

豚舎の防暑対策に関する研究 第1報 熱環境について

小島勝次郎・塚本正男・前川 弘・馬場辰好・*宮崎和之

*山口俊彦 (長崎県総合農林試験場・*長崎県畜産試験場)

KOJIMA, K., M. TSUKAMOTO, H. MAEKAWA, T. BABA, K. MIYAZAKI and T. YAMAGUCHI:
Control Methods of Heat Condition in the Swine Houses 1. On the Thermal Environ-
ments

畜舎における夏期の熱環境については、従来、気温と湿度だけで検討されてきたが、舎内の気温はあまり高くないでも夏期には豚が死亡している例がみられる。それゆえ、畜舎の熱環境を論ずる場合、気温と湿度だけでなく、さらに気流速と放射温度を加えた要素について検討する必要があると考えられる。このようなことから豚舎の熱環境について検討したので報告する。

1. 試験方法

1) 試験期日 8月中旬～9月上旬

2) 試験場所・供試豚舎

(1) 木陰と林

木陰：ケヤキ (樹径40cm, 樹冠9m) の単生したところ

林：長崎県畜産試験場に隣接する旧道の両側にヒノキと雑木が密生し、極くわずかに日差しがある。

(2) 試験豚舎：長崎県畜産試験場の産肉能力間接検定豚舎で天井を断熱した豚舎

(3) 既存豚舎：諫早市本明町のカラー鉄板屋根豚舎とスレート屋根豚舎

(4) ひさし：ひさしの幅1.4m, ひさしの軒高2.0m, ひさしの材質は黒寒冷紗遮光率85～90%を二重張り。

(5) 豚舎の簡易冷房：豚舎の床上85cmに放射冷房パネル (鉄板に鉛管を15cm間隔に配管) を設け、鉛管に冷水を通してパネルを冷却し、豚体の放射熱をパネルに吸収させる (第1図参照)。

3) 調査方法

(1) 温度、湿度、黒球温度、気流速の測定位置：豚房及び豚舎中央の床上50cm

(2) 黒球温度：銅の薄板で作った中空の球体をつや消し黒色塗装した黒球の中心に温度記録計の受感部を挿入して測定した。

(3) 気流速：カタ温度計を用いて測定した。

(4) 実効放射温度：黒球温度と気温の差を示す。

(5) 平均放射温度、効果温度は次式による。

$$MRT = tg + 0.27\sqrt{v} (tg - t)$$

ここにMRT：平均放射温度 (°C)
OT：効果温度 (°C)

$$OT = \frac{tg + t}{2}$$

tg：黒球温度 (°C)

t：気温 (°C)

v：気流速 (m/sec)

2. 試験結果及び考察

1) 木陰と林の熱環境

夏期の木陰や林は涼しいので、木陰と林の熱環境の違いを明らかにして豚舎の防暑対策の資料にする。調査結果は第1表に示すように、気温は林が木陰に比べ僅かに低い。しかし、調査中の体感では明らかに林が木陰より涼しく感じられた。このことから気温差だけで両者の熱環境を論ずることは困難で、放射熱の影響が大きいと考えられる。放射熱の影響をみた黒球温度は木陰が林より9°C高い。黒球温度と気温との差で示す実効放射温度は林の-0.1°Cに比べ木陰は7.7°Cで高い。地表面や天空からの放射熱、気流速等を考慮した平均放射温度は林が27.3°Cで気温と大差ないが、木陰は50.2°Cで極めて高い。また気温、気流速、放射温度と体感温度とを示す、いわゆる気温と放射温度とのウェートづけをした温度指標の効果温度は、木陰が林よりかなり酷しい熱環境にある。このことは、いずれも日陰であるが、木陰は地表面や天空からの放射熱の影響が大きいことによると考えられる。

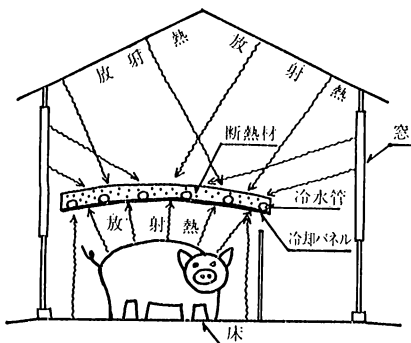
2) 窓及び壁からの熱侵入防止と熱環境

供試豚舎は軒高3mで天井を断熱した産肉能力間接検定豚舎である。窓及び壁からの熱侵入防止法としてのひさしの効果は第2表に示すように、ひさしを設けた場合の黒球温度は舎内気温よりいずれも低温なのに比べ、無ひさしの南側では2.1°Cも高温になった。

豚舎の位置別の黒球温度は、供試豚舎が東西棟のため両者とも南側では、天空や地表面から放射熱の影響を受けているが、その傾向は無ひさしとき大きい。平均放射温度はひさしを設けたとき27.5～30.3°Cで、いずれの位置でも舎内気温より低いのに比べ、無ひさしは豚舎の南側で37.9°Cにもなり酷しい熱環境にある。無ひさし豚舎は軒が深いために、窓からの放射熱侵入と同時に床温も上昇したことに起因すると考えられる。

3) 豚舎の放射冷房と熱環境

豚の暑さ寒さの感じ、すなわち体感には生産熱量と放熱



第1図 放射冷房の熱伝達模式図

第1表 木陰と林の熱環境

項	區別		木陰	林
	調査日時		8月23日	13時~15時
気象条件	天	気*	霧 晴	
	日射量(cal/cm ² .min)		0.83~1.06	
	気 温(°C)		28.7	27.5
	相対湿度(%)		63	66
	気 流速(m/sec)		0.57	0.38
地表面温度(°C)		36.6	23.4	
黒球温度(°C)		36.4	27.4	
実効放射温度(°C)		7.7	-0.1	
平均放射温度(MRT)(°C)		50.2	27.3	
効果温度(OT)(°C)		32.6	27.5	

* 建築学大系第8巻(照国社)による。

第2表 ひさしの有無と豚舎位置別の熱環境

項	區別		ひさし			無ひさし		
	天	気	南側	中央	北側	南側	中央	北側
気象条件	天 気		澄 晴			薄 晴		
	日射量(cal/cm ² .min)		1.07			0.80		
	気 温(°C)		31.8			32.3		
舎内条件	気 温(°C)		30.9			31.8		
	黒球温度(°C)	30.6	30.2	29.2	33.9	31.8	31.4	
	気 流速(m/sec)	—	0.71	—	—	0.64	—	
	床 温 度(°C)	—	28.6	—	—	29.9	—	
	実効放射温度(°C)	-0.3	-0.7	-1.7	2.1	0	-0.4	
平均放射温度(MRT)(°C)		30.3	29.5	27.5	37.9	33.7	30.6	

量が平衡状態で恒温を保つときに最も快適で、生産熱量より放熱量が少ないと暑く感じる。豚の生産熱量と放熱量は明らかでない点が多いので、人体について普通の湿度、湿度のときの放熱割合についてみると、放射によるものがおおよそ全体の1/2、対流によるものが全体の1/3、蒸発によるものが全体の1/5とされている。豚の場合はこの他に寝ころぶことによる伝導の熱放散が考えられるが、豚は人体に比べ汗腺の発達が悪いので、その分だけ放射熱の影響を強く受けると考えられる。このようなことから、簡易でしかも開放豚舎等でも容易に利用できる放射冷房の効果について検討した。その結果は第3表に示すように、放射冷房の気温は比較に比べ僅かに低くだけであるが、黒球温度は3.1°C、平均放射温度6.9°C低下した。平均放射温度の低下は、放射冷却パネルの冷却効果によるもので、豚体からパネルへの熱放散が旺盛になるものと考えられる。気温と放射温度との関係を示す効果温度は30.8°Cになり、比較より1.9°C低温になった。

本試験では、放射冷房の冷熱源として冷水を用いたが、水温が23°Cで高いこと、水量が少ないことから、放射冷房パネルの冷却効果が少なかった。10~15°Cの冷水を通すことによってその効果が倍増すると考えられる。また、放射冷房パネルは豚房の床上85cmに設置しているのので、豚体からの放射熱を吸収すると同時に、床温を低温に保ち、窓や壁から侵入する放射熱を遮断して豚体位置の平均放射温度を低下させることから開放豚舎での冷房効果が期待できると考えられる。

4) 既存豚舎の環境調査及び改善

既存豚舎の環境調査と簡易な熱侵入防止対策効果を第

第3表 豚舎の放射冷房

項目	區別		放射冷房	比較
	天	気	薄 晴	
気象条件	日射量(cal/cm ² .min)		0.59	
	気 温(°C)		33.5	
パ冷	吸 水 温 度(°C)		23.0	—
	吐 水 温 度(°C)		25.7	—
ネ却	吸 水 量(kg/min)		1.13	—
	パネルの吸熱量(Kcal/hr)		183	—
舎内条件	気 温(°C)		31.8	32.4
	黒球温度(°C)		29.8	32.9
	気 流 速(m/sec)		0.44	0.40
床 温 度(°C)	床 温 度(°C)		28.8	—
	実効放射温度(°C)		-2.0	0.5
平均放射温度(MRT)(°C)		26.7	33.6	
効果温度(OT)(°C)		30.8	32.7	

第4表 既存豚舎の環境調査と簡易な熱侵入防止対策効果

項目	區別		カラー鉄板屋根(9月6日)		スレート屋根(9月7日)	
	天	気	無対策	簡易対策	無対策	簡易対策
気象条件	天 気		澄 晴		澄 晴・一時薄曇	
	日射量(cal/cm ² .min)		1.21	1.20	1.08	1.10
舎内条件	気 温(°C)		29.8	29.5	26.7	26.8
	気 温(°C)		29.6	29.0	28.7	28.7
黒球温度(°C)	黒球温度(°C)		33.1	30.1	30.7	29.1
	気 流 速(°C)		0.66	1.35	0.22	0.33
屋根温度(°C)	屋根温度(°C)		57.6	57.8	49.8	49.1
	床 温 度(°C)		32.4	32.5	25.8	26.8
実効放射温度(°C)		3.5	1.1	2.0	0.4	
平均放射温度(MRT)(°C)		39.8	33.1	32.9	29.6	

4表に示す。カラー鉄板屋根豚舎は棟や軒が低く屋根が濃青色の天井のない豚舎で、53年度は1日に6頭の豚が熱射病で死亡した豚舎である。舎内の黒球温度は気温より3.5°C高い。そのため平均放射温度は39.8°Cにもなり、かなり酷しい熱環境にある。簡易な熱侵入防止対策として、園芸用ハウスに使用する塩ビフィルムを天井に被覆すると、黒球温度は気温より僅かに高いだけで、平均放射温度は無対策より6.7°C低くなり、その効果が顕著である。

スレート屋根豚舎はカラー鉄板屋根豚舎より棟や軒が高く、屋根が白色のため屋根からの放射熱の影響が少ない。黒球温度は気温より2.0°C、平均放射温度は4.2°C高いだけで、カラー鉄板屋根豚舎よりしのぎ易い。簡易対策として天井に塩ビフィルムを被覆すると、黒球温度、平均放射温度とも舎内の気温近くまで低下した。

いずれの豚舎でも屋根から舎内に侵入する放射熱の簡易な侵入防止対策として、天井に塩ビフィルムを被覆するだけで、舎内の熱環境はかなり改善される。塩ビフィルムは選択放射材としての効果があり、屋根から豚舎内へ侵入する放射熱(波長8~10μ)の大部分を遮断し、熱侵入量は被覆しない場合の半分以下になると考えられる。