

実験動物舎環境調節の特質とプランニング (第1報)

千葉大学医学部衛生学教室

田波潤一郎 石橋修
JUNICHIRO TANAMI OSAMU ISHIBASHI

川島公明
KŌMEI KAWASHIMA

(昭和43年6月8日受付)

I. はじめに

動物舎の調節を要する環境要素は、気温・気湿・気流(気動)・光・騒音・臭気・ガス・粉塵・微生物などありますが、特に微生物環境要素は動物舎の特徴でありまして、Reyniers¹⁾の“Free from unwanted microorganisms”の状態を作り出すことが最も必要とされます。

わが国には、実験動物舎を全体的に設計する技術面における専門家が少ないので、建築・空調・上下水・廃棄物とそれぞれの専門家が動物舎を合作することになります。多くの場合、プランナーは、実験動物を直接用いる研究者がこれに当たります。研究者は、それぞれが用いる実験動物については、深い知識と理解とを有しておりますが、実験動物全体を理解していないことが多く、建築などの専門家も実験動物全体を理解していない場合が多いように見うけられます。本論文は、実験者側のプランナーとそれに協力する各分野の技術陣とが、最新の実験動物舎(施設)はいかにあるべきかという点に関して、了解事項として共通して知っているといふ最小限のものを図表・写真などによって示したものです。

わが国の実験動物舎の現況を概観しますと基本的な線で混乱を生ずる2, 3の事項があるように見うけられます。

実験動物舎のタイプを国際的な観点から考えてみますと、アメリカ型と西ドイツ型というように表わすことができそうです。伝染病予防を主眼とする考え方は同じですが、前者はデラックスであり、後者は実用を旨としております。わが国ではアメリカ型が幅をきかせているようですが、わが国の動物舎に対する習慣的な考え方と経済的な制約からすれば、① 動物飼育の目的を明らかにし、② 目的に合致した方式を選択し、③ いかにしたら安価に、しかも能率のよいものが作られるかの点にく

ふうを凝らすべきであります。

わが国で、今までに計画された実験動物舎の実績を見ますと、多くの種類の動物をすべて収容するような形のものがありますが、これは多くの場合、運営上の欠点を示しております。後で述べますように、少なくとも動物種による別個の動物施設を必要とし、研究機関では、動物実験を主眼とする保持動物舎を必要としますし、実験動物生産施設と実験動物保持施設と実験研究室との結びつきを十分考慮してプランを立てなければなりません。

したがって、実験動物舎のプランニングに当たっては、画一的なモデルを示すわけにはいきません。その場に応じ、地域の実際的な条件を生かして、もっとも適した動物舎が作られねばなりません。

ここでは、比較的小さな実験動物を例にあげて、最大公約数的な見方から、実験動物舎の考え方を整理して示したいと思います。

II. 実験動物舎の分類について

実験動物舎・実験動物施設を一貫した単一な方向から分類することはできません。少なくとも、数種の方向から立体的に考えねばなりません。また、次に示す分類の境界線は一応の目安であって、厳密なものではありません。また、例としてあげたのが小動物でありますので、中・大動物についてもこれに準じて考えられるものであります。中・大動物では実験目的から考えて、将来に残されている問題点が多くあります。

A. 動物の種類による分類¹⁾²⁾

小動物舎：マウス・ラット・モルモット・ハムスターなど (1 kg 以下の体重)

中動物舎：ニワトリ・ウサギ・ネコ・サルなど (3~5 kg の体重)

大動物舎：イヌ・ヒツジ・ブタ・(牛)・(馬)など (15 kg 以上の体重) に分類する)

B. 作業動線による分類¹⁰⁾

一廊下方式，二廊下方式，応用方式

C. 実験動物の質から見た分類

普通動物舎，SPF 動物舎，無菌動物施設

D. 飼育の目的による分類

繁殖動物舎，保持実験動物施設(保持実験動物施設は，a；短期実験施設，b；長期実験施設，c；特殊実験施設

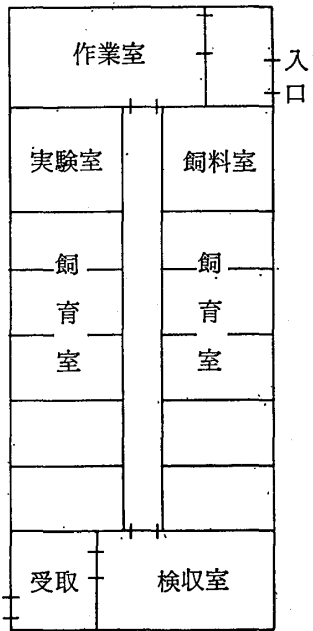
E. 室の気圧配置の差による分類

飼育室高気圧型，飼育室低気圧型

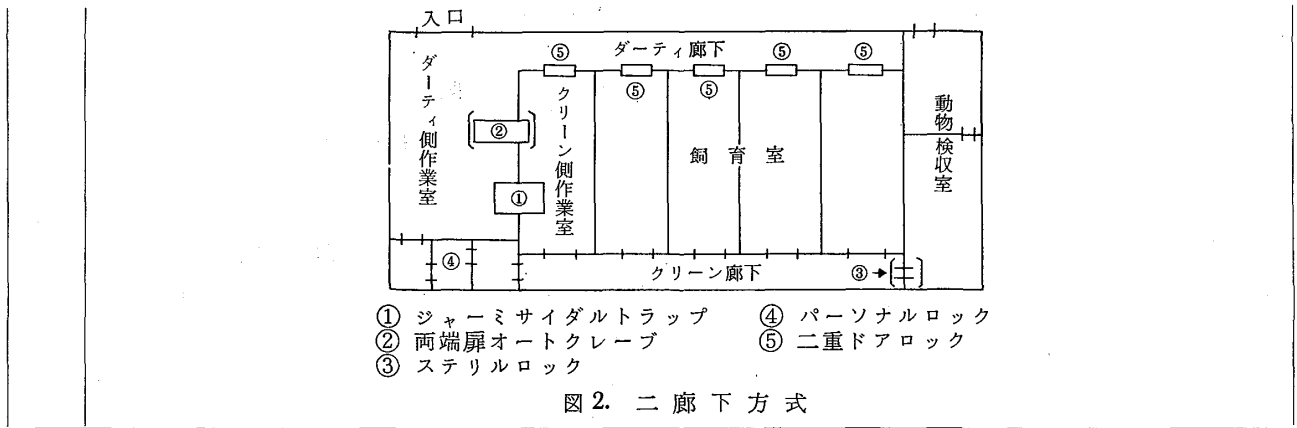
III. 分類の説明

Aについては，別に説明を要しないと思われます。また，無菌動物，SPF 動物，感染動物などという術語の一つ一つについての説明は，これを省略させていただくことにします。ここではB以下の分類について，分類の基礎の要点について表示し，説明することになります。

B. 作業動線による分類

方式	構造の特徴	摘要
一廊下方式	<p>廊下の一方，または，両側に飼育室，その他の室を有する。通常見られるのが，この方式であるが，作業動線は，人についても，動物・物品についても，廊下で交差する。</p>  <p style="text-align: center;">図 1. 一廊下方式</p>	<p>実験を行なうには便利であるが，伝染病予防の面で不備をまぬかれない。この不備を軽減するには，</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 飼育室を奥の方にし，飼料室・滅菌室・実験室・洗滌室などの配置を順次入口側にする。 ② 気圧の配置を，奥の方を高く，入口を低くする。 ③ すべてに対し，滅菌・消毒を嚴重にする。 ④ 動物受取・検収室の一部を利用し，人の退出・廃物の引出しをここから行なうことをくふうすれば，作業動線の混乱が緩和される。

方式	構造の特徴	摘要
二廊下方式	<p>飼育室をはさんで，クリーン廊下とダーティ廊下とがある。人・物品の流れは，クリーンからダーティへ一方交通である。飼育室からダーティ廊下への出口を二重ドアのロックにすれば，伝染病予防の面で完全となる。 (例 Hoechst；フランクフルト，西独) ダーティ廊下分のスペースが余分にとられるが，飼育室の奥行を長くすることによって，飼育面積の効率を増すことができる。 (例 Upjohn；ミシガン，U. S. A.)</p>	<p>実験には不便があるが，伝染病予防の面ですぐれている。飼育室の一つに伝染病が発生した場合，この室を分離し，消毒することが容易である。一部分の飼育室をダーティ側から出入して用い，一廊下の場合と同じ簡便さで実験を行なうこともできる。ただし，この場合の伝染病予防効果は，一廊下の場合と同じ程度である。</p>



方式	構造の特徴	摘要
応用	<p>① 三廊下方式</p> <p>これはクリーン廊下をはさんで飼育室を2列作り、その外側にダーティ廊下を設けるものと、ダーティ廊下をはさんで飼育室を作り、その外側にクリーン廊下を設けるものがある。</p>	<p>① 三廊下方式は二廊下方式と同様の効果をもつ。</p> <p>② 実験室付設方式は、実験に長期間を要し、しかも実験が清浄な条件で実施できる場合は④が適する。⑤は比較的短期間の実験に適する。</p> <p>この場合、人および物は、クリーン側に侵入してはいけない。</p>
	<p>② 実験室付設方式</p> <p>④ クリーン側に実験室を設ける。 ⑤ ダーティ側に実験室を設ける。</p>	<p>③ 階層方式</p> <p>二階以上の構造からなる動物舎では、通常一廊下方式がとられる。二廊下方式を応用することもできるが、全体のデザインに無理を生じ、階段・リフトなどの構造が特別に考慮されなければならない。二廊下方式およびこの応用方式では、一階建が望ましい。</p>
方式	<p>④ クリーン側に実験室を設ける。 ⑤ ダーティ側に実験室を設ける。</p>	

図3. 三廊下方式

図4. 実験室を付設した二廊下方式

C. 実験動物の質からみた分類

質	空 気 の 取 り 入 れ ・ 空 調	方 式 ・ 仕 様
普通動物舎	ある程度の除塵・除菌を行なう。空気再循環の場合は、ある程度の脱臭処置を行なう。 昆虫の侵入を防ぐ。 一般商業用空調。	一廊下方式を用いる。 二廊下方式を、ダーティ側から使用する。 鼠族の侵入を完全に防ぐ。
SPF動物舎	高度の除菌を行なう。 理想的には、最小粒子径 0.2μ を濾過しうるフィルターを用いれば、経験的に無菌であり、通常問題とされるウイルスを除くことが知られている。 高度の空調方式をとる。 動物種による適温 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, RH $50\pm 10\%$, そのほか温度分布, 気流速度およびその分布を適正にする。 原則的には、再循環を行なわない。	二廊下方式, あるいはこの応用方式をとる。各室・廊下などの気圧配置が, 飼育室を中心として出入口に向かって低下しているように保持される。 飼育室の気圧は 25 mmAq 以上が望ましい。飼育室の壁・天井・床・ドアの気密保持が必要である。 パーソナルロック, 両端扉オートクレープ, ジャーミサイドトラップ, ステリルロックなどを設備する。 (二廊下方式の機能の要点は別に図5に示す)
無菌動物施設	精度の高い濾過フィルターか, 空気熱灼滅菌を行なう。 ビニールアイソレーターか, 硬質プラスチックのアイソレーターが多く用いられる。 アイソレーター内部が無菌環境であって, アイソレーター室自体には特別の考慮がいらぬ。	通常アイソレーター室全体を空調する。 条件はSPF舎の場合と同等でよいが, 気流速度およびこの分布はそれほどの厳密さを要しない。 補助空調装置を用いれば, 全体空調はSPF舎の場合よりも粗でよい。 一廊下方式でよい。 アイソレーターの排気は室外に誘導する。

D. 飼育する目的による分類

目的	施設機能の重点	方式・仕様
繁殖動物舎	伝染病原体の感染機会をなくする。 伝染病発生の場合には, 危険な飼育室を完全に隔離し処置することができる。 作業能率を上げうようにデザインされている。	二廊下方式およびこの応用方式。 作業能率をあげるための各種設備を要する。 (例) 自動給水装置 バキュームクリーナーなど
保持実験動物施設	短期実験 比較的短期間は伝染病発生のおそれがなく, 実験のために便利な構造である。	一廊下方式, または二廊下方式のダーティ側に実験室を設けるもの。
	長期実験 比較的長期にわたる実験であって, 伝染病予防, 適正環境条件の保持に適する。	二廊下方式およびこの応用方式で, クリーン側に実験室を設けるもの。
	特殊実験 感染動物・RI投与動物・有毒ガスおよび粉塵曝露実験動物のようなものを取扱うためのものであって, 病原体・有毒物質などを外界に漏洩しない気密構造のものであって, 排気・廃棄物・汚水などを完全に安全化する機能をもつ。	感染動物舎。 RI動物舎。 毒ガス動物舎など。 (感染動物舎の機能の要点は別に図7に示す)

E. 室の気圧配置による分類

型	機能模型図	説明
飼育室 高気圧	<p>図 5. 二廊下方式機能模型図</p> <p>付帯設備品</p> <p>① ジャーミサイダルトラップ ② 両端扉オートクレーブ ③ 動物受取用ステリルロック ④ 廃棄物用ステリルロック ⑤ 人退出用二重ドアロック</p>	<p>二廊下方式および三廊下方式の原則的な要件であって、飼育室は 25 mmAq 以上。ダーティ側に向かって順次下降するようにデザインする。次の順序は原則的な使用時動線であって、これを実用化する場合は、いろいろに変形することができる。</p> <p>(1) 人：ダーティ側→パーソナルロック→クリーン側→二重ドアロック→ダーティ側</p> <p>(2) 動物：動物検収室→ステリルロック→クリーン側</p> <p>(3) 飼料・物品：ダーティ側作業室→ジャーミサイダルトラップ、または両端扉オートクレーブ→クリーン側→廃棄物用ステリルロック→ダーティ廊下</p>
型	<p>付帯設備品の簡単な説明</p>	<p>いずれも、クリーン側とダーティ側を連絡するためのもので、感染予防の役目を果たす。 (写真 10, 11, 12, 13 参照)</p> <p>図 6. 付帯設備品略図</p>

型	機能模型図	説明
飼育室 低気圧型	<p>図7. 感染動物舎機能模型図</p> <p>付帯設備品</p> <ul style="list-style-type: none"> ① ジャーミサイダルトラップ ② 両端扉オートクレーブ ③ 動物受取用ステリルロック 	<p>感染動物舎, RI 実験動物舎, 毒ガス曝露動物舎などがこれに当たる。感染動物舎では, 気圧配置は, 排気室 -3.0 mmAq 以下, 飼育フード -25 mmAq 以下, その他の危険区は $1.5 \sim 2.0 \text{ mmAq}$ に保持できるようにデザインすることが必要である。これは, 危険度の高い感染動物舎を例にしたものであって, 原則的に必要な仕様について述べてある。応用するに当たっては, いろいろに変形することができる。</p> <p>(1) 動物はステリルロックを通して安全側より送られ, 危険高度の感染動物はフード内で飼育される。</p> <p>(2) 人の出入はパーソナルロックによる。</p> <p>(3) 物品・飼料などは安全側からジャーミサイダルトラップ, または両端扉オートクレーブを通して入れられる。物品の搬出は主としてオートクレーブを通して行なわれる。</p> <p>(4) 排気の処理は灼熱滅菌器を用いるか高性能フィルターによる除菌法による。</p> <p>(図8参照)</p> <p>(5) 廃棄物は原則として高圧蒸気殺菌を施す。</p>
型	<p>排気処理のための装置の簡単な説明</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="239 1254 590 1590"> <p>濾過型空気滅菌器</p> <p>無菌飼育用アイソレーターのフィルター応用の。</p> </div> <div data-bbox="686 1254 1085 1657"> <p>カーボランダム灼熱型空気滅菌器</p> <p>0.5 mm 平均粒径のもの。底部 600°C, 上部 200°C, $400 \sim 600^\circ\text{C}$ の部分に空気が 0.3 秒間存在するように設計される¹⁶⁾。</p> </div> <div data-bbox="1101 1254 1404 1635"> <p>ポスリン灼熱型空気濾過滅菌器</p> <p>600°C に加熱されたポスリン管で空気を濾過滅菌する。</p> </div> </div> <p>図8. 各種の空気殺菌装置略図</p>	

IV. 考 察

実験動物舎(施設)をプランニングする場合に, しばしば遭遇する困難は, 実験動物そのものについての分類的な考察が, 実際面と相関するような形ででき上がらないことです。たとえば, 実験動物の中に, SPF 動物とか Gnotobiotics¹⁵⁾(ノートバイオツ)とかいうような言葉が出てきますが, 私たちは, 図9に示すような3次

限で考えております。

つまり, 実験動物を大・中・小とある方向づけを行なって分類しますと, SPF は C の方向に, Gnotobiotics は B の方向にと, それぞれ全く違った方向に分類されるものです。

Gf を起点として考えた場合, SPF と Gnotobiotics とは別のカテゴリーのものであることに注意せねばなりません。実験動物舎の概念は上に述べた言葉の意味づけ以

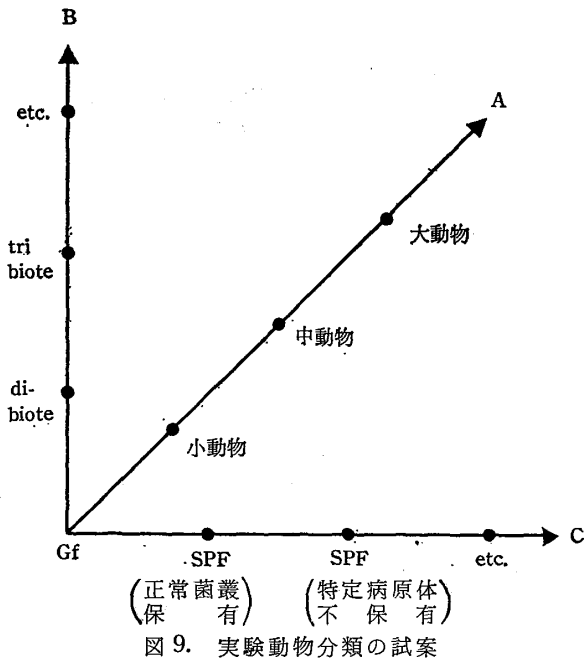


図9. 実験動物分類の試案

上に複雑なもので、簡単には図示できませんが、基本線として、上に述べたように、5項目に分けて考えますと、必要事項が比較的明瞭に浮んでまいります。

中・大動物の取扱いは、小動物よりもずっと難かしくなりますが、従来家畜と考えられていたものでも、漸次実験動物の仲間入りをしてまいりました。中・大動物は、もともと、個体のもつ軽微な質の差違というものをあまり問題にしないような実験に使われてきたものです。近ごろでは、薬物の検定とか、臓器移植を含む広義の免疫の研究とか、条件反射の成立を基礎とする Behavioral Toxicology の研究とかいうように、動物の個体差をできるだけ少なくして、動物群を Mass としてとりあつかいたいと思うようになりつつあります。中・大動物の系統の問題も考慮されておりますが、これが成立するのは将来の問題であります。ただ今のところ、動物の保持飼育に重点がおかれ、種々のくふうが凝らされております。この場合は、できるだけ動物を自然に近い状態で、のびのびと飼育しようとするのが眼目です。これらの動物を用いて動物実験をする場合は、保持飼育とは別の事がら問題になります。この関係を簡単に示しますと、つぎの表のようです。細部は続報にゆずらせていただきますが、ただ例として、区画室型でイヌを飼育する場合

保持飼育形式		実験のための飼育の問題点
自然公園型	サル	飼育実験室の問題
区画室型	イヌ・サル・ネコ	飼育ケージまたは檻の問題 手術室・回復室の問題
遊歩室型	サル・モルモット・ネコ・ウサギ	動物固定器などの問題

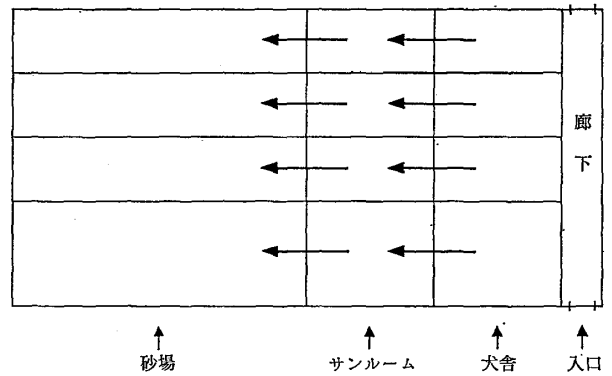


図10. 三区画式実験イヌ飼育舎平面略図

を紹介しますと、図10、および写真1, 2, 3, 4のようであります。

小動物および中動物について動物舎、または動物施設を計画する場合、III項の分類を応用する例を示すことができます。たとえば、敷地の制約で、どうしても、①2階・3階・4階などに動物舎（施設）を作らねばならず、また階の全体を使うこともできないものとする。②実験としては感染動物実験で、危険高度で比較的長期を要する場合であるとする。しかも一方では、③実験に必要なだけの病原体感染のない動物、マウス・ラット・ウサギを作り出したいというような条件のある場合は、平屋であった場合の二廊下方式、平屋独立であった場合の感染動物舎の要件をまず考え、動物実験の規模から、作出・保持動物数を想定し、作業室・倉庫・機械室・実験室などの広さの算定を行なってみて、これを要求された階に応用するわけです。

動物舎（施設）のプランは平屋が最もよく、安価で、しかも効率のよいものでありますから、2階以上では若干の無理は覚悟することにせねばなりません。図11に示したのが、この場合の中間プランで、機械室・倉庫の一部を別の階に取ったものであります。リフト・階段の位置および動物検収室の配置に無理が現われています。

動物舎は平屋がよく、その外観は質素でよいと思います。要は飼育室およびクリーンエリアの明瞭な区分と、最小限度に必要な付帯設備とであります。ダーティ廊下やダーティエリアを飾る必要は毛頭ありません。機械室は分離すべきであり、高圧ダクト方式による中央式空調が望ましいものであります。二廊下方式による動物舎の例を写真5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13に示します。

V. まとめ

実験動物舎（施設）のプランニングに当たって、プランナーである研究者とそれに協力する各方面の技術者が

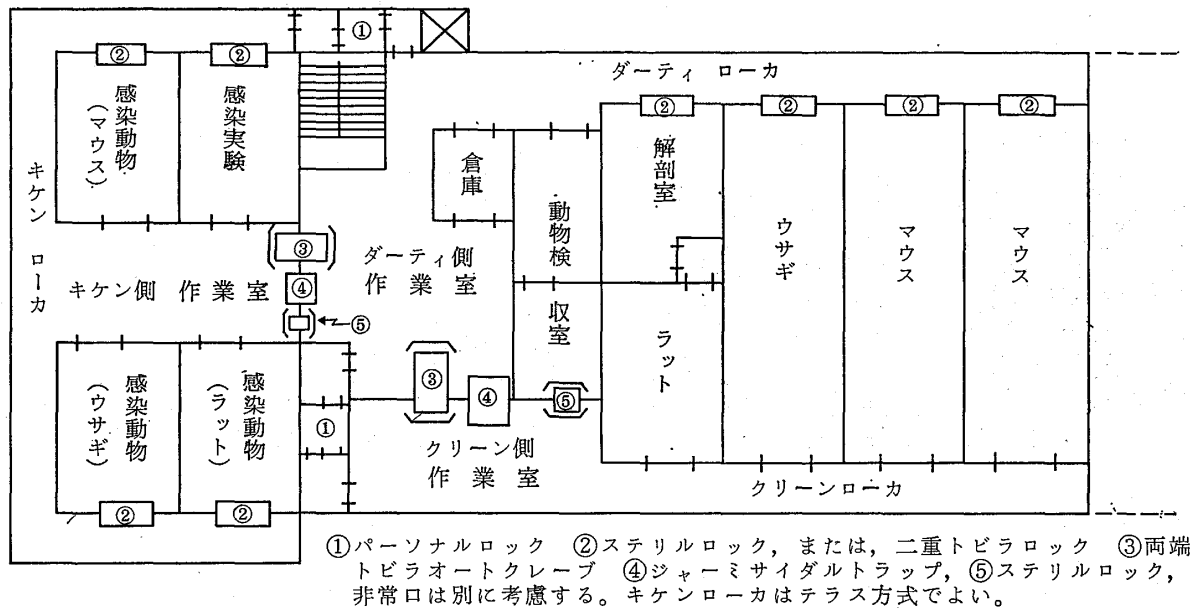


図 11. 3階の建物の一部を利用して動物飼育室および感染動物実験室・同飼育室をプランニングした例。平屋建に比していくつかの無理な点が出てくる。建物の一部だけというのも無理の原因である。

等しく基礎知識として持っていただきたい最小限の項目を分類して図示しました。

実験研究の規模や目的に従って、また地域的条件を考慮に入れて、5項目16細目からなる分類事項を適当に組み合わせますと、よほど特殊なものでない限り、プランの大綱が立てられます。

とくに、わが国の現状では、いかにして安価に能率のよいものを作るかが重要な問題であります。一応デラックスに見えていて、龍頭蛇尾におわっている動物舎がたくさんありますので、特に注意を要します。

動物種と匹数と飼育室の広さとの関係とか、飼育室の広さに対する作業室・機械室・倉庫などの広さの関係などは、他の報告^{1)~5)}を参照されれば、ある程度の見当がつかます。また空調の方式とか換気回数の詳細は、私どもが経験した実例を基にして統報として述べたいと思っています。

参 照 文 献

- 1) 文部省総合研究班： 実験動物室の環境調節装置, 実験動物, 12(1), 36-49, 1963.
- 2) 文部省総合研究班： 実験動物飼育施設および設備計画の基準案, 実験動物, 15(1), 17-41, 1966.
- 3) 今泉 清： サルの飼育管理, 医学の歩み, 38, 678-680, 1961.
- 4) 日本実験動物研究会： 実験動物飼育設備の歩み, 実験動物, 11, 1-24; 41-69; 87-94; 165-187, 1962.
- 5) 佐々木正五： 犬専用動物舎の新設とその使用経験, 日本臨床, 19(臨時), 175-180, 1961.

- 6) 田嶋嘉雄・ほか： 実験動物特集, モダンメジヤ, 9, 150-179, 1963.
- 7) 田波潤一郎・ほか： ビニールアイソレーター の作製について, 実験動物, 12, 8-12, 1963.
- 8) 田波潤一郎： 無菌動物飼育施設の生物学的研究におよぼす意義, 生物環境調節, 1(1), 6-14, 1963.
- 9) Dolowy, W. C.: Medical research laboratory of the University of Illinois, Proc. Anim. Care Panel, 11, 267-280, 1961.
- 10) Jonas, A. M.: Laboratory animal facilities, Journal of Veterinary Medicine, 146(6), 600-606, 1965.
- 11) Reyniers, J. A.: Controlled environmental facility for maintaining closed animal quarters, Laboratory Animal Care, 14(2), 134-154, 1964.
- 12) Donald, C. V. R. et al.: Development of a primate source, ibid., 17(5), 472-478, 1967.
- 13) Fox, M. V.: Natural environment: Theoretical and practical aspects for breeding and rearing laboratory animals, ibid., 16(4), 316-321, 1966.
- 14) Weihe, W. H.: Temperature and humidity climatograms for rats and mice, ibid., 15(1), 18-28, 1965.
- 15) Luckey, T. D.: Germfree Life and Gnotobiology, Academic Press, New York & London, 1963.
- 16) Gustafsson, B.: Germ-free rearing of rats-general technique, Acta Path. Microbiol. Scand., Suppl. 73, 1948.

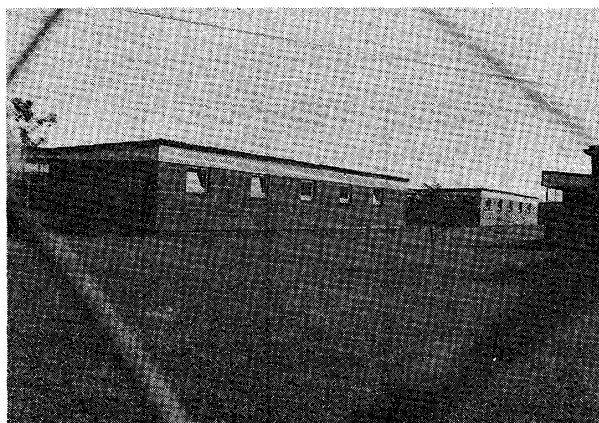


写真1. 実験用イヌ保持飼育舎の一例

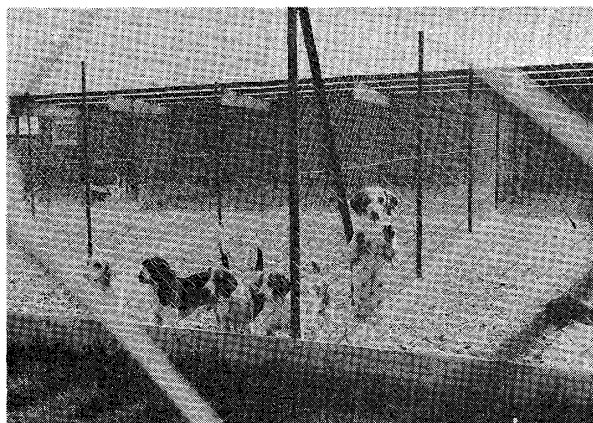


写真4. イヌ保持飼育舎の砂場

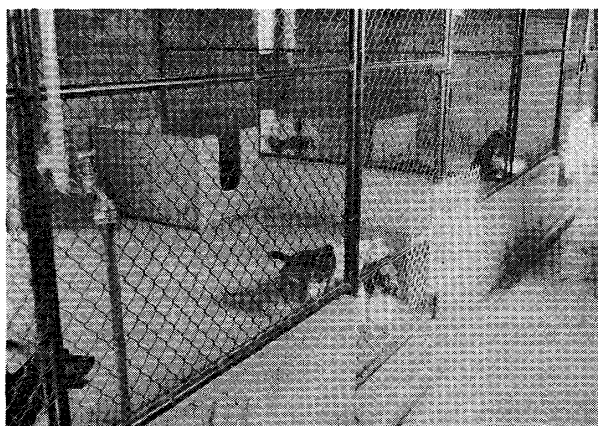


写真2. イヌ保持飼育舎の犬舎
(廊下側より見たところ)

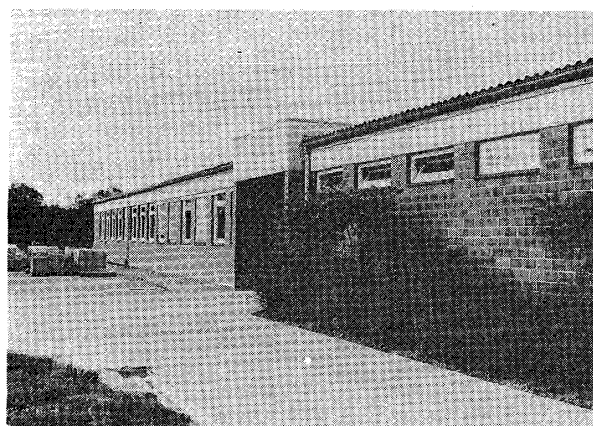


写真5. 二廊下方式の実験動物舎の一例
(左側が研究室である。動物舎の外観はこの程度で十分であろう)

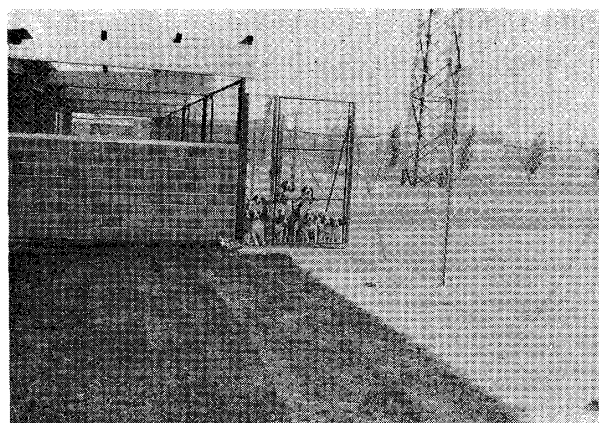


写真3. イヌ保持飼育舎のサンルーム
(イヌの集っている所は砂場の出入口)

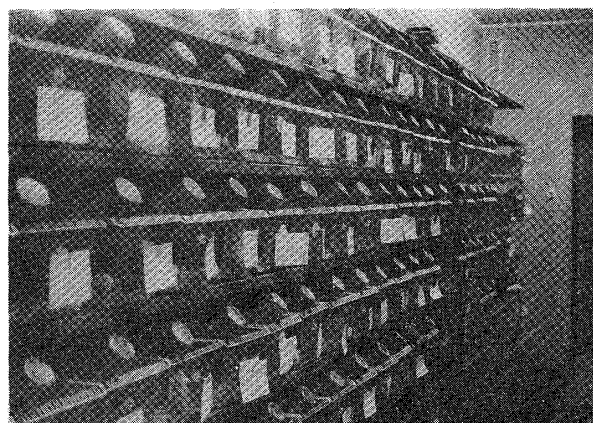


写真6. 二廊下方式の実験動物飼育室の一例
(温度分布にあまり大きな差がない限り、できるだけ多数の動物を飼育するようにくふうする。伝染病予防が完全ならば、気温の多少の変動や気流の影響などにあまり気を使う必要はないと思われる)

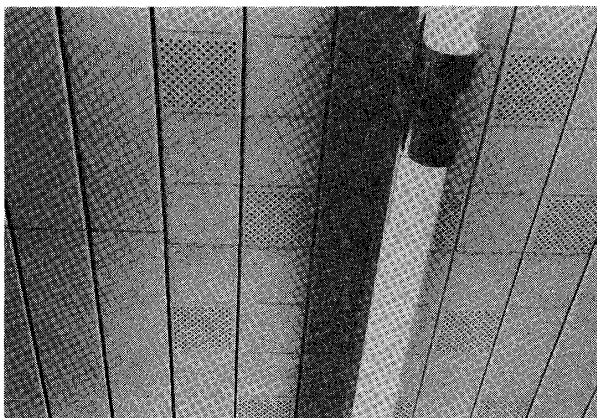


写真7. 二廊下方式の飼育室における天井吹出の例
(保守管理の面から見て天井吹出が最良である。理論的には床面吹出、壁下方吹出などがよいが、保守管理が難しい。天井全面に吹出孔を設けるのは無意味である。排気方法、室内静圧、換気回数などを考えて適当にデザインすべきである)

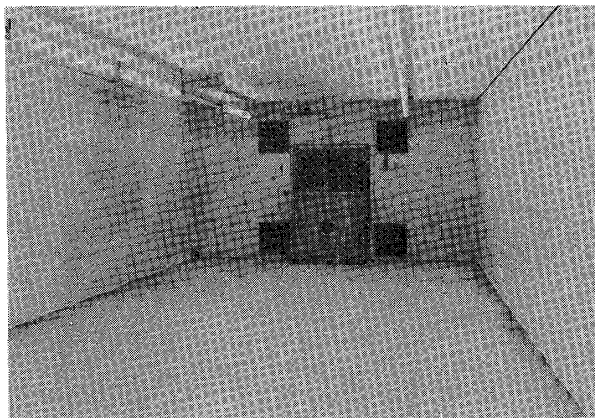


写真10. 二廊下方式飼育室の一例
(ダーティ廊下側に開口するステリルロックがある。ステリルロックの周囲にある四個の正方形は、室内気圧 25 mmAq で作動する排気弁である。この排気方式が最良のものであるというわけではない)

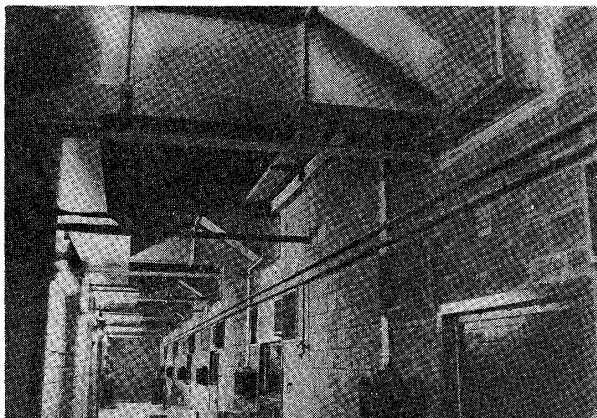


写真8. 天井吹出における二重ダクトと天井の利用
(天井が密室となり、温風・冷風が密室の入口で混合され、密室内に適温適湿の空気が貯留される)

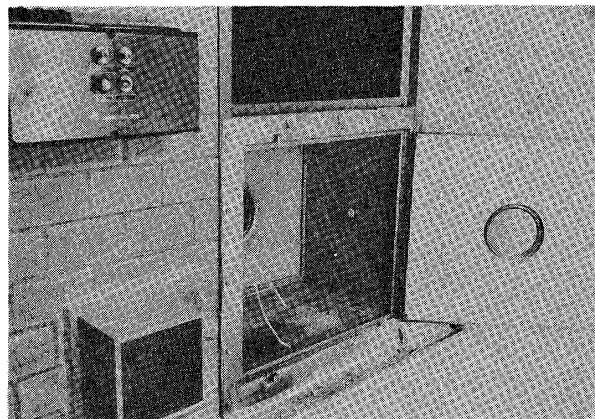


写真11. 二廊下方式飼育室のステリルロック
(ダーティ廊下側から見たものである。ロック上方はガラス窓である。汚染物の滅菌引出が主目的であるが、人もこのロックをくぐって退出することができる)

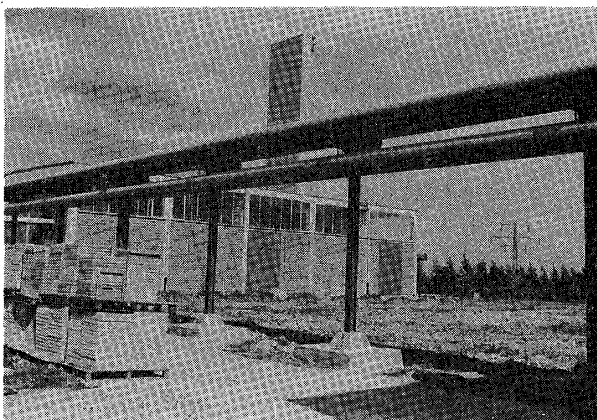


写真9. 空調関係施設分離の一例

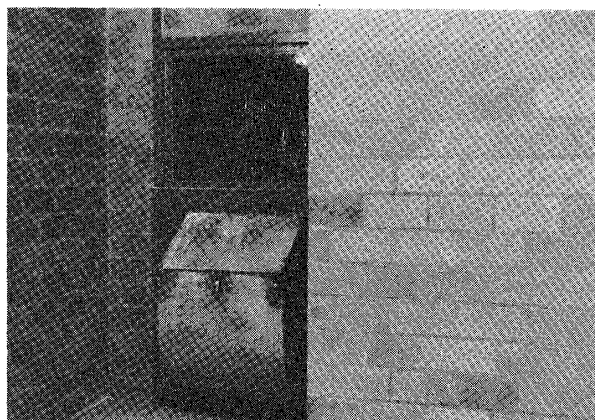


写真12. ジャーミサイダルトラップの一例
(従来の型のもは、殺菌液交換の際に、クリーン側とダーティ側との間に空気の交流が起こるが、このものはその欠点を除いてある。上部にガラス窓がある)

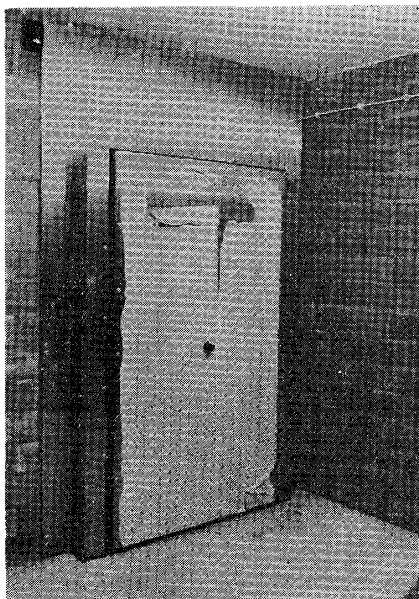


写真 13. 両端扉オートクレープの一例
(人が立ったまま出入できる大きさ
である。高圧蒸気またはガスによる
殺菌を行なう。扉の開閉はボタン操
作による)