

生物学的評価方法による各種材質の居住性に関する研究

誌名	静岡大学農学部研究報告 = Reports of the Faculty of Agriculture, Shizuoka University
ISSN	05598850
巻/号	36
掲載ページ	p. 51-58
発行年月	1987年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



生物学的評価方法による各種材質の居住性に関する研究：
マウスの飼育成績による評価

伊藤晴康*・森 誠**・有馬孝禮*・水野秀夫**

(昭和61年10月30日受理)

A Biological Assessment of Dwelling Ability of Building Materials:
Comparison of Growth and Reproductive Performance
of Mice Housed in Wooden, Metal, and Concrete Cages

Haruyasu ITOH, Makoto MORI, Takanori ARIMA, and Hideo MIZUNO

SUMMARY

ICR mice were housed from 3 weeks of age in shoe-box type cages (11×17×30 cm) made of wood, metal and concrete with 2.5 g of wooden shavings for nesting. The cages were kept in a room without airconditioning from April to July, 1986. The body weight of mice kept in wooden cages were significantly larger than those kept in other cages at 3 to 5 weeks of age. The effects of cages on reproductive performance were examined by mating the mice at 8 weeks of age. No significant differences were observed in fertility rate, gestation period, maternal body weight or litter size between the experimental groups. After parturition, mice kept in wooden cages nursed their pups normally and pups gained their weight linearly as lactation advanced. In contrast, mice kept in metal or concrete cages did not show normal nursing behavior and most of their pups died during the first 1 week of lactation period. The surviving pups at 23 days of lactation were 85.1%, 41.0% and 6.9% of the number of new born in wooden, metal and concrete cages, respectively. The eye opening delayed about 2 days in the pups kept in metal or concrete cages than in wooden cages. The relative weight of testis, ovary, and uterus to the body weight at 23 days of age were significantly smaller in metal and concrete cages than in wooden cages. Preliminary measurements of temperature of nest and of body temperature of pups suggested that the direct heat loss from the surface of cages might be the most probable factor for such differences. The present study clearly showed that wooden cages had favorable ambient conditions for mice, and also indicated that measurements of body growth and organ weights of mice, especially during suckling period, can be useful method of biological assessment of dwelling ability of building materials.

* 静岡大学農学部林産学科木材物理学研究室
Laboratory of Wood Technology, Department of
Forest Products, Faculty of Agriculture,
Shizuoka University.

**静岡大学農学部農学科家畜飼育学研究室
Laboratory of Animal Science, Faculty of
Agriculture, Shizuoka University.

結 言

居住性 (dwelling ability) あるいは住みごちという概念には数多くの要素が含まれている。したがって居住性の優劣・適否を総合的に評価することは極めて困難であり、通常は各要素に分けて分析しそれぞれについての評価しか行われていない。

その中で、生活環境の素材としての建築材料の評価を、人体を用いた心理的・生理的な快適性から比較する試みがなされているが^{2,3)}ヒトの場合は申告が可能であるという利点は有するものの、再現性・反覆性に乏しく、また長期にわたる実験を行うには限界が多い。さらに、生活環境を総合的に評価するためには個体が健康を維持できるか否かだけでなく、動物が種属として繁栄的に維持されるか否かを基準とするべきであるとの考え方もある。

このような理由から、佐藤ら⁴⁾は遺伝的にコントロールされた実験用マウスを材質の異なるケージ内で飼育し、主として繁殖効率を指標として居住性の比較を試みたが、例数が少なく、残された問題も少なくない。

本実験は、同様な考えに基づき、木製、亜鉛鉄板製、及びコンクリート製のケージでマウスを飼育し、生活環境が動物の生理機能に及ぼす影響を比較することによって居住性の生物学的評価方法を検討することを目的とした。

材料及び方法

実験は、軽量鉄骨スレート葺の平屋建畜舎内の飼

育室で行い、温度、湿度及び照明は調節をせず自然環境下においた。但し、作業時のみ(1日最長2時間)室内灯を点灯した。また日光の直射はブラインドで防止し、換気扇により常時換気を行った。室内温度及び湿度はケージと同一の高さに設置した自動記録計により連続測定した。実験期間は1986年4月10日より7月13日までであるが、5月1日より7月13日までの最高及び最低の温度及び湿度の経日的変化を図1に示した。

ケージは内法が11 cm×17 cm×30 cmの同一容積の木製(ヒノキ、厚さ18 mm)、コンクリート製(鉄筋入り、厚さ31 mm)及び金属製(亜鉛鉄板、厚さ0.4 mm)の3種類とし、上面にはすべて同一の金網製の蓋を設けた。これらのケージ各10個は高さ78 cmの木製の実験台にランダムに平面に配置し、各実験群に対する飼育室内の環境条件がなるべく均等になるようにした。

用いたマウスはICRマウスで、静岡実験動物農業協同組合(浜松市)から3週齢で購入し、直ちに実験に供試した。全実験期間を通じマウスには固形飼料(MF、オリエンタル酵母工業)と水を不断給与し、床敷材として2.5 gのスキのプレーナー層を入れた。ケージ内のプレーナー層は分娩及び哺乳期は週1回、その他の期間は週2回新しいものと交換した。なお、繁殖試験に入る時点ではケージも交換した。

実験は成長試験とその後の繁殖試験に分かれる。成長試験：雌雄別々に1ケージ当たり2匹ずつ飼育し、各群それぞれ雄10匹、雌10匹について3週齢

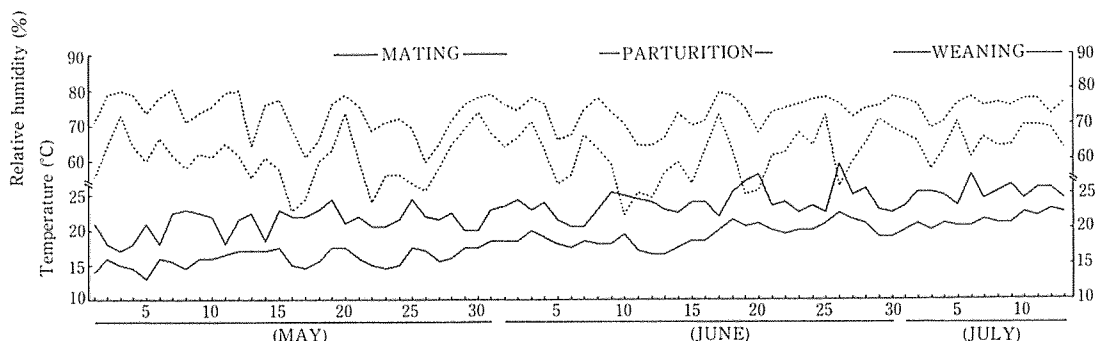


Fig. 1. Maximum and minimum temperature and relative humidity in animal room during experimental period.

から8週齢までの成長を比較した。体重は1日おきに測定し、雌については腔開口日齢も調べ成長の指標とした。

繁殖試験：8週齢に達したあと、各群内で雌雄1匹ずつを組み合わせて1ケージ内に同居、交配させた。2週間後、雄のみを取り出し雌はそのまま飼育を継続し分娩させた。午前9時に新生仔を確認した日を泌乳第1日（乳仔1日齢）とし、産仔数の調整はおこなわずにそのまま泌乳第23日まで哺育させた。母親の体重は妊娠初期及び泌乳期には隔日に、分娩前後には毎日測定した。乳仔の体重は個体毎に毎日測定し、また開眼日齢も調べた。体重測定は午前9時～10時に行った。

乳仔は23日齢で解剖し、卵巣、子宮、精巣、副腎、腎臓、脾臓、脳及び胸腺の重量を測定した。コンクリート製ケージ群では生存した全乳仔について、その他の群では1腹の乳仔のうち雌雄各1匹を無作為に抽出し供試した。

腔開口日齢と開眼日齢はMann-WhitneyのU-検定、妊娠率と生存率は二項検定、体重及びその他の値は“Student”のt-検定により群間の差を比較した⁵⁾

結 果

1. 成長に対する影響

図2-A及び図2-Bに雄及び雌の3週齢から8週齢までの体重の変化を示した。各群ともいわゆるS字型の成長曲線を描くが、3～5週齢の急成長期では雌雄とも木製ケージ群の成長が優れる傾向が認められた（ $P < 0.05$ ）。以後の体重は緩やかに増加し、ケージによる差はみられなくなるが7～8週齢では金属製ケージ群での雌の体重が他群より低かった（ $P < 0.05$ ）。なお、コンクリート製ケージ群のマウスの体重の変異が他群より小さい傾向が認められた。

雌の腔開口日齢は、木製ケージ群が 31.7 ± 2.6 日、コンクリート製ケージ群が 31.4 ± 1.7 日、金属製ケージ群が 34.4 ± 2.0 日（平均値 \pm 標準偏差）で、金属製ケージ群では、有意（ $P < 0.05$ ）に遅かった。

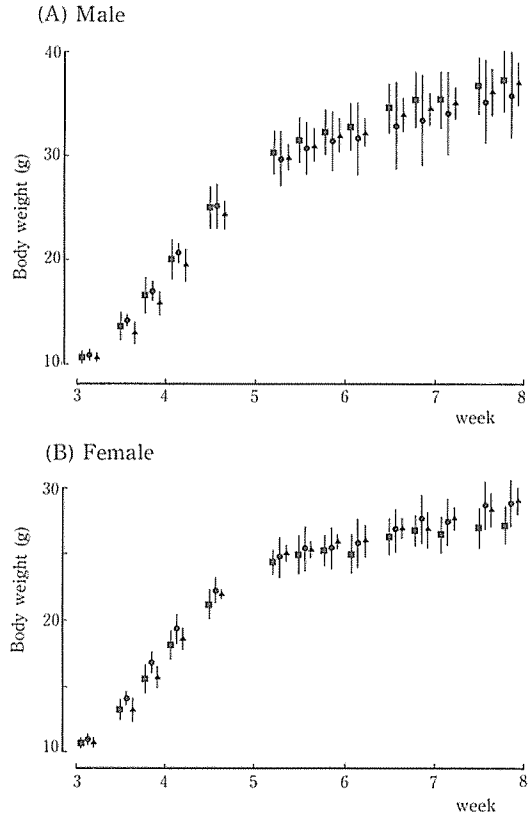


Fig. 2. Changes in body weight of mice from 3 to 8 weeks of age housed in wooden (●), metal (■) and concrete cages (▲). Mean \pm SD (A) Male (B) Female

2. 妊娠及び分娩に対する影響

各群とも腔栓が確認されたすべてのマウスおよび確認できなかった少数のマウスでも妊娠が順調に進行し分娩に至ったが、その数は木製ケージ群8匹、コンクリート製ケージ群10匹及び金属製ケージ群9匹で妊娠率に有意差は認められなかった。また妊娠期間（腔栓確認日から分娩日までの日数）にも差は認められなかった。

泌乳第1日における産仔に関する結果を表1にまとめた。1腹の平均産仔数はコンクリート製ケージ群がやや多く、また生存率は木製ケージ群でやや低かったが各群間に有意差はなかった。なお木製ケージ群の1例の母親で5匹の産仔のうち4匹が死亡していたものがあった。

母マウスの妊娠から分娩を経て哺乳期に至る体重変化を図3に示した。妊娠期間中（分娩までの20日

Table 1. Reproductive performance of the dams kept in cages made of wood, metal or concrete.

	Number of dams delivered	Litter size			Total number of live pups	Total number of dead pups	Rate of live pups (%)
		Max	Min	Mean±SD			
Wooden cage	8	16	5	11.8±3.1	89	5	94.7
Metal cage	10	15	11	13.1±1.2	130	1	99.2
Concrete cage	9	17	6	11.7±2.7	105	0	100

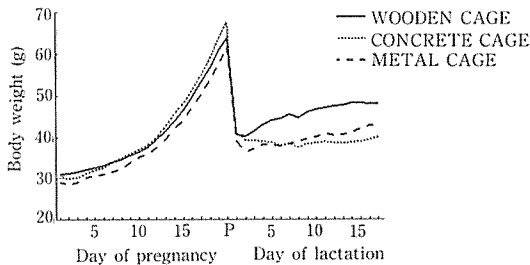


Fig. 3. Changes in body weight of mice during pregnancy and lactation.

間の母親体重増加量は木製ケージ群 31.7 ± 4.5 g, コンクリート製ケージ群 37.1 ± 3.0 g 及び金属製ケージ群 31.8 ± 5.2 g であり, コンクリート製ケージ群が大きく, さらに分娩前後の体重減少量もコンクリート製ケージ群 (26.2 ± 2.7 g) が木製ケージ群 (22.9 ± 4.8 g), 金属製ケージ群 (21.8 ± 3.9 g) より大きかった。これは前記のように産仔数が多かったことに基づく結果と考えられる。一方, 妊娠直前と泌乳第1日の体重差は木製ケージ群 (9.8 ± 2.5 g), コンクリート製ケージ群 (10.9 ± 2.4 g) 及び金属製ケージ群 (10.1 ± 2.3 g) と各群間に差は認められず, 妊娠期間中の母親の実質的体重増加には特にケージ材質による顕著な影響はなかった。

3. 乳仔の成長に対する影響

分娩後の日数の経過とともにコンクリート製及び金属製ケージ群の乳仔の成長は著しく停滞し, 弊死するものが続出した。この状況は特に泌乳第7日目までが顕著で, 泌乳第13日までにコンクリート製ケージ群では8腹, 金属製ケージ群では4腹の乳仔がすべて死亡した。図4には乳仔の生存率(総生存乳仔数/総産仔数×100%)の推移を, また図5には各群における全生存乳仔の平均体重の変化を示した。木製ケージ群ではほぼ直線的に増体を続けるのに対し, コンクリート製及び金属製ケージ群では泌乳第

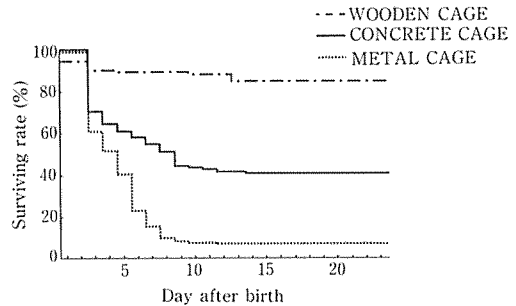


Fig. 4. Surviving rate of pups.

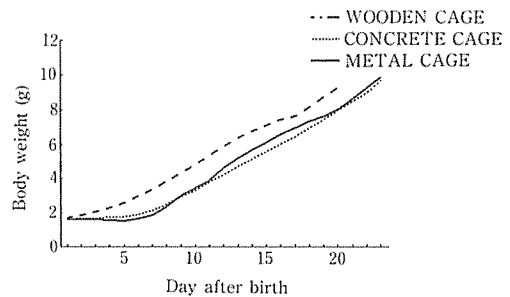


Fig. 5. Growth curve of pups during lactation period.

5日頃までは体重増加はほとんどなく, 以後徐々に上昇し始め, 泌乳第7日以降は木製ケージ群とほぼ同じ増加率を示した。開眼日齢は木製ケージ群で 15.7 ± 1.0 日だったのに対しコンクリート製及び金属製ケージ群ではそれぞれ 17.9 ± 1.0 日および 18.1 ± 1.3 日と約2日遅かった ($P < 0.05$)。

4. 離乳乳仔の臓器重量の比較

雄の腎臓以外の測定したすべての臓器の絶対重量は, 木製ケージ群, 金属製ケージ群, コンクリート製ケージ群と平均体重の大きい順に大きかった。しかし体重で群間に有意差が認められたこと, さらに isometric な要因を消去するために相対重量でこれらと比較した。表2-Aに雌の, 表2-Bに雄の体重と体重10g当たりの臓器重量を示した。特に顕著な

Table 2-A. Body weight and organ weights of 23-day-old female pups reared in wooden, metal and concrete cages.

	Body weight (g)	Ovary	Uterus	Adrenal	Kidney	Spleen	Brain	Thymus
		(mg per 10 g of body weight)						
Wooden cage (7)	12.24±1.76	4.91±0.90	25.5±9.17	3.96±1.15	181.6±15.9	84.1±20.8	330.2±40.8	61.8± 5.37
Metal cage (5)	10.51±3.86	3.17±0.94*	12.6±3.56*	2.74±0.13	188.9±13.8	75.5±27.3	401.4±90.0	67.9± 4.60
Concrete cage (4)	8.46±2.45*	2.92±1.01*	13.3±1.99*	3.16±0.65	193.7±10.2	83.5±38.6	431.0±79.4*	53.3±23.40

Values are means ± SD with the number of pups in parenthesis.

*P<0.05 against wooden cage group.

Table 2-B. Body weight and organ weights of 23-day-old male pups reared in wooden, metal or concrete cages.

	Body weight (g)	Testis	Adrenal	Kidney	Spleen	Brain	Thymus
		(mg per 10 g of body weight)					
Wooden cage (8)	13.83±2.94	41.8±5.00	2.88±1.06	189.3±36.6	72.6± 7.6	333.2±53.5	55.1±10.99
Metal cage (5)	10.88±3.53	28.6±8.59**	3.04±0.79	271.6±58.1*	83.3±19.3	399.0±96.1	64.0±18.7
Concrete cage (5)	10.58±1.04	29.6±4.80**	2.97±0.60	276.1±39.7**	57.9± 9.0*	363.5±46.3	65.7± 8.7

Values are mean ± SD with the number of pups in parenthesis.

*P<0.05 and **P<0.01 against wooden cage group.

影響は生殖器重量に認められた。木製ケージ群と比べてコンクリート製及び金属製ケージ群ではともに卵巣重量で約40%、子宮重量で約50%も小さく、同じように精巣重量で約25%小さかった。なお金属製ケージ群では腎臓に水腫のある個体が多くみられた。

考 察

環境要因に対して動物が示す反応は、その成育段階によって大きく異なる。また環境要因の影響を検討するには、個体の生理機能に対してのみでなく、種属維持のための繁殖機能に対する効果も調べることが重要である。このような理由から環境要因が動物に対する影響を総合的に調べるためには、3世代にわたる試験が必要とされている⁹⁾。本実験では第1世代にとっては3週齢から8週齢の成長と、繁殖に対する影響が、また第2世代にとっては胎生期から離乳時までの発育と成長に対する影響が調べられたことになる。

第1世代では、離乳後の急成長期の初期において、木製ケージ群の成長がやや優れ、環境材としての木質の優位性が示された。しかしその後の成長や、妊娠率、分娩仔数など観察した項目ではケージの材質による差は認められなかった。急成長期の方が環境

の影響が顕在化し易いことを示したと考えられる。

第2世代の生存率や成長にみられたケージ材質による顕著な差は、仔に対する直接的な影響によるものか、又は母親を介しての間接的な影響によるものかを区別することは困難であるが、生活環境として木製ケージが金属製及びコンクリート製ケージより優れていることを明確に示したものと見える。

材質によるこのような差の原因のうち、主要なものとして考えられるのは、温度及び湿度である。恒温動物は生存するために常時体温を一定に保たねばならず、そのために各種の生理機能が働いている。したがって飼育環境の中でも温度については多くの研究が行われており、実験用マウス及びラットの飼育に適した温度の範囲は20~29°Cとされている^{7,8,9)}。一般の実験動物飼育施設では温度を24~25°Cまた湿度を45~65%に調節しているところが多い⁹⁾。最近、Yamauchi et al.¹⁰⁾はマウスを様々な温度下で飼育し、成長・繁殖・臓器重量及び血液成分を比較した結果、12~26°Cの範囲では顕著な影響は現れないと報告している。自然条件下で行われた本実験期間中の飼育室内温度と湿度は図4に示したが、上記の適温域、ことにYamauchi et al.¹⁰⁾の報告からみる限りではマウスの成長・繁殖に大きな影響を与える直接的要因とは考えられない。

他方、マウスをケージ内で飼育した場合に、直接影響を与えるのは動物に近接のいわゆる微気候要因であって、飼育室内の温度や湿度はむしろ間接的に影響するに過ぎないとの指摘がある¹¹⁾にもかかわらず、このような微気候要因についての検討は比較的少なく、特に床敷材及びケージ材質からこれを検討したものは見当たらない。ケージ内、ことに上面開放型のケージでは、温度は一般に動物の発熱によって室温よりも高くなるが、ケージ壁面からの貫流熱損失が大きく、換気による熱損失は少ないことが示されている^{12,13)}本実験ではケージ内の温度はいずれの材質でも室温より僅かに1~2°C高かった¹⁴⁾また、飼育室の温度の変動に対し、ケージ内の温度の変動の幅は、コンクリート製ケージでは木製及び金属製ケージより小さかった¹⁵⁾これはコンクリート製ケージ群の第1世代の成長過程で体重の変動が小さかったことに反映されているのかもしれない。さらに木製ケージ内での湿度の変化は飼育室内とほぼ同じ軌跡をたどるが、金属製ケージ内では、変化が増幅されていた¹⁶⁾ケージ材質の表面温度を測定したところ(ハンディタイプデジタル表面温度計, CD-700型, CHINO製), ケージ材質間の差は1°C内外しかなかったため第2世代に見られた顕著な差は材質による熱の奪われ方の差が最も大きいと考えられた。

本実験では巣作りに応えるために床敷材として2.5gという極少量のスギのプレーナー屑を与えた。哺育中の母親はこれを用いて巣を造ったが、この量ではドーナツ状にしかならず、巣の中央はケージ材質が露出していた。木製ケージでは、この状況下でも仔を集め(retrieving)、腹の下に抱え(crouching)、正常の哺育行動を示したが、コンクリート製ケージでは仔はケージ内に散乱放置され、体温が低下し死に至るものが続出した。冷えた仔を巣内に導入しても母親は外に排除してしまった。金属製ケージでも軽度ではあるが同じ傾向であった。母性行動や乳汁分泌機能への悪影響が仔の衰弱や体温低下をひきおこしたのか、逆に仔の体温低下が原因となって母性行動に異常が生じたのかは断定できないが、仔マウスの体温保持に対する、材質の直接的な影響は否定できないであろう。

一般に出生直後は体温調節機能が未熟であり、熱的中性域が非常に狭いことが家畜で詳しく調べられている^{15,16)}特に新生豚では33~34°Cと僅か1°Cと狭い¹⁷⁾被毛を持たず、しかも体重当たりの体表面積が大きく、さらに、体表面と床面を絶えず接触しているマウスの新生仔の場合は床面からの伝達による熱損失が大きいものと考えられる。

本実験中数回にわたって、巣内の温度(巣の中央の材質の温度)をマウスが巣から出た直後と約2分後に測定したところ、木製ケージでは36°Cと35°Cといずれも高く保たれていた。金属製ケージでは材質の厚さが薄く、木製台上に置かれていたこともあって、巣から出た直後では30°Cとかなり暖かく、また時間がたっても26°Cとある程度の暖かさは維持されていた。これに対し、コンクリート製ケージでは常に室温に近い低温を示した¹⁴⁾これは各材質の熱伝導率からもある程度予想できることではあるが、マウスの体表からの熱損失が接触する材質によって大きく異なることを意味している。

乳仔の体表面温度を測定すると、木製ケージは平均して34~35°Cを保っていたが金属製ケージでは約30°C、コンクリート製ケージでは約27°Cと体温の低下が明らかに起こっており、コンクリート製ケージで約26°C以下になるとすべて死亡した¹⁴⁾また乳仔に被毛が生えてくると、いずれのケージでも35°Cを保持しており被毛による断熱効果が高いことが認められた。これらの体温保持の様態は乳仔の死亡率の推移とよく一致している。

Yamauchi et al¹⁸⁾の実験ではケージ内に床敷材を使用しているが、その量についての詳細は述べられていない。飼育室が12°C~26°Cという広い温度範囲で、成長・繁殖などに差が認められなかったのは、マウスの巣内の最低温度がかなり高い水準に保たれていたに違いない。

本実験の結果はケージ内の微気候、特に動物体との接触による直接的な熱伝導または温度差が動物の生理反応に大きな影響をもたらすことを明瞭に示すとともに、ケージの材質・形態にかかわらず、十分量の床敷材を使用した場合には飼育室の温度の“精密な”調節は余り重要ではなくなることを示すものである。

佐藤⁴⁾は床敷材の重要性を考慮して2種の材質を用いているが、その使用量についての記述がなく、例数も少なく、かえってケージ材質の影響の解析を複雑にしている。にもかかわらず、木製ケージ群では繁殖がほぼ正常であったのに対し、コンクリート製及び金属製ケージ群では哺育に異常を生じたという。微妙な環境条件の差を生物反応としてとらえる場合には、生理的、心理的に非常にデリケートな分娩から哺育期の母親の哺育行動ないしは乳仔の成長を指標とすることが非常に有効であることを示している。

第2世代の乳仔の離乳時における臓器重量のうち、特に生殖器重量に見られた顕著な差は注目すべきものであり、第1世代の幼若期においても生物反応のより鋭敏な指標となり得る可能性が考えられるが、これについてはさらに検討を要する項目である。

本実験は春季の比較的温暖な自然条件下で行われたが、今後、夏季の暑熱又は冬季の寒冷環境下で同様の実験を行い、成長・繁殖・行動その他に起こるであろう生物反応を調べ、各種材質の物理的諸性能との関連を通じて居住性の評価を検討する予定である。またコンクリート製ケージや金属製ケージに木質材料の内張りを施したり、異種材質の組み合わせなどの場合の居住性についても検討を進めつつある。

摘 要

木製、亜鉛鉄板製及びコンクリート製のケージでマウスを飼育し、各材質の居住性について生物学的な評価を試みた。使用したマウスはICRマウスで、床敷材として2.5gのスキのプレーナー屑をいれた各ケージを用いて、春季(4~7月)の自然条件下の飼育室内で3週齢から飼育した。雌雄とも3~5週齢の急成長期では木製ケージ群の成長に優位性が認められた。8週齢で交配したところ、妊娠率、妊娠期間、妊娠中の実質増体重及び産仔数には各ケージ間に有意な差は認められなかったが、乳仔の発育には顕著な差が現れた。木製ケージ群の乳仔は正常に成長を続けたが、コンクリート製及び金属製ケージ群では成長が著しく停滞し、弊死するものが続出した。23日齢での乳仔の生存率は木製ケージ群85.1%に対し、金属製及びコンクリート製ケージ群

ではそれぞれ41.0%及び6.9%と著しく低かった。開眼日齢も金属製及びコンクリート製群では木製ケージ群より約2日遅かった。23日齢での各種臓器重量を調べたところ、雌雄とも特に生殖器の重量に顕著な差が認められ、金属製及びコンクリート製のケージ群では、木製ケージ群と比較して体重当たりの卵巣重量が約40%、子宮重量は約50%、精巣重量は約25%小さかった。

これらの結果を、巢内温度及び乳仔の体表温度の測定結果と考え合わせると、動物の体と材質との接触面での熱損失の差が動物の熱代謝に大きな影響を及ぼしたと思われる。本実験の結果は、各種材質の居住性に対する生物学的評価法として、急成長期、特に乳仔期(哺乳期)における成長並びに臓器の発達を指標としたマウスの飼育試験の有用性を示すとともに、木製ケージは動物の居住環境として金属又はコンクリート製ケージより明らかに優れていることを示した。

謝辞

本研究は静岡県木材協同組合連合会の補助金によって行った。謝意を表する。

引用文献

- 1) 増田稔, 満久崇磨, 山浦安春: 木材工業, 29, 29 (1974).
- 2) 浅野猪久夫, 都築一雄: 木材工業, 29, 33 (1974).
- 3) 満久崇磨: 日本学術振興会研究報告集録, 農学編 (総合研究), 1 (1973).
- 4) 佐藤孝二, 竹村富男, 都築一雄, 鈴村昭弘: 木材の居住性—木質環境科学—, 151 (1986).
- 5) 石居進: 生物統計学入門, 培風館, (1975).
- 6) 日本木材青壮年団体連合会: 木材の居住性能, 46, (1983).
- 7) Clough, G. and Gamble, M.R.: Laboratory Animal Houses. A Guide to the Design and Planning of Animal Facilities, MRC Laboratory Animal Care, 29 (1979).
- 8) Committee on Revision of the Guide for Laboratory Animal Facilities and Care, Insti-

-
- tute of Laboratory Animal Resources, NRC :
Guide for the Care and Use of Laboratory
Animals, National Academy of Sciences, 25
(1978).
- 9) Lane-Petter, W. : The UFAW Handbook on
the Care and Management of Laboratory
Animals, Churchill and Livingstone, (1972).
- 10) Yamauchi, C., Fujita, S., Obata, T. and Ueda,
T. : *Exp. Anim.*, 32, 1 (1983).
- 11) 吉田燦, 高橋徳太郎, 上村文雄 : *実験動物*, 26,
323 (1977).
- 12) 吉田燦 : 京都大学工学部博士論文 (1984).
- 13) Allander, C. and Abel, E. : *Z. Versuchtierk.*,
15, 20 (1973).
- 14) 伊藤晴康 : 静岡大学農学部卒業論文 (1987).
- 15) Bianca, W. : *Adaptation of Domestic Ani-
mals*, Lea and Febiger, 97 (1968).
- 16) Esmay, M.L. : *Principles of Animal Environ-
ment*, The Avi Publishing Co., (1969).
- 17) Mount, L.E. : *Am. J. Physiol.*, 147, 333 (1959).