

# 畜舎換気 of 具体的例

堂 腰 純

( 北大農学部農業工学科 )

## は し が き

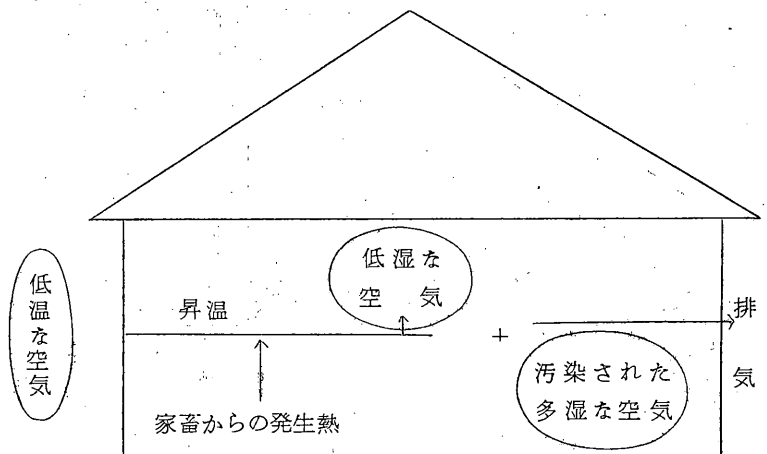
畜舎環境が家畜の生産性に対し大きな影響を与えていることは周知の事であり、その対策として換気の必要性があることも実務家の熟知するところである。しかし北海道の如き寒冷地においていかに換気するかと云うことは畜舎の断熱と大きな関係を有するためなかなか容易でない。本報告はその具体策の1例にすぎないが、寒冷地における換気対策の一助になれば幸いである。

## 換気を実施できる条件

大型でかつ密飼とする近代畜産業は従来の規模も小さく粗飼の時には想像しなかった障害を生じている。すなわち外気温が低下した時寒さを防ぐため窓や扉を閉めた後の舎内結露が著しくなり、天井からしづくがしたり落ちる現象が到るところで見られる。またさらに寒さが増すと床面が凍り、天井は霜ツララができる。飲水さえ凍る状態になる。しかも舎内は刺戟臭が強く、呼吸性その他の伝染病が発生し、飼育成績がとみに低下する。この様な状態で換気により環境改善をしようとしても根本的に不可能である。換気をする事によってむしろ舎内温低下とさらにわるくなる。夏期の換気は冬季間とは別に高温障害対策として重要であるが本文においては省略する。

冬季間換気できるかできないかは家畜の発生熱(体および呼吸による)を利用できるかできないかにかかっている。すなわち放熱型(非断熱)畜舎においては換気は実施できない。

寒冷多湿な外気であっても、舎内に導入されてあたためられれば昇温と同時に低湿となることから、家畜の発生した多湿な空気と混合して舎外に排出することが畜舎の除湿と汚染空気の排出に役立つのであり、寒冷な外気をあたためるエネルギーは絶対必要となる。このことから断熱畜舎は家畜の発生熱量を利用することが可能であり、放熱型畜舎は暖房しない限り換



気はできない。また断熱は天井、屋根および壁面が重要であるが、一般に窓の断熱は軽視される傾向にあり、近年欧米の畜舎設計に見られる通り、窓面積はできる限り小さくかつ2重にし、隙間風の入らない構造とすべきであろう。断熱の詳細についてはここでふれないが換気を実施することができるための前提条件となる断熱材の所要厚み算定の試算の1例を示す。

帯広地方において600Kgの乳牛60頭を飼育する場合(略算)。

収容重量 36トン

牛舎の大きさ  $50\text{ m} \times 11.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}^*$

1月平均気温  $-9.3\text{ }^\circ\text{C}$

(1月日最高平均気温  $-2.5\text{ }^\circ\text{C}$  …… 参考)

1月日最低気温平均  $-16.8\text{ }^\circ\text{C}$

1月日最低気温の記録  $-34.9\text{ }^\circ\text{C}$  (S21-1-31)

以上の資料より設計最低気温を $-20\text{ }^\circ\text{C}$ とし、その場合の相対湿度を75%と仮定し、畜舎内の温度を5 $^\circ\text{C}$ 、相対湿度を75%として必要熱量を計算すると(湿り空気の熱計算)8Kcal/Kgとなる。

5 $^\circ\text{C}$ における乳牛1トン当りの発生熱量(顕熱、潜熱)は毎時1,600Kcal(別資料)となっている。

また $-20\text{ }^\circ\text{C}$ における必要換気量は1トンにつき毎分 $2.4\text{ m}^3$ (別資料)であり36トンについて

$$2.4\text{ m}^3/\text{min} \times 36\text{ ton} = 86.4\text{ m}^3/\text{min} = 5,180\text{ m}^3/\text{hr} = 6,540\text{ Kg}/\text{hr}$$

すなわち昇温のための必要熱量は

$$8\text{ Kcal} \times 6,540 = 51,800\text{ Kcal}/\text{時}$$

発生熱量は

$$1,600\text{ Kcal} \times 36\text{ ton} = 57,600\text{ Kcal}/\text{時}$$

従って建築より放熱する分として許容される放熱量は

$$57,600 - 51,800 = 6,300\text{ Kcal}/\text{時}$$

となる。

この畜舎の放熱総面積は

$883\text{ m}^2$  (\*床面熱受援で除き、屋根こうばいを考慮せず平均放熱として計算するが実際の場合には、それぞれ分離計算するとよい)

上記の数値より許容熱貫流率を求めると

$$6,300 / 883 \times \{5 - (-20)\} = 0.289$$

$$\doteq 0.3\text{ Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

熱貫流率を0.3とし吸湿性のない断熱材として熱伝導率0.03(Kcal/m $\cdot$ hr $\cdot$ °C)(参考スタイロフォーム)を利用した場合

$$0.03 / 0.3 = 0.1\text{ m}$$

すなわち1.0cmの断熱材厚みを必要とする。

ちなみに米国において認められているストールパンの天井および壁の熱貫流率は夫々 0.37 および 0.45 であるが、冬季間ごく寒い地方としては 0.3 ~ 0.35 におらえる必要があろう。

### 換気量の調節はいかにするか

畜舎の換気量は夏大にして冬小にすべきであるが換気扇をどの様に運転すべきか、現在完全にわれわれの要求を満足すべき製品もなく方法も確立されていない。ここで次の事柄をあらためて認識しておく必要があろう。

- 1 家畜は舎内にあっては 24 時間呼吸を継続しているものであり、日中のみの換気で夜間停止することは多湿、結露、空気汚染防止上極めて好ましくない。家畜に悪影響を与える可能性が十分にある。
- 2 気温の日変化により日中は気温高く、夜間において低いことから換気量は日中多く、夜間少くすることがよい。

以上のことより

換気量の調節が必要となる。その方法としては

- 1 換気扇のプロペラの回転数を調節する、電圧調節の方法もあるがモーターの特性上焼損のおそれあり好ましくない。極く特殊なもの以外利用できない。
- 2 換気扇の運転台数を減ずる。これは空気の流れ道に冷気流の場所を作り、またほとんど空気の動きのない汚染場所ができ易い。
- 3 換気扇の運転時間の調節、例えば 10 分間中 3 分間運転し、7 分間休止すると云うやり方であるが、休止中の換気扇のシャッターの閉まりが確実に断熱性のあるものがない。
- 4 以上の何れかの方法の併用が考えられる。

現在北海道の畜産のためにこれらの問題のためにメーカーの協力も得られていないし換気扇自身の問題を解決しなくては換気問題は解決しないと云って差与えない。

いまここに畜舎内の換気として 24 時間中空気の動きが連続的に与えられ、また換気量の調節をしようとするならば 4 の併用方式が考えられよう。すなわち最低気温時に相当する必要換気量は連続運転によって与えられ (2) 気温の上昇に伴って増加した換気量は運転時間調節するならば、常に連続して空気の流れを与え、かつ風量調節が可能であろう。またサーモスタットを使用して換気扇運転調節の方法も外国においては用いられているが、わが国の様に断熱材利用が十分普及していないところにおいては設定温度が少し高いところにセットするとほとんど換気扇が動かないと云う欠点が生じやすい。したがって許容最低温度にサーモスタットを設定して併用する方がむしろ好ましいと云えよう。

連続運転換気扇……………最低平均気温により設定

時間調節換気扇……………予め外気温と換気量の関係を求めタイマー時間の設定をする。1日 3 ~ 4 回調節とする。

サーモスタット……………時間調節と併用する。

換気量は牛・豚・鶏とそれぞれ異りまた日令、年令等によって適正風量が研究されている。しかし尙今後に残された問題も多く、日令と外気温および換気量については鶏しか利用できるものがなく、牛・豚については体重によって換気量を求めており、従って建築構造上の気密の程度によっても大きく左右され易く、実際の換気扇運転については十分注意深く、適正換気量になっているかどうかを検討しながら操作する必要がある。ここでは換気扇そのもの、取付位置、高さ等については別にゆづるとして排気方式(負圧方式)が圧入方式(正圧方式)かについて若干考察を試みよう。正圧方式とは換気扇によって外気を舍内に加圧導入方式であるが一般に管理人室や飼料庫が併設畜舎では臭気のため採り入れられない方式である。しかし畜舎間隔の極めて接近した集団育雛舎等においては初生ビナの Marek 氏病その他の伝染病を阻止するために完全濾過空気を加圧導入によって成功している例が外国にみられ今後わが国において十分検討に値する事柄であろう。従って若令期を除いて育成段階以降については排気方式がとられることが多い。

前記の考察にもとづいて次に換気計画表の1例を示そう。

畜舎換気計画表 (例)

- ① 1頭当り体重 .....  $m$  (Kg)
- ② 収容頭数 .....  $x$  (頭)
- ③ 総体重 .....  $M$  (トン)
- ④ 設備風量設定外気温 .....  $T_{max} > 5^{\circ}\text{C}$   $T_{max}$  が大きくなれば、換気扇台数が増えるが  $5^{\circ}\text{C}$  以上は必要であろう。
- ⑤  $T_{max}$   $^{\circ}\text{C}$  における1トン当り風量 .....  $Q_{T_0}$  ( $\text{m}^3/\text{mm}$ )
- ⑥ 各温度1トン当り換気量 .....  $Q_0$  ( $\text{m}^3/\text{mm}$ )
- ⑦ 設備風量 .....  $Q_{M_0}$  ( $\text{m}^3/\text{mm}$ ) =  $Q_{T_0} \times M$
- ⑧ 換気扇種類決定 連続運転換気扇風圧は時間調節換気扇風圧より多少大き目
- ⑨ 換気扇1台当り風量  $Q_{F_0}$   $\text{m}^3/\text{mm}$  入気口断面積と風量特性より算出
- ⑩ 換気扇1台当り入気口断面積 .....  $A_0$  ( $\text{m}^2$ )
- ⑪ 換気扇台数算出 .....  $n$  (台) =  $Q_{M_0} \div Q_{F_0}$
- ⑫ 入気口総断面積 .....  $A$  ( $\text{m}^2$ ) =  $A_0 \times n$
- ⑬ 換気口(入気口)直径 .....  $l$  (m) 円形の場合
- ⑭ 換気口断面積 .....  $a$  ( $\text{m}^2$ )
- ⑮ 換気口個数 .....  $b$  (個) =  $A \div a$
- ⑯ 設計最低外気温 .....  $T_{min}$  気象記録より決定
- ⑰  $T_{nim}$  に相当する換気量 .....  $Q_{omin}$  1トンについて
- ⑱ 予定最少収容重量  $M_1$  時の  $T_{min}$  相当換気量  $Q_{min} = Q_{omin} \times M_1$
- ⑲  $T_{min}$  から  $T_{max}$  までの1トン当り換気量
- ⑳ 換気時間計算

$$T = \frac{(Q_{oMi} - Q_{min}) \times 10}{Q_{No} - Q_{min}}$$

但し、10分間隔換気の場合

$Q_{min}$ は常時(24時間)連続運転

### 換気扇の運転に当たつての注意

換気扇が通電されてプロペラが回転をはじめても所定の風量がいきなりとれず一般に少な目に出がちである。すなわち多少修正が必要となろう。また入気口の影響もおろそかに出来ない。計算によって求めた換気が行なわれているか否かは相手が目に見えない空気であるだけに設備完了後十分な測定と検定が必要であろう。また換気扇シャッターは不完全なものがほとんどであり、風のある場合隙間風となり易い。従って換気扇シャッターおよび入気口開閉についてできるだけ気密のとれたダンパーまたはシャッターが必要であろう。

### 換気にあつての一般的注意

冷い空気は舎内の低いところすなわち家畜の存在する床面に停滞し勝ちであり、外気はできる限り天井面に近いところから舎内に一樣に撒布される様な形で入気される様気をつけなければならない。

また汚染された冷い空気をできる限り排出するよう冬季間は下方から換気すべきである。夏季は天井に近い面が高温になり易いから高い所の空気を重点的に換気する様にすべきである。

換気設備は断熱工事と共に設備費に大きな影響を与えるためとかく無視され勝ちであるが環境衛生に必要なばかりでなく、事業成績向上に大きなプラスを与えていることは予稿にも述べたところであり、経営の安定に不可欠の要素と云わなければならない。従って畜舎設計の段階において十分な検討と準備が必要であろう。

尚別表の換気量表は米国において適正換気量と認められているものをまとめたものであるが、この表に従って換気を実施した場合は舎内温度が低すぎる場合は、断熱の不足または気密性の不良と解さなければならないだろう。

換 気 時 間 表

( 1 0分換気の場合 )

外 気 温	1 トン 当 り 風 量	換 気 時 間 $T = \frac{(Q_0 M_i - Q_{min}) \times 10}{Q_{M_0} - Q_{min}}$					
		$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$
10 T <sub>max</sub>	$Q_0 (m^3/mm)$						
9							
8							
⋮							
1							
0							
-1							
⋮							
⋮							
⋮							
-20 T <sub>min</sub>							

1,000Kg単位牛舎・豚舎換気量 ( $m^3/mm$ )

外気温 (℃)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
牛	1.9	2.1	2.4	2.6	3.0	3.5	5.4	19	136
豚	3.0	3.4	3.8	4.2	4.8	5.6	8.6	30	218

1,000羽单位鶏舎換気量 ( $m^3/mm$ )

外気温(℃)	1日 令	1週 令	2週 令	3週 令	4週 令	5週 令	6週 令	7週 令	8週 令	10週 令	15週 令	20週 令	25週 令	30週 令
30	6.7	33	59	82	100	120	150	160	180	220	310	390	470	560
25	4.2	21	37	52	66	79	92	100	120	150	200	250	290	350
20	2.7	13	24	33	42	51	59	67	75	90	130	160	180	220
15	1.8	8.9	16	22	28	34	39	44	49	60	85	110	130	160
10	1.2	6.2	11	15	19	23	27	30	34	40	58	72	85	100
5	0.9	4.5	7.9	11	14	17	19	22	25	30	42	52	62	75
0	0.7	3.4	6.1	8.5	11	13	15	17	19	22	30	38	44	52
-5	0.6	2.8	5.0	6.9	8.8	11	12	14	16	19	27	33	40	46
-10	0.5	2.4	4.4	6.0	7.6	9.1	11	12	13	17	22	28	33	40
-15	0.4	2.2	3.9	5.4	6.9	8.2	9.6	11	12	15	20	26	30	36
-20	0.4	2.1	3.6	5.1	6.4	7.7	9.0	10	11	14	19	24	28	34
-25	0.4	2.0	3.5	4.8	6.1	7.4	8.6	9.7	11	14	18	23	27	32
-30	0.4	1.9	3.4	4.7	6.0	7.2	8.3	9.5	11	13	18	23	26	31