

# 乳牛舎の環境調節

堂 腰 純

(北海道大学農学部)

## 1 はしがき

積雪寒冷地帯では冬季間の乳牛飼育を畜舎に頼らざるを得ない。しかも経済動物としての生産を維持するためには、それ相応に必要な条件が充足されなければ、その実をあげることができない。すなわち、低温な外気の影響を受けて、舎内の天井、壁の結露が著しく、冬期間牛の背中が滴り落ちる水で乾く暇のないといった低温高湿な畜舎もまれではない。また朝方牛舎の扉をあけると向う側が湯気で見えない様な畜舎では、疾病の多発が普通であり、乳房炎、下痢等のために投薬を余儀なくされている。これらの現象は多頭飼育の傾向と共に顕著にあらわれ、冬期間の畜舎は結露するものとの前提に立って設計がなされたものもあらわれている。

畜舎内における動物環境条件を検討してみると、牛の体温および呼吸によって発生する熱量、また水分量を畜舎の放熱状態、および換気的面から考察するとき、低温な外気に対しても必要な舎内環境条件を維持しながら、健康的な畜舎管理が可能であることが明らかにされる。むしろ、乳牛は高温に弱く、寒冷地帯こそむしろ、有利に生産をあげ得る条件すら備えていると云える。(fig 1、2)

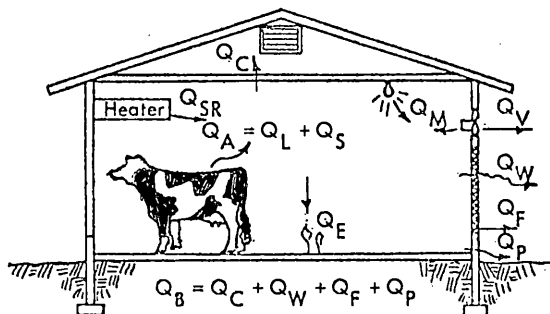


fig 1

牛の発生熱量は建物と換気によって失われる

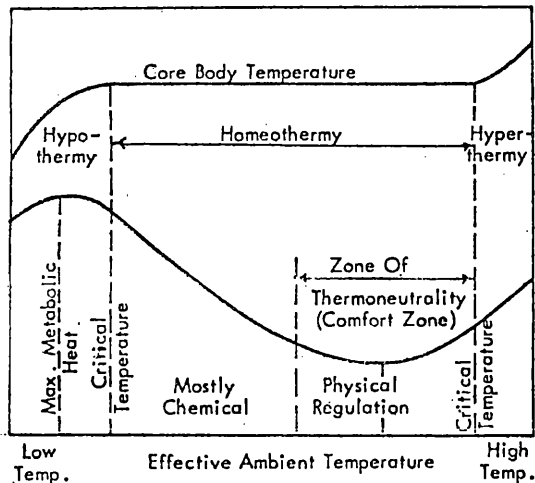


fig 2

熱生産と体温は環境温度によって変化し、適温帯に飼育しなければならない (comfort zone)。

牛の発生する顕熱は建物を断熱することによって保温され十分な換気が可能となる。また換気は、牛の出す水分のみならず、畜舎内の細菌、臭気、有害ガス、ほこりを舎外に排出して、必要な温度条件下で、清潔な畜舎環境を保持することが可能である。( fig 3 )

また断熱された畜舎は真夏の日射の強い時にその輻射熱を遮断し、舎内を涼しく保つことも可能であり、断熱された畜舎は、換気と共に夏、冬を問わず、畜舎環境対策として必須の条件であると云わなければならない。( fig 4 )

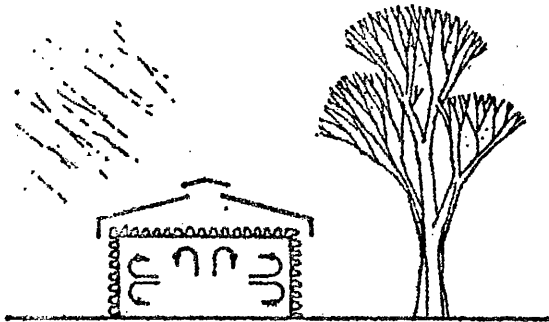


fig 3

冬の断熱畜舎は保温ができる

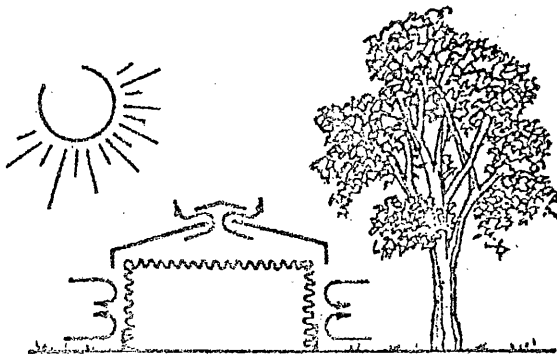


fig 4

断熱畜舎は夏の強い日射の影響を避けることができる

このような畜舎対策により、外気温の変動量を和らげ、高温を抑制し、低温を補うことができる。

( fig 5 )

乳牛は低温下に於ても産乳は可能であるが、それだけの乳量に対する必要なエネルギーとして沢山の給餌を補なわねばならない。これは牛の体力を維持することからも当然である。従って経済的生産をあげる意味からも、環境調節の対策は重要であると云わねばならない。畜舎環境が低温にすぎても、高温にすぎても生産性を望むことはできない。これらは畜舎設計の基本的対策であり、十分に検討する必要がある。( fig 6、7 )

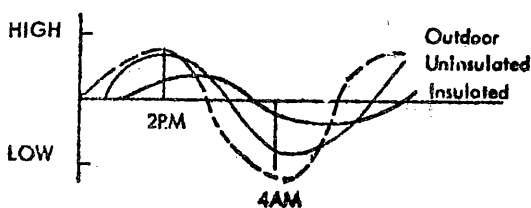


fig 5

断熱畜舎は日温度較差をやわらげる

(本資料について名称の翻訳および単位の換算等未整理のまま示したことを御ゆるし願ひ度い。)

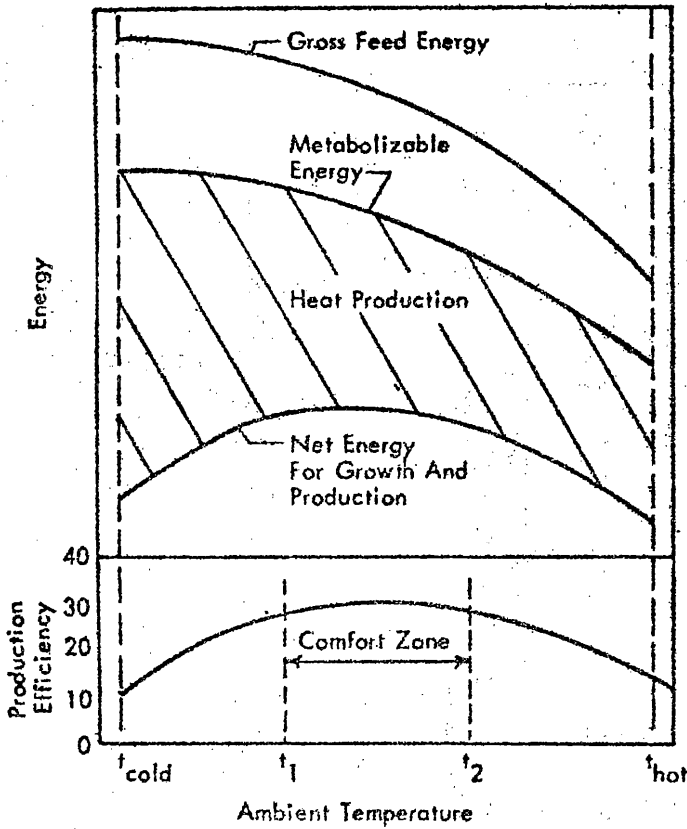


fig 6

適温環境以外は生産性を損い、特に低温は飼料を要求し、熱生産が大きい。 $t_1 \sim t_2$  が適温

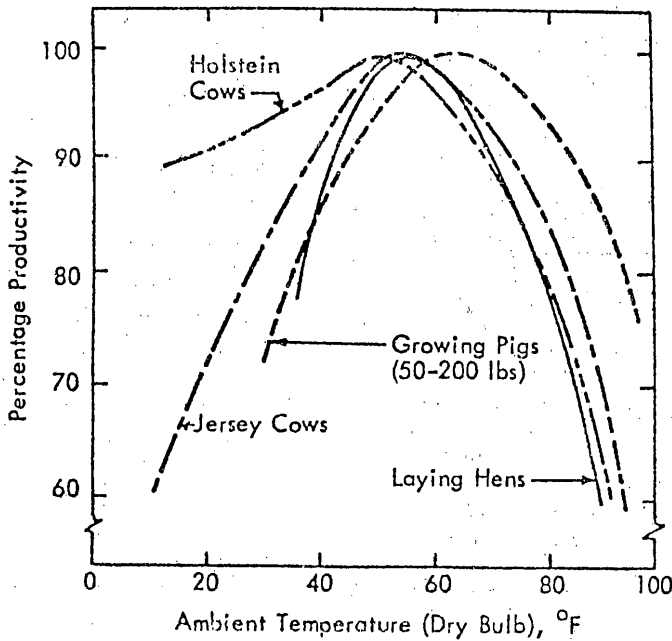


fig 7

乳牛ホルスタインの生産性は10°Cにおいて最大である

## 2 畜舎換気ができるための前提

牛は牛舎という閉鎖された環境下においてどの様に熱を出し、水分を蒸散しているかを知らなければならぬ。(fig 8.)

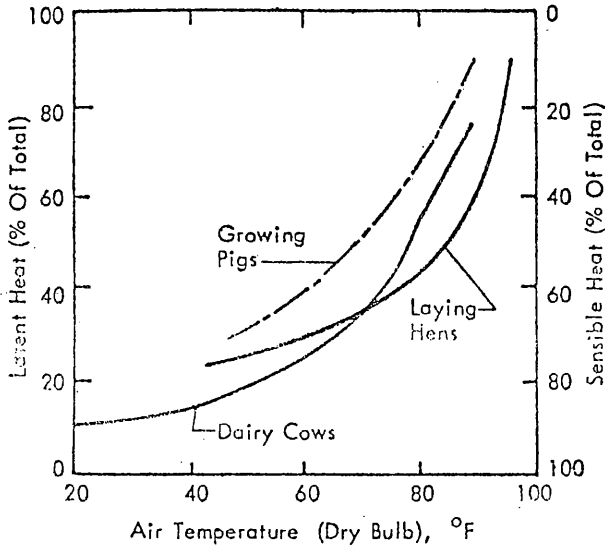


fig 8

低温において顕熱生産が大で、高温において潜熱生産が大である

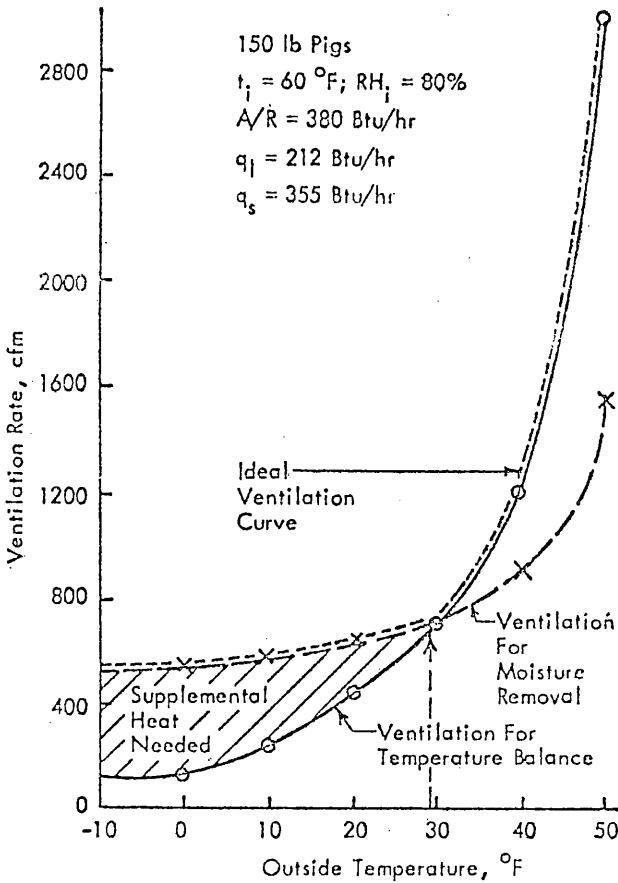


fig 9

舎内温度を一定に保つ換気量と、湿度を一定に保つ換気量は一致しない。低温においては定湿に、高温になるに従い定温にする

図より明らかな如く、低温時には顕熱（直接空をあたためるのに放出される熱量）が大きく、高温時には水蒸気の発散量が多い。舎内温度を一定に保ちたいとするならば、顕熱が建物からの放熱と換気によって失なわれる熱量を平衡情態を保たなければならない。（fig 9、式）

顕熱と換気量および潜熱と換気量の関係をストールタイプの牛舎について1式、2式に示す。

冬季間の外気は相対湿度が高くても絶対湿度（空気中の水蒸気量kg/1kgの空気）が小さい。従ってその空気が暖められると相対湿度が低くなるので、低温な外気でも畜舎内で暖められると乾燥した状態となる。（fig 10、11）

これに牛から発生する水分量を混合して舎外に排出することが、畜舎内の水分を舎外に排除する手段となる。すなわち、動物から発生する熱が如何に低温な入気の昇温に関与できるかが重要なカギとなる。これは畜舎の天井から入気することによって可能であり、低位置からの入気によって解決しない。

顕熱と換気による平衡条件

$$V = \frac{v}{14.4 \times (\Delta T)} \left[ Q_s - \frac{AU}{N} (\Delta T) \right] \tag{1}$$

- V = 毎分換気量 m<sup>3</sup>
- v = 舎内温の空気の比容積 (m<sup>3</sup>/kg)
- 14.4 = 0.24 (空気比熱) × 60 (分)
- ΔT = 内外温度差
- Q<sub>s</sub> = Nトンの毎時発生する熱量 (Kcal)
- A = 放熱に関係する面積 (m<sup>2</sup>)
- U = 熱貫流率 (Kcal/m<sup>2</sup>·h·°C)
- N = 収容されている牛の総体重 (ton)

潜熱と換気による平衡条件

$$V = \frac{v}{60} \times \frac{QL}{r \times (\Delta x)} \tag{2}$$

- QL = 体重1トン換算重量の毎時発生する潜熱量 (Kcal) (但し舎内温時)
- r = 蒸発の潜熱 (Kcal/kg) (但し舎内温時)
- Δx = 内外絶対湿度差 (kg)

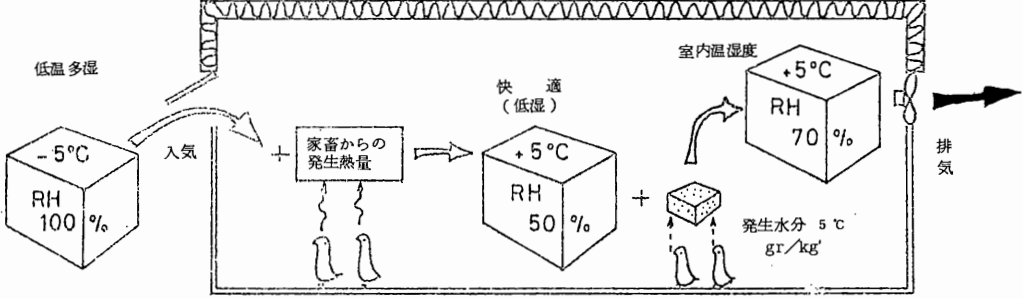


fig 10 -5°C、100%RHの外気も+5°Cでは相対湿度が約半分となる。

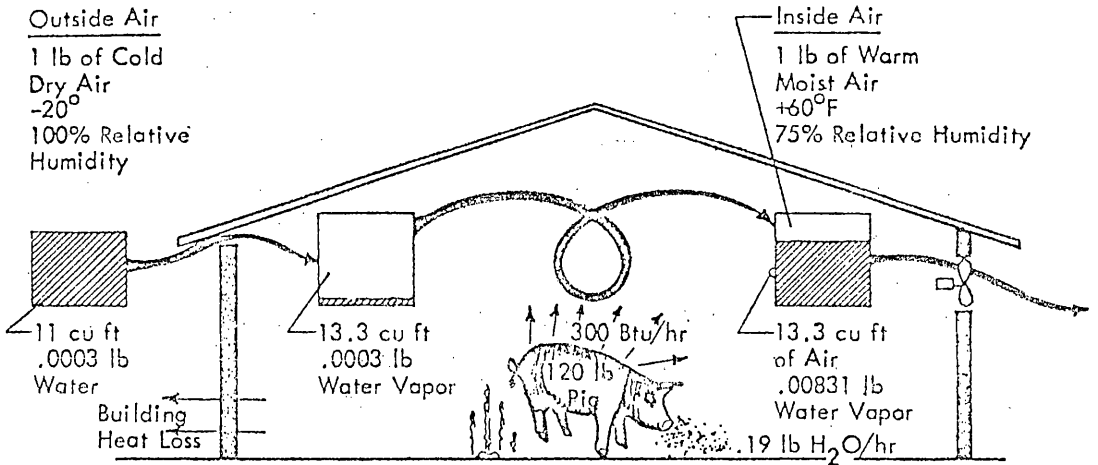


fig 11 家畜の顕熱によって低湿となった空気は舍内水分を含んで排気される。

動物の発生する顕熱、潜熱を表-1に示す。

表-1 動物の発生熱量

熱の種類	母豚とその子(1)	肥育豚(2)	鶏(3)	乳牛(4)
顕熱	kcal/hr·ton 1,780	kcal/hr·ton 1,630	kcal/hr·羽 7.86	kcal/hr·ton 1,280
潜熱	1,140	705	3.28	610
合計	2,920	2,335	11.1	1,890

- 註 (1) 舍内温度 15.6℃ (60°F)
- (2) " 10.0℃ (50°F)
- (3) " 12.8℃ (55°F) 2.27kg重
- (4) " 10.0℃ (50°F)

畜舎の中の温度、湿度を希望する条件下に保持しようとするためには、舎内で発生する水蒸気量に相対する分を換気によって排除し、建物および換気によって失われる熱量を、動物の発生する平衡を保つことが必要であることを fig 12 の湿り空気線図は示している。

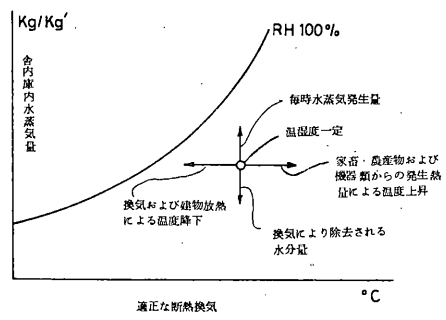


fig 12 温湿度一定となるための顕熱、潜熱の平衡を示す湿り空気線図

すなわち横方向の具体的対策は fig 12でも断熱の必要であることを示しているし、また式1の右辺第2項は建物からの放熱を示し換気量を大きくするためにも、第2項を小さくしなければならない。すなわち、畜舎の換気は、動物の発生する熱量をいかに有効に、畜舎の断熱によって利用できるかにかかっているといえる。

### 3 放熱型の無換気畜舎

一般に外気が低温な場合、換気すると水が凍るとか、保温のため不利であるとして換気をしないことが多い。しかし、水蒸気の発生は毎時止ることなく発生している。しかも、その空気が低温な壁面や、天井、屋根においては放熱してたちまちにして露点温度に達する (fig 13)

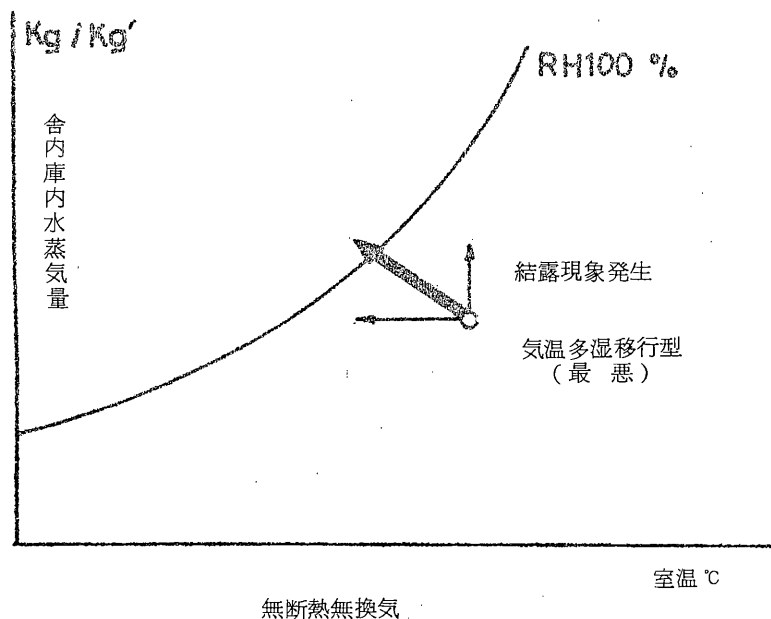
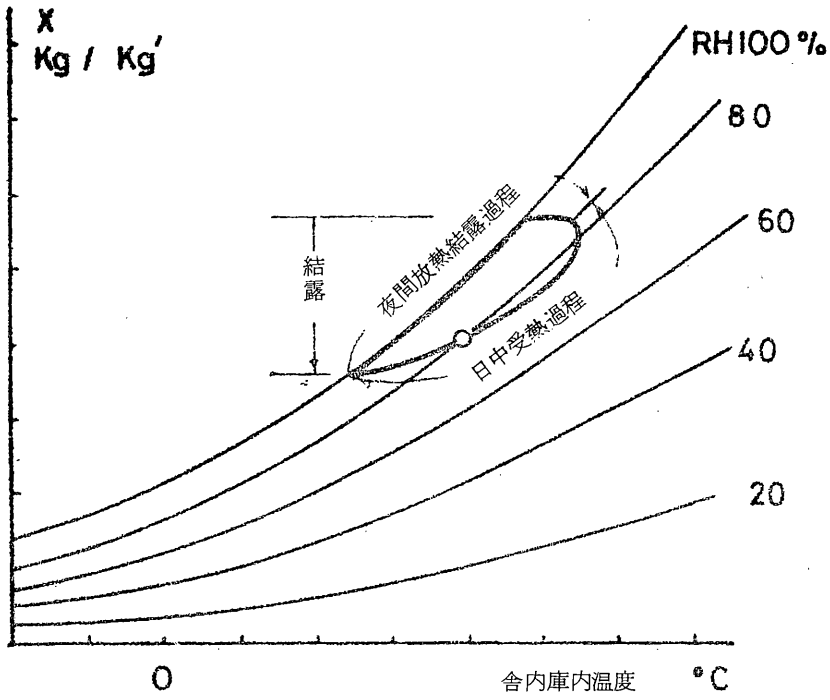


fig 13  
無換気、無断熱畜舎の結露

事実断熱の不良な畜舎は換気ができないし、換気をしても相対湿度も低くならず、舎内温度が下るのみであることが明らかである。これを1日の温度変化のサイクルで見ると、日中は日射や外気の上昇によって、幾分舎内湿度は低下するが、夜間放熱の時間帯においては、露点温度を経過して著しい結露をみるに至っている。このような畜舎が非常に多い。(fig 14) すなわち、相対湿度100%の曲線より如何に離れるようにするかが重要であり、この具体的対策が断熱と換気であることを示し、断熱と換気は車の両輪の重要な役目を果し、片方を欠いてはその目的を達しないことが明らかである。この断熱換気対策が適切ではじめて結露現象のあらわれない畜舎が可能となる。

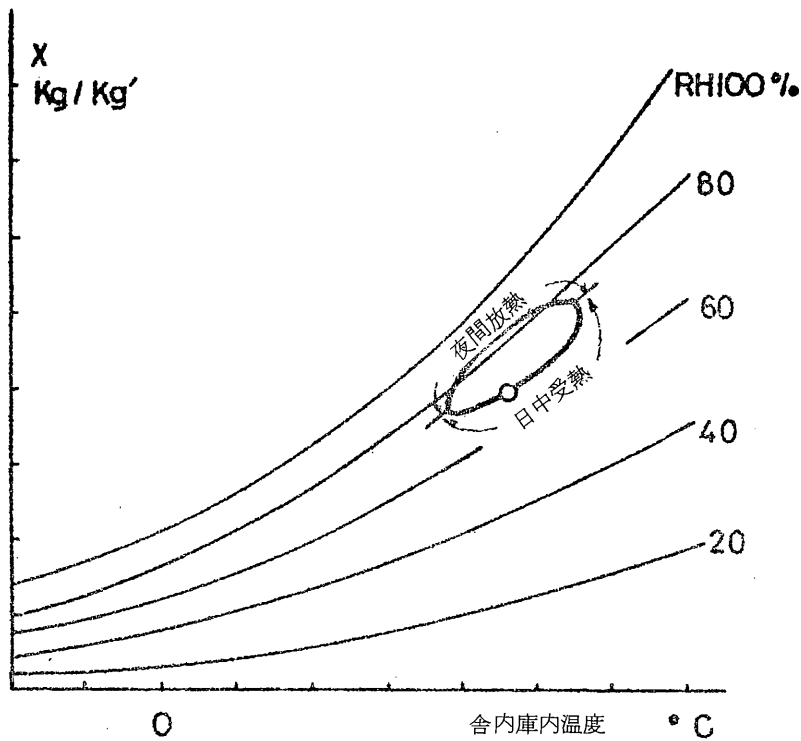
(fig 15)



結露型施設

fig 14

結露現象のあ  
らわれる温湿  
度サイクル



非結露型施設

fig 15

結露現象のあ  
らわれない温  
湿度サイクル



#### 4 畜舎の断熱と水蒸気遮断

外気が低温であれば畜舎の壁、天井、床を通じて屋外に放熱される。しかし畜舎内の水蒸気量は常に戸外より多い。すなわち、屋内の水蒸気圧は戸外より高いために常に屋外に向って出ようとしている。もし壁が断熱されていないとすると屋内の壁温度は露点温度以下になってたちまち結露する。

(fig 16)

壁面が結露しないためには壁温が露点温度以上でなければならない。そのためには、放熱を防いで壁温を上げなければならない。すなわち断熱材の効果であるが、壁面より水蒸気が断熱材に進入して、断熱材の中で露点温度に達すれば、そこで露結し、大いに断熱性を損うことは、周知の事実である。このために、水蒸気は絶対に断熱材の中に進入しないように遮断しなければならない。(fig 17)

したがって吸湿性の大きい断熱材は不利であり、水蒸気を遮断する方法を構ずるか、非吸湿性の断熱材を使用することが求められる理由である。

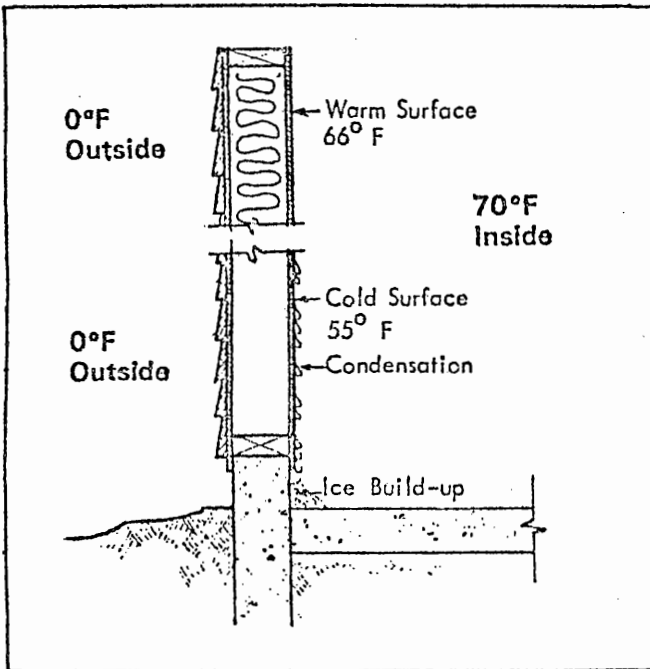


fig 16

断熱していない壁は内面に結露があらわれる

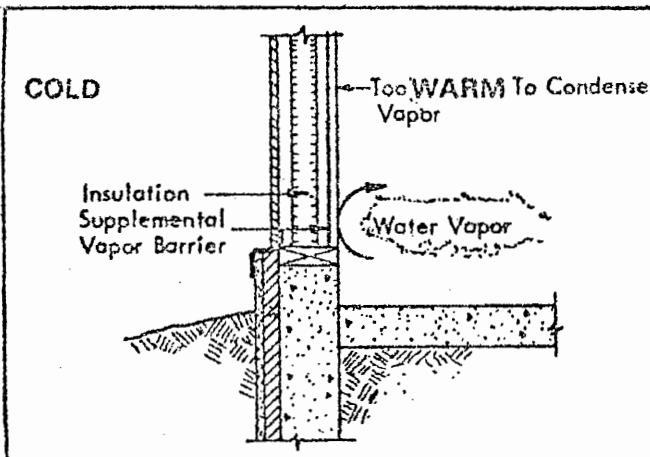


fig 17

舎内水蒸気は断熱材の内壁面で遮断しなければならない

牛はもともと地面と接して活動している。中心部の地面の温度は年平均温度に近く、低温でないが基礎部分から地面を通じて外気に放熱され易い場合は床周辺部に霜や露がみられる。したがって、外壁のみならず、床基礎部まで断熱する必要がある。これによって床面からの放熱は大巾に改善される。

壁および天井より放熱された量は断熱材の熱伝導率およびその厚さによって支配される。一般の建材はそれなりの断熱性をもっているが畜舎の断熱性を論ずる場合には火山灰ブロックといえども殆どその効用を果し得ず、普通その厚さが1 mにもおよぶ厚さで断熱材の75 mmに相当する厚さである。いま畜舎内外の温度差が1℃で1 m<sup>2</sup>より1時間に放熱する熱量を熱貫流率Uといい放熱量Qは次式であらわされる。

$$Q = AU \cdot \Delta T$$

$$= \frac{A}{R} \cdot \Delta T$$

ここでAは放熱面積で天井、壁が関係するm<sup>2</sup>、Rは1/Uで熱抵抗と呼ばれ、熱の逃げにくさをあらわす。壁は一般に断熱材の他に外壁材および空間、内装材またはブロック等がありRはこれらの個々の熱抵抗の和であらわされる。(fig 16)

$$R = R_0 + R_1 + Ra + Ri + R_2 + Ri$$

R<sub>1</sub>、R<sub>0</sub> : 内、外表面熱伝達抵抗

R<sub>2</sub>、R<sub>1</sub> : 内外表面材熱抵抗

Ra : 内部空間熱抵抗

Ri : 断熱材熱抵抗

fig 16より判る通り、全熱抵抗は殆ど断熱材の性能に負う所が大きい。このR値は寒冷地、温暖地により異なり、おおまかな目安は気候帯によって示され、およそ値は表-2の通りである。

さらに壁と天井のR値は天井が放熱に關係する所大であり、その割合はほぼ2:3に配分するとよい。即ち壁で10 cmの厚さの時は天井は15 cmとし、壁が75 mmの時は天井100 mmとする。

これらの壁、天井、基礎部の全放熱量から平均

$$\Sigma AU = \overline{AU}$$

の $\overline{AU}$ を求め、さらに、この収容面積に飼育される総重量N(トン)の発生する総熱量Q<sub>s</sub>から1トン当りの重量に対する、放熱の割合をExposure Factor(露出係数)といい

$$EF = \frac{AU}{N}$$

であらわされる。この値が小さければよいそれにはその地域の設計最低温度と飼

育密度からU値が算定される。

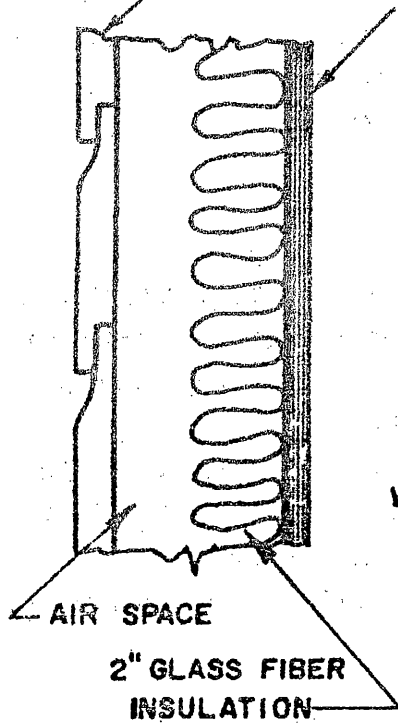
表-2 寒冷地の畜舎熱抵抗

		断熱材厚さ(1)	
天	井	4.71 (m <sup>2</sup> ·hr·°C/Kcal)	1.4 cm
壁		2.87	8.6 cm

(1) 熱伝導率0.03 Kcal/m·hr·°Cとする。

25/32" FIR SIDING

1/2" PLYWOOD



<u>PARTS OF WALL</u>	<u>"R" VALUE</u>
OUTSIDE SURFACE	.17
25/32" FIR SIDING	.98
AIR SPACE BETWEEN SIDING AND INSULATION	.91
2" GLASS FIBER INSULATION	7.40
1/2" PLYWOOD LINING	.63
INSIDE SURFACE	.61
<b>TOTAL INS. VALUE (R<sub>T</sub>)</b>	<b>10.70</b>

WALL: 2" x 4" STUD WALL WITH 2" OF GLASS FIBER INSULATION, 25/32" FIR SIDING, AND 1/2" PLYWOOD LINING.

単位  $\frac{1}{\text{Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}}$

fig 18 壁の熱抵抗は各素材の熱抵抗の和である。

## 5 冬季間の設計最低温度と断熱

冬季間の設計最低温度は、出現する最低温度の頻度から求めるのがよい。そのためには建設しようとする地域の気象データの蓄積があれば利用できるが、得られない場合が多い。その目安としては1月の平均温度 $\bar{T}_1$ が考えられるが、 $\bar{T}_1$ と舎内温度との差 $\Delta T$ では半分の期間は低温に対処できないことを示し、適切でない。また最低設計温度を低く見積りすぎると、断熱材の過剰投資となる。従って冬季間の寒さに関する期間として12、1、2月中の毎時の温度記録から、温度出現頻度分布表を作成し、2.5%確率温度を算定したものをもちて設計温度とすることが検討されている。北海道大学農学部農業気象観測記録昭和49年12月より昭和50年2月までの記録によるとその間の平均温度 $-4.0^\circ\text{C}$ に対し、2.5%確率温度は $-1.1^\circ\text{C}$ が得られている。すなわち、1カ月に1回出現する低温以外に対処できる断熱が必要であると考えられる。

従って3カ月の平均温度より約7~8℃低温をもつて設計最低温度とすることが考えられよう。しかしこれは地域により、年次により異なることは明らかであり、更に検討が必要である。

設計最低温度時に、与えられた飼育密度から最適換気量を計算し、舎内温度が5℃、相対湿度100%を限界として、それ以上の外気温に対して舎内温度の上昇と、低湿化のできる露出係数 $E F$ 、

よりUを算定し、断熱厚みを計算することができる。現在このような断熱厚みをもった畜舎で換気をする場合 $\frac{AU}{N}$ を小さくすることが換気量を増して、設計最低温度を低くとることができる故一の方法であり、熱貫流Uを小さくすることは勿論であるが、Aを小さく、Nを大きくすることも有利な手段である。これは換言すれば、狭いスペースに大群を飼育することの方がむしろ有利であることを示し、密飼である程よいことがわかる。しかし、これは自ら群管理の面から制約のあることは勿論であるが、過去において約1頭当り10m<sup>2</sup>であった飼育密度が米国においては約7m<sup>2</sup>以下になりつつある大きな理由ともなっている。

## 6 設備換気量

多頭飼育において限られたスペースに密飼に飼育された環境に対し、もはや、自然換気によって必要換気量をまかなうことはできない。その時の外気温に対して必要な室内温度を確保しながら必要な換気を換気扇によって与えなければならない。表-3におおまかな風量を飼養頭数(450kg単位)として与えてある。これにより、冬季期の最低温度時の風量およびサーモスタットによってコントロールをする風量、更に夏の高温時に必要とする風量を示してある。これより設備としての全風量を与え、外気温の変動に応じて、オンオフ制御もしくは台数制御をしなければならない。設備全風量を室内に配分して換気扇台数を決めなければならないが、研究によると、均等に室内に風量を配分するよりも入気口の位置、大きさの方がより重要で一カ所で集中的に排気管理し、室内の様な新鮮な空気の流れをつくるのが可能であることを示す研究も発表されている。

表-3 乳牛舎換気量  $m^3$ /毎分(静圧3mm水柱)

450kg 単位の牛の頭数	最低冬季連続 換気量	冬季間サーモ スタット調節量	冬季間全風量	夏季用換気量	設備全風量
20~29	21	64	85	85	170
30~39	28	85	113	113	226
40~49	35	106	141	141	282
50~59	42	127	170	170	340
60~69	50	150	200	200	400
70~80	56	170	226	226	452
80~89	64	191	255	255	510
90~99	71	212	283	283	566
100~109	78	233	311	311	622
110~119	85	255	340	340	680

## 7 換気扇の具備すべき条件

現在迄寒冷地畜舎に適した換気扇の開発は殆ど研究されていなかった。換気扇の性能は厳寒季に於て大きく左右される。建物の断熱不足と相俟って、その性能が全く発揮されていないものが殆どであ

る。まず、一般に換気扇を停止した時点に於て換気扇ダンパー等の周辺隙間より冷たい空気が流入することである。冷気が室内床に流入し、動物周囲の温度を低下させて極めて有害である。次に、結露によって、セーターの絶縁不良をおこし焼損する。ダンパーの凍結により開閉不能、若しくは開いたままの状態に計画換気を全く不可能にしている。

従って換気扇の運転停止によって完全に空気の流通が停止できる機構を備えなければならない。入気、排気にもなって圧力損失をおこす。従って換気扇はその圧力損失に抗して計画換気ができる力を持たねばならない。普通水極圧力で示されるが、2～3mmの圧力が最大で必要である。

( fig 19、20 )

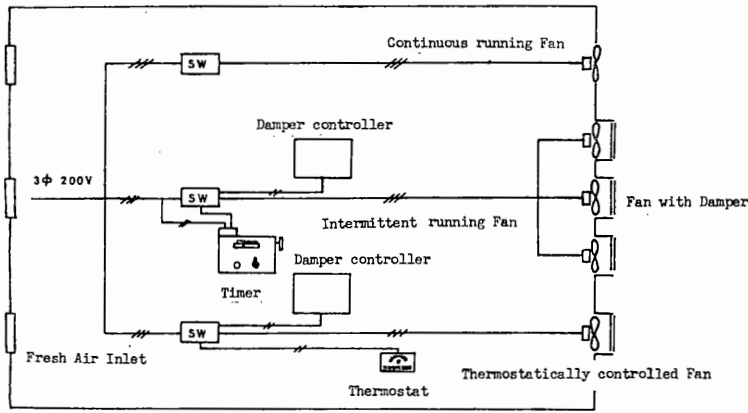


fig 19 換気施設は連続最低換気、断続換気、高温時の換気システムよりなる

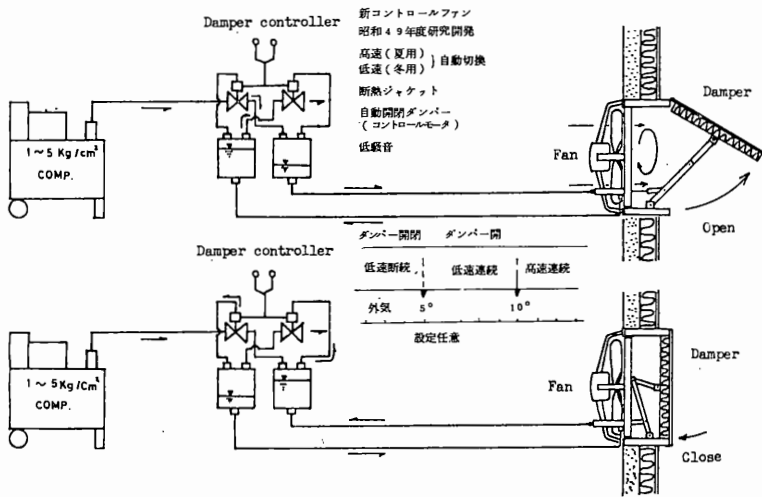


fig 20 換気扇はダンパーのプロペラ廻転と連動、断熱、完全密閉ダンパーが要求される

## 8 入 気 口

普通畜舎には円筒型の屋根換気口（ベンチレータ）が設けられている。この多くは排気として用いられているが、入気口の全く存在しない畜舎もあり、これは換気を全く無視したものである。また、これを入気口として利用し、壁より換気扇で排気しようとしても、必要断面積がとれないものが多く、換気扇の圧力不足とも重なって殆ど換気用の用をなしていないものが多い。入気口なしに換気できるとすればそれは隙間の多い畜舎でおよそ計画換気はできない。また、ベンチレータは金属であるため、舎内の湿り空気がここで冷却され、結露になって、直下に水滴の落下している例が多い。これらのことを考えて、ベンチレータによる屋根換気は特殊な場合以外適切な方法でない。

畜舎換気量（最大値）が決定したならば入気口断面積を決定しなければならない。入気口の最大平均風速は  $5 \text{ m/s}$  以下としなければならない。

$$A = \frac{Q}{60V}$$

$Q$  : 設備風量  $\text{m}^3/\text{min}$   
 $V$  : 入気口平均風速  $= 5 \text{ m/s}$   
 $A$  : 入気断面積  $\text{m}^2$

舎内に入った空気が如何に平均的に舎内に高い所から、流入分布するのが重要なことである。舎内に流入する風速は  $1 \sim 2 \text{ m/s}$  とすればよい。そのために天井センターラインより入気する方法がとられるようになってきた。しかし舎内に流入する温度が低温の場合、冷気が床に直下しない様に冷気の分散板を使用するのが好ましい。これは舎内温度の上下差を少なくするのに大きく役立つ。

( fig 21、22 )

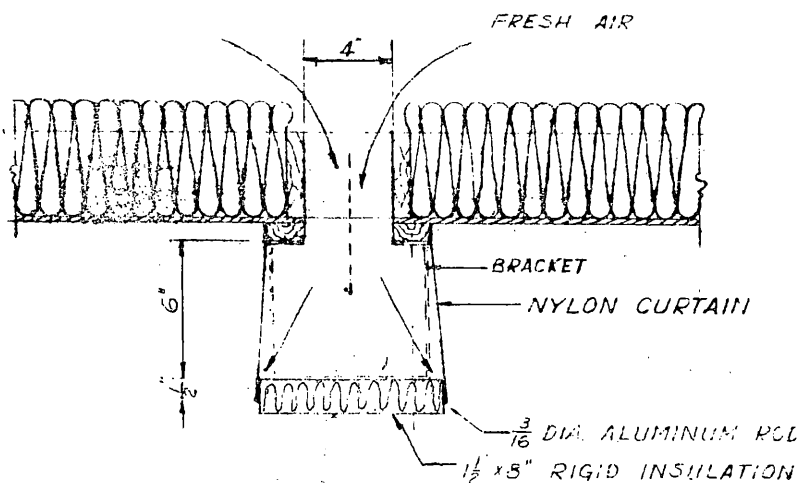


fig 21  
センター入気法

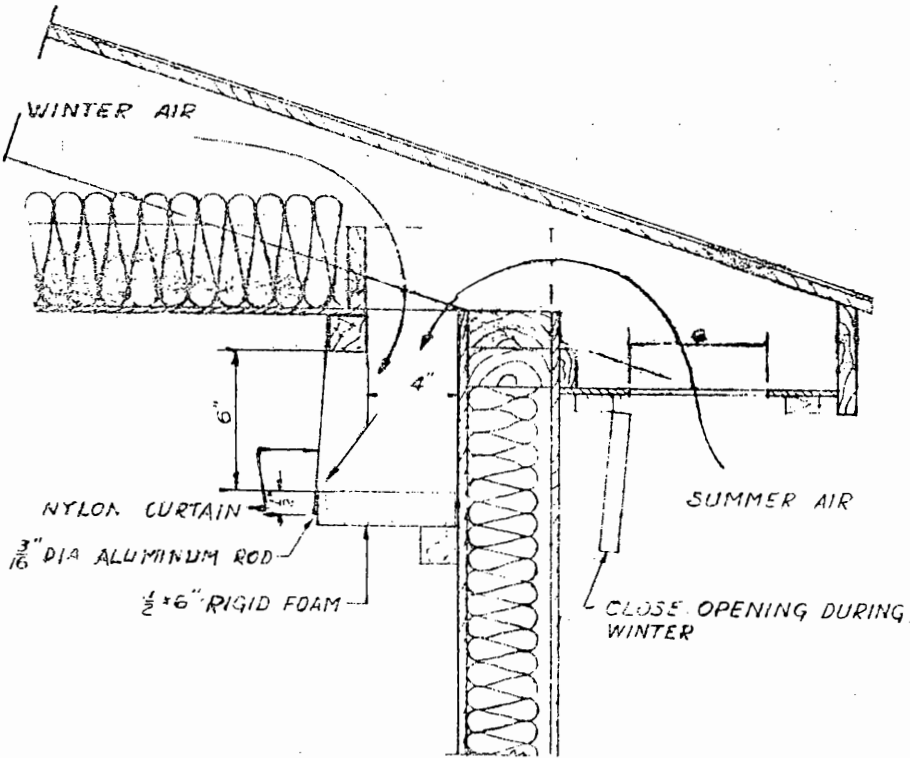


fig 22  
夏の軒入  
気と冬の  
天井裏入  
気の1例

## 9 Warm slatted free stall barn の事例

永年の酪農の研究の実績から、欧米においては、早くから省力型の多頭飼育を目差した畜舎建設が進められている。それは密飼にして多頭飼育かつ省力という前提に対し、もはや、小規模時代の経験や、畜産設備および対策では対処できないことを示しており、先ず毎日の重労働の根源となっている糞尿処理の問題と環境対策としての断熱換気から出発した畜舎でなければならないことを示している。その規模は50頭以上の場合に極めて重要となると思われる。しかも、その地域がどの程度の寒さになるかが大きな分岐点となる。その具体的事例として米国ミネソタ大学において発表されているものを示す。

先ず糞尿貯留槽は建物床面積を使用し、その深さも8フィートに及び、約8カ月の貯留期間をもたせている。床はコンクリートの子床のものである。これは秋おそくと、春早くに熟成された糞尿（スラリー）をタンク車によって圃場撒布するもので雪上撒布を避けている。これは肥料成分の有効な利用を期待するのみならず河川に流出する公害を防ぐことにも役立っている。毎日の糞尿処理が皆無となって解決したことは画期的と云わなければならない。フリーストールバーンにおいては、牛は自由にスラット上を走行し、糞尿は自然に貯留槽に落下する仕組みであるが、地下糞尿留槽は水蒸気、臭気等の発生源であり、当然この換気対策が重要である。従ってこの方式においては天井面より入気した新鮮空気は、舎内汚染空気と混合してスラット間隙を通過して、ピットファン（貯留槽専用の排気扇）により舎外に排出される。この換気量は、計画換気量に含まれる。真夏においては壁と床の両方より

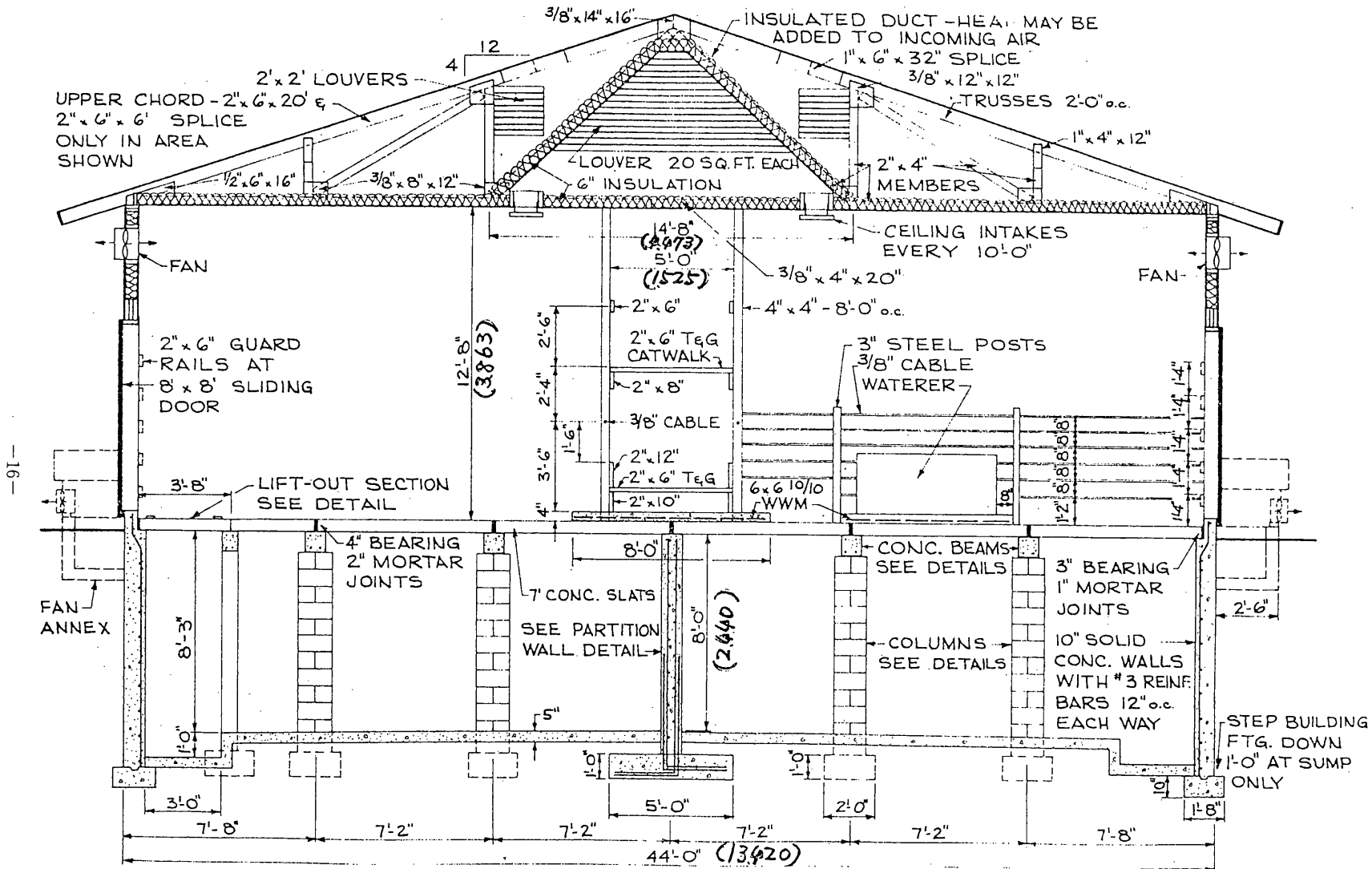


fig 23 Warm slatted free stallbarn の事例 (断面) 80頭 ミネソタ州(米国)



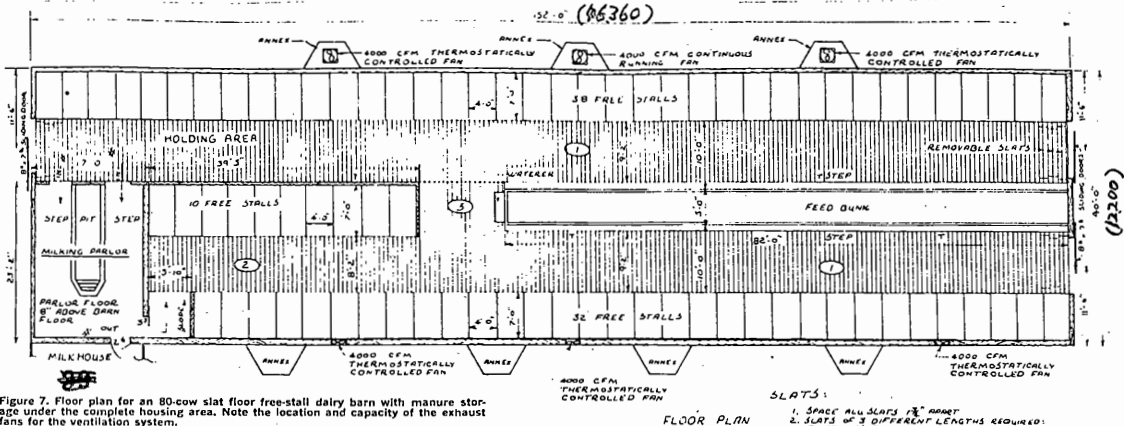
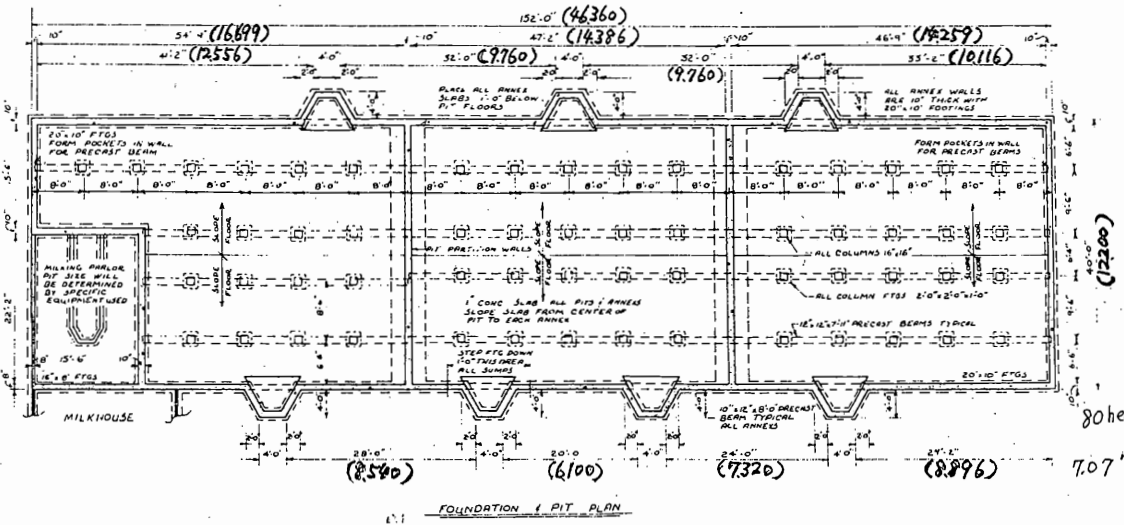


Figure 7. Floor plan for an 80-cow slat floor free-stall dairy barn with manure storage under the complete housing area. Note the location and capacity of the exhaust fans for the ventilation system.

**FLOOR PLAN**

**SLATS:**

1. SPACED ALL SLATS 2" APART
2. SLATS OF 3 DIFFERENT LENGTHS REQUIRED:
  - 1. 39.0' LONG
  - 2. 6.7' - 8.0' LONG
  - 3. 13' - 8.8' LONG



80 heads / 565.6 m<sup>2</sup>  
7.07 m<sup>2</sup> / head

fig 24 地下糞尿貯留槽平面とスラット床平面

換気される。ピットファンの換気は特に重要であり、必要量を確保しなければならない。

貯留槽は3~4室に分れ、夫々単独に換気扇を設ける。また糞尿取出口を設けなければならないが、相互にオーバーフローの空間が必要である。床の支柱、壁の強度は必要以上の過剰投資を避けを必要がある。スラットの詳細をfig 21に示す。

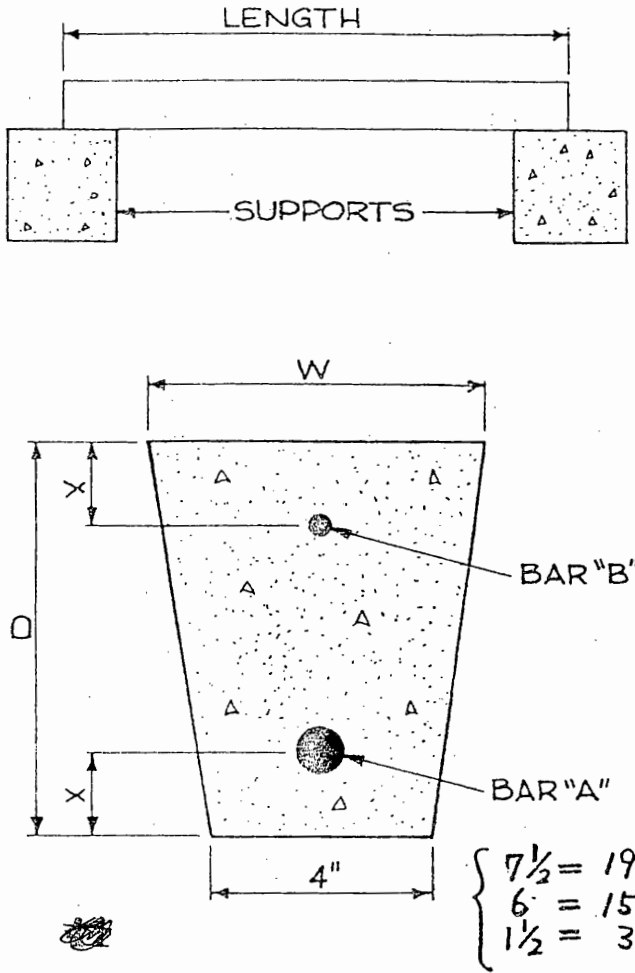


fig 25  
コンクリートスラ  
ット寸法図

SLATS FOR BEEF					
LENGTH	DIMENSIONS			BAR SIZE	
	D	W	X	A	B
6'-0" (1830)	6	6	1 1/2	NO. 5 (5/8)	NO. 3 (3/8)
8'-0" (2440)	6	6	1 1/2	NO. 6 (3/4)	NO. 3 (3/8)
10'-0" (3050)	7 1/2	6	1 1/2	NO. 6 (3/4)	NO. 3 (3/8)
12'-0" (3660)	7 1/2	6	1 1/2	NO. 7 (7/8)	NO. 3 (3/8)

# 10 Warm tie stall barn の事例

断熱換気を考察した多頭飼育畜舎のうち比較的頭数の少ないものとしてスタンション式のタイストール牛舎の事例を fig 21~25 に示す。

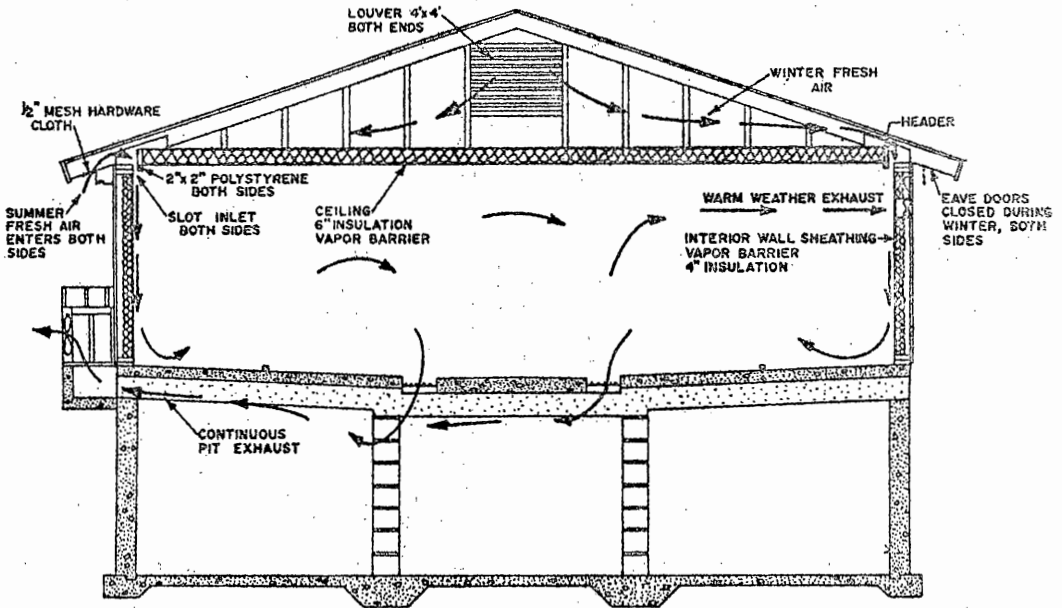


fig 26 Warm stall type barn の入排気

FLOOR PLAN  
STALL BARN WITH MANURE PIT

BEFORE YOU BUILD THIS DAIRY  
BARN CONSULT WITH AND GET  
THE APPROVAL OF THE HEALTH  
AUTHORITIES HAVING CONTROL  
OVER THE SALE OF YOUR MILK.

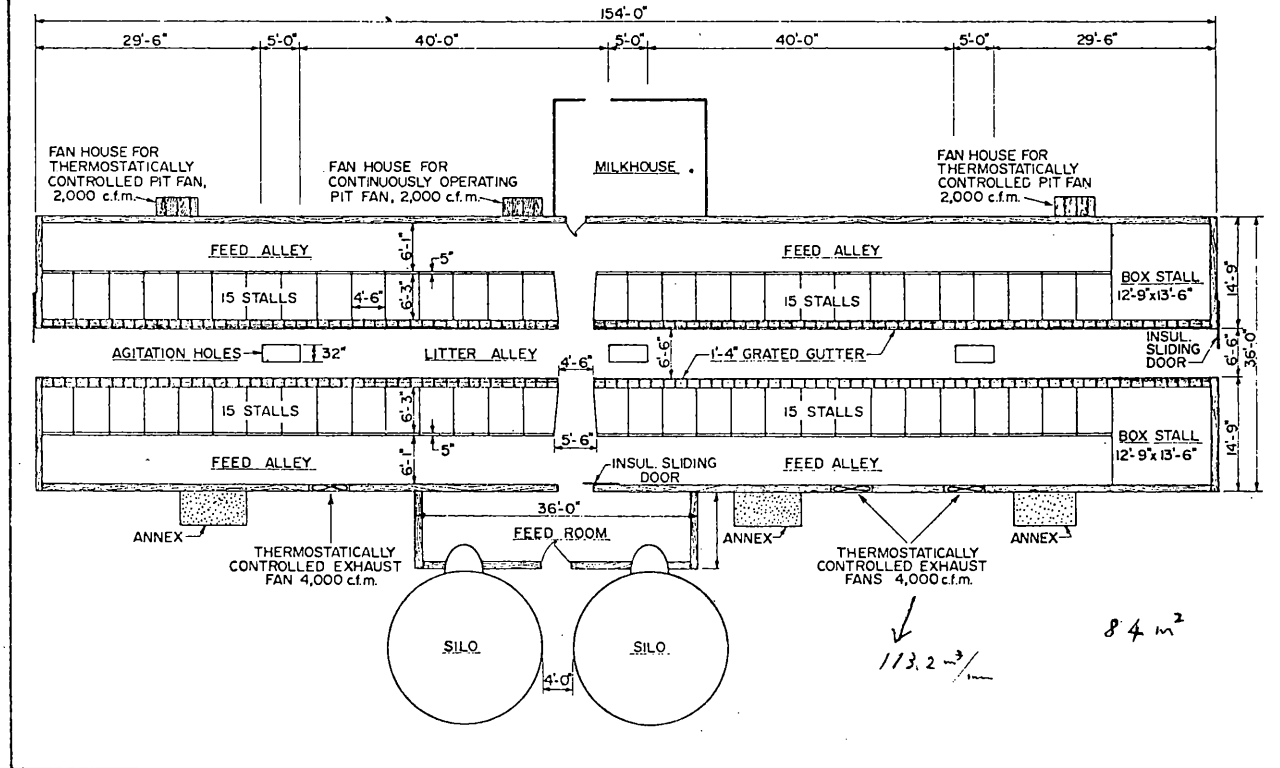


fig 27 Warm tie stall barn の事例 ミネソタ州(米国)

(60頭)

**FOUNDATION & PIT PLAN**  
STALL BARN

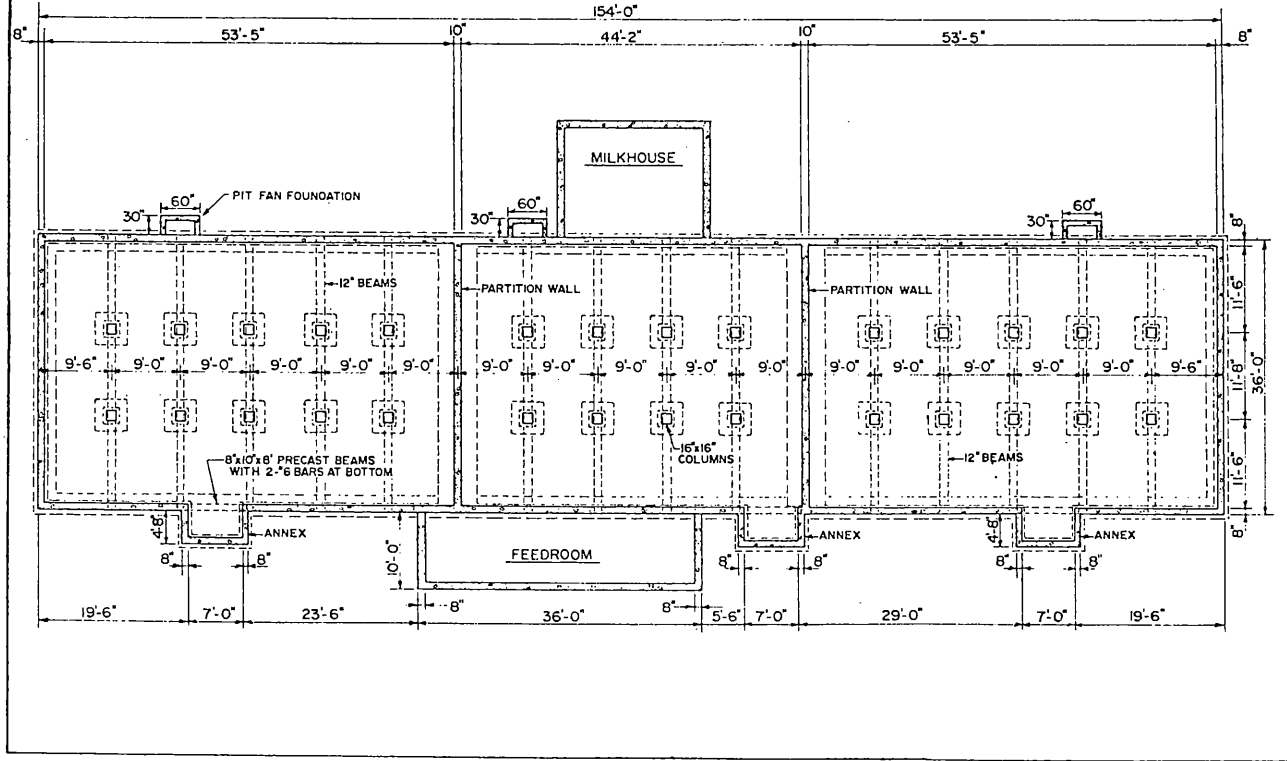


fig 28 地下粪尿貯留槽平面图

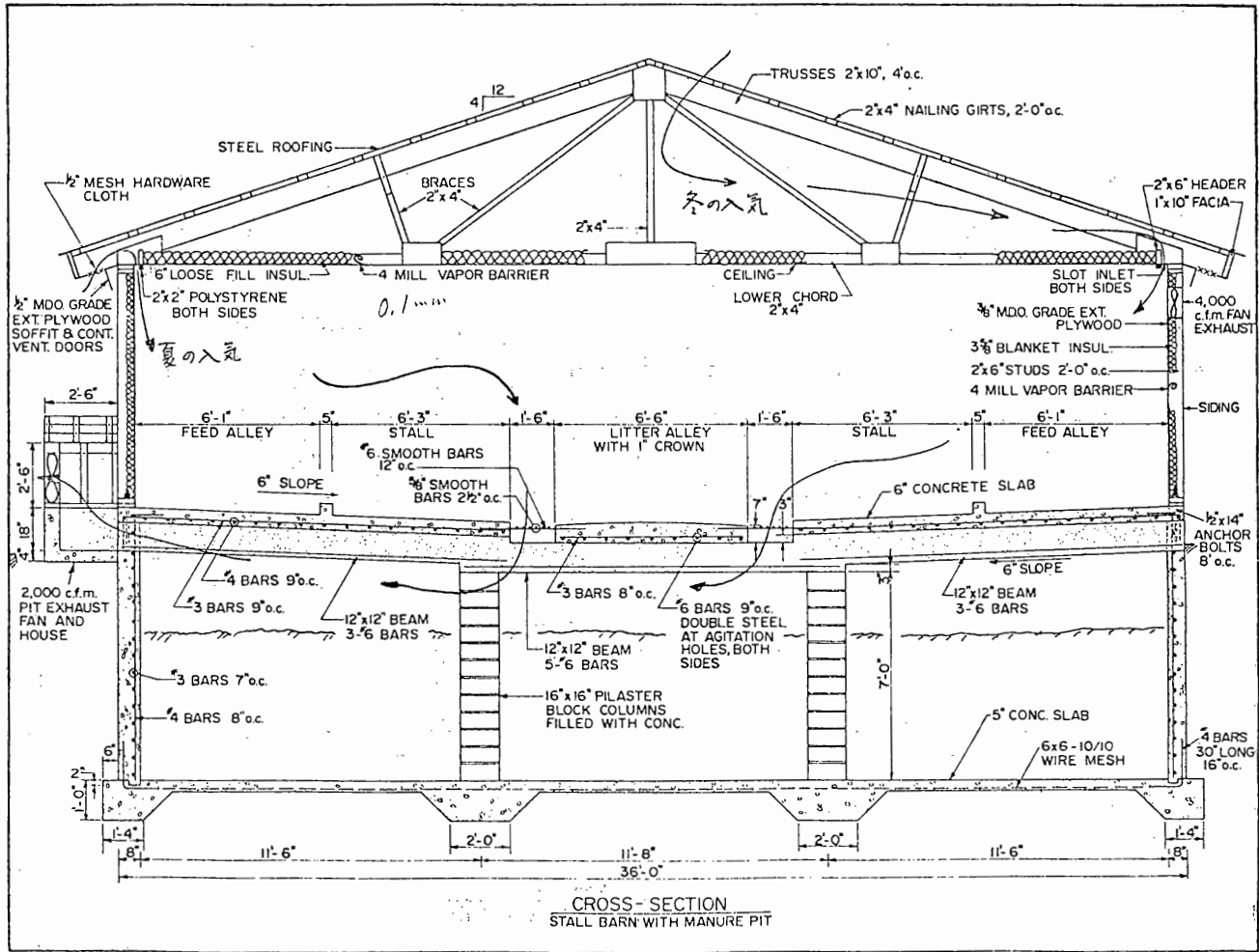


fig 29 Warm tie stall barnの断面図 ミネソタ州(米国)

## あ と が き

本報告書には米国で発表されている多くの資料事例を借用し、関係者の参考とした。特にミネソタ大学農業工学科 K.A.Jordan 博士には1972年4月視察に際し、多大の便宜を与えていただき、D.W.Bates 博士には貴重な資料の数々をお示しいただいた。ここに深甚の謝意を表する次第である。

本研究の考え方を一部とり入れて、十勝種畜牧場に Warm slatted free stall barn が1973年末完成し、現在飼養が行われている。また1975年5月には長野県高社牧場に100頭の Warm tie stall barn が完成し、飼養が開始されようとしている。日本の酪農の将来の一里塚とならんことを願う次第である。

## 引 用 文 献

1. Midwest Plan Service: Structure and Environment Handbook  
(Sept. 1973)
2. D.W.Bates: Free stall Housing for Dairy Cattle(1970),  
University of Minnesota Agricultural Extension Service
3. D.W.Bates: How to plan your Stall Dairy Barn, University of  
Minnesota (1972)