

(a) 家畜からの発生熱量……これが換気装置設計の基礎となるもので、発生熱量は顕熱と潜熱とに分れ、顕熱は舍内温度の上昇に、潜熱は舍内水分の増加として現われる。

第1図<sup>(5)</sup>は乳牛の例を示すものである。図の中には全熱量と潜熱が示してあるが、その差が顕熱になる。Butchbaker等<sup>(6)</sup>は、豚について、体重別、温度別に発生熱量の詳細なデータを報告している。又、鶏についてはOta<sup>(7)</sup>及びKelley<sup>(8)</sup>等の研究がある。(第2, 3図)

(b) 家畜以外からの発生熱量……太陽熱、敷わら、建物材料、機械器具、電灯、人間、飼料、結露水など各種の熱源があり、且つ水分の供給源がある。

#### (4) 結露の想定

冬期の畜舎に結露がみられるが、結露の起こるのは畜舎内壁の表面温度 ( $t_s$ ) が舍内空気の露点温度 ( $t_{dp}$ ) より低い場合であり、次の条件式を満足すれば結露は生じない。

$$t_s = t_i - \frac{U}{b_f} (t_i - t_o) > t_{dp} \dots\dots\dots (1)$$

ここに  $t_i, t_o$  = 室内及び外気の温度 (°C)

$U$  = 畜舎周壁の全体の熱貫流率又は熱伝達係数 (Kcal /  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ )

$b_f$  = 畜舎周壁の内部表面熱伝達率 (Kcal /  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ )

第4図は式(1)に基いて描いた結露想定図である。本図において  $U(t_i - t_o), t_i, RH_i$  のいずれか2つが決れば他の1つを見出すことができる。

#### (5) 保温(断熱)条件

換気と断熱ということは密接な関係があり、畜舎の場合、特にexposure factorなるものを定義している。即ち、次の式で表わされる。

$$\text{Exposure Factor} = \frac{\sum A U}{N} \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $A$  = 熱の伝達される周囲面積 ( $m^2$ )

$U$  =  $A$ の熱貫流率 (Kcal /  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ ) ((1)式の  $U$ と同じ)

$N$  = 家畜の頭数

$U$ の値は第3表<sup>(4)</sup>から求められる。(第3表の  $K$ の値)

#### (6) Vapor Barriersの必要性

畜舎の内外の水蒸気分圧差により、水蒸気は舍内から周壁に浸透する傾向があるので、これを防ぐために壁の暖い側に Vapor Barriers を施す必要がある。

### 3 換気装置の設計

#### (1) 換気量(送風量)の決定

換気量を求めるには、ASAEハンドブックなどに示されているように、経験的に冬季、牛舎なら100 cfm/体重1000 lbとか、鶏舎なら3 cfm/羽とか、豚なら18 cfm/頭などと云われているが、理論的には畜舎内外の温度及び湿度の差から、熱平衡並びに水分平衡を考慮して基礎式から求める方法と、舎内の換気回数から求める方法とがある。

#### (a) 畜舎換気量決定の基礎式

畜舎の舎内負荷に Exposure Factor を考慮して熱平衡式から単位家畜頭数当りの換気量  $Q$  ( $m^3/min$ ) は

$$Q = \frac{v}{0.24 \times 60 (\Delta t)} \left[ q_s - \frac{AU}{N} (\Delta t) \right] \dots\dots\dots (3)$$

ここに  $v$  = 畜舎内部空気温度における比容積 ( $m^3/Kg$ )

$\Delta t$  = 畜舎内空気及び外気の温度差 ( $^{\circ}C$ )

$$\frac{AU}{N} = \text{Exposure Factor}$$

$p_s$  = 頭熱発生量 ( $Kcal/hr \cdot$  単位家畜頭数)

又、水分平衡式から

$$Q = \frac{v}{60} \times \frac{q_L}{597.3 (\Delta w)} \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $\Delta w$  = 畜舎内空気の絶対湿度差 ( $Kg/Kg$ )

$p_L$  = 潜熱発生量 ( $Kcal/hr \cdot$  単位家畜頭数)

(3)および(4)式の  $p_s$  とか  $q_L$  は第1図から求められ、 $v$  及び  $\Delta w$  は空気線図から求められる。

又、これからの式の中、冬季の換気は湿度を下げるために行なわれるので(4)式を使用し、計算の結果、風量が大で温度が下り過ぎる場合には断熱を施す必要がある。

ストールバーンについて(3)および(4)式から計算した結果の1例を第5図に示す。第5図は、これから直接必要風量を見出すこともできるので、ASAEのYear Bookには、このような図が鶏舎や豚舎について多数発表されている。

#### (b) 換気回数から求める方法

次に、換気回数から求める場合、例えばルーズハウジングにおける搾乳室や牛乳処理室などは1時間に6回の換気が必要とされているので、この時の風量  $Q'$  ( $m^3/min$ ) は

$$Q' = \frac{\text{部屋の容積 (m}^3\text{)} \times 6}{60} \dots\dots\dots (5)$$

から計算される。

(2) 換気扇の台数決定

(3)及び(4)式から例えば乳牛1頭当りのQの値が求めれば、換気扇の換気量から

$$\text{台数} = \frac{Q \times (\text{頭数})}{\text{換気扇の換気量 (m}^3\text{/min)}} \dots\dots\dots (6)$$

によって求められる。

又、(5)式のQ' が分れば必要台数は

$$\text{台数} = \frac{Q'}{\text{換気扇の換気量 (m}^3\text{/min)}} \dots\dots\dots (7)$$

として求められる。

(3) 入気口と排気口の設計

畜舎の換気は一般に排気式で、舎内の低圧を利用して新鮮空気を導入する。入気口の大きさが十分大きければ、0.5～1.0mm水柱の圧力差でよいと云われている。よく密閉された畜舎の場合は、特別入気口を設ける必要がある。牛舎の例として第6図に換気量と圧力差の関係を示した。又、第7図は種々の入気口(第8図)の特性を示すものである。第9図は排気口の1例である。

(4) 換気扇の運転法

換気扇の運転法は次のように分類される。

- ㊶ 換気扇1個……一定スピードのモーター駆動の換気扇をサーモスタットによって間歇運転する。
- ㊷ 換気扇1個……連続運転
- ㊸ 換気扇1個……モーターの速度を2段に変えて風量を調節する。
- ㊹ 換気扇1個……排気側にダンパーをつけて風量を調節する。
- ㊺ 換気扇1個……ダンパーの他に排気口を別に設け、両方で調節する。
- ㊻ 換気扇2個以上……1個は連続運転、他は間歇運転とする。
- ㊼ 換気扇2個以上……各換気扇を独立にサーモスタットで間歇運転する。

(5) 換気扇の位置

舎外の風向に向かって排気しないように留意する。但し風に向かって取り付けなければならない条件の場合は、静圧 $\frac{1}{8}$ インチ水柱で所要風量を持つ換気扇を用い、それに耐えられるモーターを選定する。

(6) 温度制御用サーモスタット

この位置の選定には2つの方法がある。

④ 換気される空間の比較的中心の一点

家畜のそば、水パイプや電灯などの近くを避け、機械的障害を受けない位置を選ぶ。高さは家畜の立っている高さとする。

⑤ 排気ダクトの中

この場合は、ダクト内の塵埃・水分その他の影響を受けないように注意する。

(7) 換気扇の配線

配線については、回路、過電流防止、リレー、スイッチ、配線法などに注意して行なわれるべきである。

## む す び

以上は、主として強制換気の設計について述べたもので、自然換気については別な考え方がある。いずれにしても家畜環境を良くしようということは、多頭飼育の普及と共に重要な問題となり、自動制御換気やエアコンデショナーの設置なども研究されている現状で本橋が何らかの参考になれば幸いである。

## 参 考 文 献

- 1) ASAE Year Book : Design of Ventilation Systems for Poultry and Livestock Shelters, ASAE Data D.270, 1 (1968)
- 2) C.B.Richey : Ventilation of Building. Agricultural Engineers' Handbook P.635. McGraw - Hill Book Company Inc. N.Y. (1961)
- 3) Robert E.Stewart : Physical Environment and Confinement Housing of Dairy Cows Agr. Eng. Vol. 41. №9 (1960)
- 4) 井上宇市 : 空気調和ハンドブック, 丸善(昭和44年)
- 5) Yeck R.G. and Stewart R.E. : A Ten Year Summary of the Psychroenergetic Laboratory Dairy Cattle Research at the University of Missouri. Transactions of the ASAE Vol.2 p.71~77(1959)
- 6) Butchbaker, A.F. and Shanklin, M.D., : Partitional Heat Loss of Newborn Pigs as Affected by Air Temperature, Absolute Humidity, Age and Body Weight. Transactions of the ASAE Vol.7 №4, pp.382 (1964)
- 7) A. D. Longhouse, Hajime Ota and Wallace Ashby : Heat and Moisture Design Data for Poultry Housing. Agr. Eng. Vol.41, №9

(1960)

- 8) Mitchel, H.H. and Kelley, M.A.R. : Estimated Data and On the Energy, Gaseous, and Water Metabolism of Poultry for Use in Planning the Ventilation of Poultry House. Jour. of Agr. Research, Vol. 47, pp. 735 ~ 747 (1933)

第 1 表 家畜に対する最適条件

家畜の種類	温度 (℃)	湿度 (%)
乳牛	5 ~ 10	60 ~ 75
産卵鶏	13	75
豚	16 ~ 21	60 ~ 70

第2表 (a) 毎時間の平均気温(札幌)(℃) (1909~1918)

時刻 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間平均
1 h	-7.49	-6.44	-3.47	2.35	6.98	12.04	16.31	17.95	13.51	7.21	1.93	-4.72	4.68
2	-7.53	-6.57	-3.68	2.03	6.72	11.88	16.13	17.69	13.21	6.94	1.86	-4.68	4.50
3	-7.67	-6.79	-3.97	1.85	6.51	11.74	16.95	17.49	13.00	6.74	1.79	-4.75	4.32
4	-7.73	-6.83	-4.10	1.78	6.30*	11.55*	15.82*	17.30	12.78	6.49	1.72	-4.78	4.19
5	-7.75	-7.01	-4.31*	1.70*	6.51	11.97	15.94	17.26*	12.56*	6.39	1.65	-4.76	4.18*
6	-7.76	-7.03*	-4.30	2.47	7.84	13.29	16.87	18.17	12.91	6.34*	1.61*	-4.96	4.62
7	-7.81*	-6.99	-3.19	4.19	9.65	14.74	18.13	19.99	14.95	7.70	1.91	-5.00*	5.69
8	-7.16	-5.68	-1.68	5.65	11.21	15.98	19.31	21.58	17.04	10.09	3.04	-4.24	7.09
9	-5.77	-4.26	-0.51	6.86	12.59	17.14	20.27	22.83	18.53	12.05	4.27	-2.90	8.43
10	-4.66	-3.22	0.10	7.79	13.55	18.00	21.09	23.77	19.48	13.24	5.21	-1.87	9.37
11	-4.04	-2.58	0.54	8.33	14.25	18.71	21.68	24.37	19.95	13.86	5.74	-1.44	9.95
12	-3.75	-2.20	0.78	8.64	14.53	19.11	22.08	24.77	20.21	14.30	5.93	-1.21	10.27
13	-3.57	-1.99	0.89	8.79	14.64	19.03	22.14	24.89	20.29	14.33	5.97	-1.20	10.35
14	-3.63	-2.02	0.85	8.67	14.40	18.69	21.98	24.63	20.21	14.16	5.72	-1.42	10.19
15	-4.02	-2.38	0.58	8.26	13.94	18.17	21.52	24.10	19.82	13.63	5.18	-1.92	9.74
16	-4.75	-3.05	0.20	7.57	13.25	17.48	20.98	23.35	19.12	12.67	4.18	-2.82	9.01
17	-5.62	-3.99	-0.53	6.79	12.35	16.76	20.28	22.47	18.03	11.02	3.29	-3.45	8.12
18	-6.08	-4.77	-1.37	5.61	11.16	15.91	19.37	21.44	16.52	9.82	2.83	-3.82	7.22
19	-6.47	-5.29	-1.88	4.66	9.91	14.74	18.34	20.21	15.51	9.09	2.54	-4.07	6.44
20	-6.56	-5.55	-2.13	4.10	9.08	13.84	17.63	19.56	14.95	8.60	2.40	-4.26	5.97
21	-6.76	-5.60	-2.45	3.72	8.63	13.38	17.27	19.12	14.53	8.27	2.25	-4.46	5.66
22	-6.90	-5.79	-2.68	3.44	8.09	13.03	17.01	18.69	14.14	7.93	2.12	-4.59	5.38
23	-7.11	-6.05	-2.91	3.09	7.81	12.76	16.79	18.41	13.81	7.61	1.98	-4.72	5.13
24	-7.30	-6.30	-3.07	2.78	7.44	12.49	16.61	18.19	13.53	7.24	1.84	-4.80	4.89
1日平均	-6.16	-4.93	-1.76	5.05	10.31	15.10	18.73	20.76	16.19	9.83	3.21	-3.62	6.89

第2表 (b) 毎時間の平均相対湿度(札幌) (%) (1909~1918)

時刻	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間平均
1	h	83.6	83.5	79.9	80.0	84.1	91.4	93.1	92.5	91.5	88.1	81.7	80.4	85.8
2		83.5	83.7	79.6	81.1	84.2	91.3	93.2	93.0	91.8	88.5	81.8	80.1	86.0
3		83.8	84.6	80.7	81.7	85.0	91.4	93.5	92.9	92.4	88.9	82.2	80.6	86.5
4		83.8	84.7	81.0	81.4	85.5	91.9	93.7	93.2	92.8	89.2	82.1	80.4	86.7
5		83.4	84.9	81.5	80.8	84.8	90.9	93.3	93.1	93.1	89.4	82.1	80.3	86.5
6		83.8	85.1	81.1	78.0	80.7	86.4	90.7	90.6	92.4	89.5	81.5	80.7	85.0
7		84.7	84.8	75.8	72.1	75.0	81.8	86.1	84.4	86.7	86.6	80.6	81.2	81.7
8		81.4	79.3	68.8	67.8	70.1	77.5	82.1	78.9	78.8	79.0	76.7	77.3	76.5
9		75.3	73.4	65.2	65.1	65.2	73.6	78.6	74.4	73.5	71.5	72.0	70.9	71.6
10		70.5	68.6	65.1	62.3	62.0	70.4	76.1	70.9	69.2	67.3	68.2	66.1	68.1
11		69.0	67.5	64.0	60.8	59.6	68.0	74.2	68.7	67.4	64.3	66.0	65.6	66.3
12		68.9	66.6	63.9	59.7	58.7	67.2	72.7	67.6	66.6	62.7	65.0	64.8	65.3
13		69.9	67.0	64.5	59.7	58.3	67.5	72.7	67.4	66.3	62.8	65.3	66.7	65.7
14		71.2	68.0	65.6	59.6	59.1	69.0	73.4	68.4	66.9	63.4	66.0	68.2	66.6
15		73.4	70.0	66.6	60.9	60.2	70.2	75.0	70.6	67.8	65.6	68.8	70.7	68.3
16		75.8	72.6	67.8	63.2	62.7	72.7	76.7	73.7	71.0	70.4	73.4	75.0	71.2
17		79.2	76.1	70.9	66.1	66.3	75.3	79.5	77.4	76.9	78.2	76.8	77.4	75.0
18		80.4	80.1	74.5	71.1	71.2	78.4	83.1	82.3	83.7	82.5	78.2	73.9	78.7
19		82.2	80.9	75.8	74.9	76.3	83.4	87.3	87.8	86.8	84.1	78.9	79.8	81.5
20		81.9	81.2	76.4	76.8	79.6	87.0	90.3	89.8	88.8	85.3	79.5	79.6	83.0
21		83.1	81.2	77.5	77.2	80.7	88.9	91.2	90.7	89.5	85.4	79.7	80.0	83.8
22		83.7	82.0	77.5	77.7	82.2	89.6	91.8	91.7	90.0	86.0	80.0	80.1	84.4
23		83.3	81.8	78.5	78.4	82.2	90.4	92.3	92.0	90.5	86.8	80.5	80.0	84.7
24		83.4	82.7	78.7	79.7	73.6	90.9	92.5	92.1	90.7	87.5	80.9	79.9	85.2
1日平均		79.1	77.9	73.4	71.5	73.2	81.1	84.7	82.7	81.9	79.3	76.2	76.0	78.1

\*第2表(a)および(b)はすべて下記文献による、気温表の\*印は、その月の時刻別の最低温度を示す。

T. Okada: Climate of Japan 1931

第3表 (a)壁の熱貫流率 (Kcal/m<sup>2</sup>h℃)

木 造 外 壁			
	内 部 仕 上	外 部 下 見 板	外 部 ス タ ッ コ 塗
し 仕 っ く い 上	木 ず り	1.22	1.46
	メタルラス	1.27	1.56
	プラスタボード	1.22	1.46
	アルミフイル	0.93	1.07
	メタルラス { 岩綿充填	0.30	0.31

コ ン ク リ ー ト 外 壁

外部仕上	厚 (cm)	内 部 仕 上			
		な し	プラスタ 1.3cm	プラスタ (木ずり)	プラスタ (メタルラス)
モ ル タ ル	10	4.40	-	-	3.20
	15	3.85	3.40	1.90	2.05
	25	3.02	2.78	1.66	1.80
	40	2.34	2.15	1.42	1.51
石 貼 り	15	2.98	2.78	1.66	1.75
	25	2.50	2.30	1.51	1.56
	40	2.00	1.85	1.27	1.37

間 仕 切 壁

	表 面 仕 上	一 枚 壁	二重壁 (中空)	二重壁 (保温材充填)
木 造	しっくい (木 ず り)	3.00	1.66	0.32
	＃ (メタルラス)	3.36	1.90	0.32
	＃ (しっくい板)	3.00	1.66	0.32
		しっくい仕上 (片面)		同左 (両面)
	コンクリート厚 (10cm)	2.90		2.72
	コンクリートブロック (孔明)	1.66		1.50