에 미치는 영향을 조사한 결과를 살펴보면 SPF(특정미생물 부재동물; 크린

동물) 사육시설의 경우 작업에 의한 소음이 발생할 경우 마우스의 출산율이 평상시보다 7%이상 감소한다는 결과가 보고 되어 있다. 또한 30초간의 지진으로 인해 비유량이 30%이상 감소 되었다는 것과 산자수 및 생존율이 격감하였다는 다양한 보고가 있다.

이상의 결과를 기준으로 실험동물실의 경우 소음은 60dB(데시벨) 이하가 적정하다는 기준이 설정되어 있다.

### III. 결론

현대의 실험동물학 영역에서 동물실험의 정도를 높여 실험성적의 신뢰성을 보증하기 위하여 실험동물을 둘러싼 다양한 환경요인에 주목하고 있으며 이것을 조절하기위한 시도가 동물실험이나 동물생산의 시설에서 다양하게 이루어지고 있다. 특히 의약품의 안전성 시험 실시 기준(GLP)에 있어서 점검요소 중에 환경 조건의 제어기준치에 따른 측정 결과가 존재하고 있음을 보면 명확하게 알 수 있다. 실험동물의 환경요인은 앞에서 설명한 바와 같이 물리화학적 인자와 생물학적 인자로 크게 나눌 수 있으며 각각의 요인에 대해서는 다양한 환경인자가 포함되어 있고 이러한 요소가 단독 혹은 복합적인 인자로서 작용하여 실험동물에 영향을 미치고 있다. 한편 이것을 조절하는 편에서도 몇 가지 주요한 요소가 존재하고 복잡하게 연결되어있다. 이러한 양쪽의 관계를 명확하게 이해하는 것이 환경인자의 제어라는 단어를 사용하여 검토하였다. 표3은 지금까지의 환경제어 항목과 기준을 요약하였다. 끝으로 실험동물의 환경제어의 결과를 실험동물학적으로는 유전적 모니터링, 미생물학적 모니터링, 환경모니터링의 결과로 나타내는 것이 일반 환경제어 시설물과의 큰 차이점이라 할 수 있는데 이 부분에 대하여는 다음 기회에 기술하고자 한다.

### -참고문헌-

1. Miyagi 외, 1961, 動物生態學朝, p536, 倉書店, 東京
2. Nagayama 외, 1981, 溫熱生理學, p1-8, 理工學社, 東京
3. Beshch, EL, 1980, Environmental quality within animal facilities. Lab.Anim.Sci. 30, pp 385-406
4. 이민재외 4인, 1998, 실험동물의 관리와 사용에 관한 지침, p1-121, 열린출판사, 서울
5. Godon, CJ, 1993, Temperature Regulation in Laboratory Animals, New York : Cambridge University Press.
6. Garrard G GA, 1974, Reproduction and survival of mice at 23°C, J Reprod. Fertil 37, pp 287-298.
7. Flynn, RJ, 1967, Laboratory Animals, ed by conalty. M.L.,p285-288, Academic Press London&N.Y
8. Hughes, HC and S Reynolds, 1995, The use of computational fluid dynamics for modeling air flow design in a kennel facility. Contemp. Topics 34, pp 49-53.
9. Reynold SD and HC Hughes, 1994, Design and optimization of air flow patterns. Lab Anim. 23, pp 46-49
10. ASHRAE, 1992, Chapter 25 : Air cleaners for particulate contaminants. In 1992 ASHRAE handbook:Fundamentals, I-Pedition. Atlanta : ASHRAE.
11. Yamauchi, 1990, 동물실 환기를 생각하다, 나고야 대학 의학부 부속동물병원 연보 제15호 p5-10.

12. Asagawa, 1974, 공조기를 위한 공기 정화 pp25-53, 197-231, 317-417, 소프트 사이언스 사, 東京
13. Brainard GC, 1989, Illumination of laboratory animal quarters p69-74, Scientists Center for animal Welfare.
14. Sales GD, 1991, The effects of 22KHz calls and artificial 38DHZ signals on acitivity in rats . Behav. Processes 24, p83-79.

## 투고 환영

계간 「공기청정기술」지는 클린룸 업계의 발전을 위하여 보다 많은 클린룸 관련 기술자 여러분의 투고를 기다리고 있습니다.

각종 기술자료를 보내주시면 엄선하여 본 연구조합 기술지에 게재하여 드리고 소정의 고료를 보내드리겠습니다. 또한 본 기술지는 95년도부터는 “업계동정”란을 신설하여 업계의 단신을 수시로 접수, 게재코저하오니 우리 모두의 업계를 가꾼다는 마음으로 사소한 소식이라도 송부하여 주시기 바랍니다.