

豚舎に関する基礎的研究 (3)

誌名	日本大學農獸醫學部學術研究報告
ISSN	00780839
著者	長島, 守正 川西, 啓文
巻/号	40号
掲載ページ	p. 137-145
発行年月	1983年3月

豚舎に関する基礎的研究—Ⅲ

開放型肥育豚舎の温度環境*

長島守正・川西啓文**

(農村計画工学研究室)

昭和57年10月14日受理

緒 言

第2報¹⁾において、開放型肥育豚舎における夏期・冬期の屋根面、床面、基礎面からの熱移動量を報告した。本報告は、その移動した熱の豚舎内への影響を検討したものである。

豚体へ不快を生じさせる環境は、温度、風速、湿度、MRT(平均放射温度)である。特に温度は、豚体からの熱損失に関係する重要な要因²⁾で増体率に大きく作用する³⁾。HARMANら⁴⁾は、肥育豚舎床構造の形式別必要水分除去率を示したが、この値も豚舎内温度が影響している。

測定方法

測定項目は、①舎内温度分布、②舎内湿度分布、③舎内風速、④舎外気温、⑤水平面全日射量、⑥平均放射温度である。

舎内温度分布は各断面の0.8、1.3、1.8mの高さに測点を設け、CC熱電対(0.3mm)によりデジタル記録計(千野製作所 DRO-30、横河電機 TYPE 3874)で3時間ごとに測定した。湿度分布は、温度と同様の測点でアスマン通風乾湿計で測定した。水平面全日射量は第2豚舎棟部でエプレン型半球日射計(英弘精機 MS-61)で測定した。平均放射温度は温度分布測点の1.8mの高さで測定した。

測定期間は、1981年2月7日～12日および1981年7月25日～28日に行った。

結果および考察

1. 豚舎壁面からの熱移動量がおよぼす舎内環境

壁面を移動した熱は、次式で示すように舎内環境に影響する。

$$\begin{aligned} & \pm Q_c \pm Q_f \\ & = \pm \alpha \{(\theta_a - \theta_c) \pm (\theta_a - \theta_f)\} \dots\dots\dots (i) \\ & = \pm \alpha_{cv} \{(\theta_a - \theta_c) \pm (\theta_a - \theta_f)\} \pm \alpha_r \{(\theta_a - \theta_c) \\ & \quad \pm (\theta_a - \theta_f)\} \dots\dots\dots (ii) \\ & = \pm \alpha_{cv} \{(\theta_a - \theta_c) \pm (\theta_a - \theta_f)\} \pm c \cdot \varphi \left\{ \left(\frac{273 + \theta_c}{100} \right)^4 \right. \\ & \quad \left. - \left(\frac{273 + \theta_x}{100} \right)^4 \right\} \pm \left\{ \left(\frac{273 + \theta_f}{100} \right)^4 \right. \\ & \quad \left. - \left(\frac{273 + \theta_x}{100} \right)^4 \right\} \dots\dots\dots (iii) \end{aligned}$$

Q_c : 天井面からの熱流量 (kcal/m²・h)

Q_f : 床面からの熱流量 (kcal/m²・h)

α : 総合熱伝達率 (kcal/m²・h・°C)

α_{cv} : 対流熱伝達率 (kcal/m²・h・°C)

α_r : 放射熱伝達率 (kcal/m²・h・°C)

c : 放射定数 (=4.88 kcal/m²・h・°K⁴)

φ : 形態係数

θ_a : 舎内気温 (°C)

θ_c : 天井面温度 (°C)

θ_f : 床表面温度 (°C)

θ_x : 任意の壁体表面温度 (°C)

なお、(i)式は総合熱伝達率を用い、天井面温度と床表面温度からの舎内気温の影響をみたもので、(ii)式は対流熱伝達率と放射熱伝達率を用いての熱移動量の平衡式に置きかえたもの、また(iii)式は放射による熱伝達を放射定数と形態係数を導入し、置き換えたものである。

上式よりみると、舎外からの熱の影響が各断面において等しいとすると、断面間に温度差が生じる。また、上式における総合熱伝達は、対流と放射によって構成されるものであり、その要因別に以下考察する。

Bull. Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ., No. 40, p.137~145 (1983).

* Studies on the Piggery—Ⅲ The Temperature Environment of Open Type Fattening Piggery.

** Morimasa NAGASHIMA and Hirofumi KAWANISHI, Lab. Rural Planning Engineering, Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.

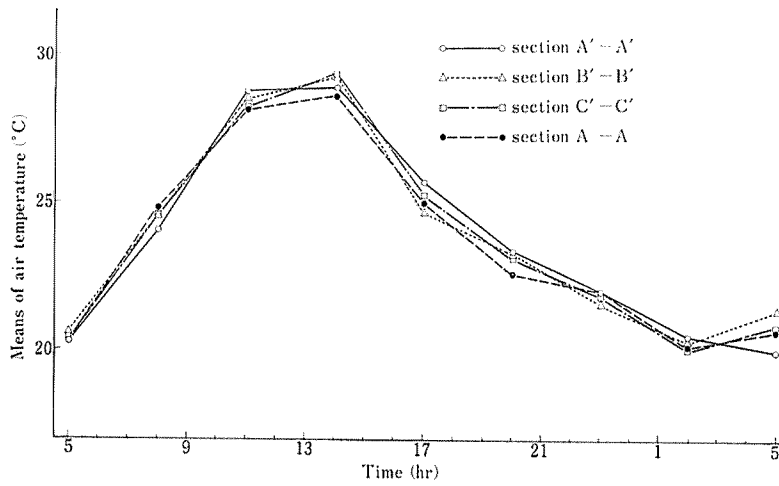


Fig. 1 Means of air temperature in each section in a day of summer.

1) 対流による影響

図 1 に夏期の舎内各断面の平均気温を示した。屋根面、床面からの対流熱伝達は、顕熱伝達量であり、屋根面の熱流量が多い時、その屋根面下の平均気温は、他の断面より高くなる。

このことから、屋根面のみ対流熱伝達の影響をみるために、床面の熱貫流抵抗値が大きい断面間を取り上げた。

屋根面の熱貫流抵抗値が小さい断面 A'-A' (以下 A' と称す) では、11~2 時にかけて、他の断面より気温が高い。しかしながら、断面 B'-B', 断面 C'-C', 断面 A-A (以下 B', C', A と称す) の間には、その影響が少なかった。その原因として、屋根面の熱貫流抵抗値に

差がなかったことがあげられる。なお、測定時において、各断面間の風速に有意な差はなかった。すなわち、舎内温度環境において、屋根面よりの熱の影響があることを示している。このときの各断面における温度の分散分析による F 値は 0.018 であった。豚体に対する影響はないとみられる。

2) 放射による影響

各断面における気温が若干異なるため、(iii)式による放射熱伝達の影響については実効放射温度の比較によって行った。

実効放射温度は次式より算出した。

$$t_{er} = MRT - t_a = \left[100 \left\{ \frac{\alpha \sqrt{v}}{\sigma} (t_o - t_a) + \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right\}^{1/4} - 460 \right] - t_a$$

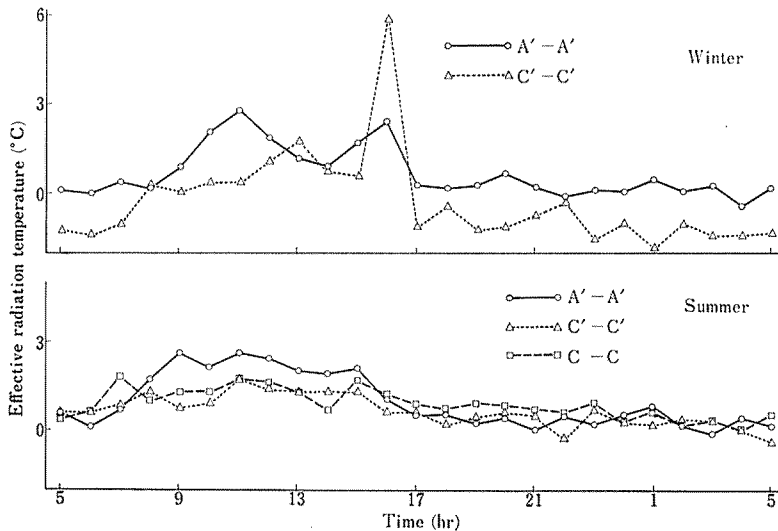


Fig. 2 Effective radiation temperature in a day.

- σ : ステファン・ボツマン定数(=0.173×10⁻⁸)
- t_{er} : 実効放射温度 (°F)
- MRT: 平均放射温度 (°F)
- t_a : 周辺気温 (°F)
- a : グローブ径による対流熱伝達率 (本測定では 0.202⁹) を使用)
- v : 周辺風速 (ft/min)
- t_g : グローブ温度 (°F)
- T_g : $t_g + 460$ (°R)

図 2 に各断面の実効放射温度を示した。日中は、冬期・夏期とも、屋根面の熱貫流抵抗値が小さい断面 A' において実効放射温度の値が大きい傾向がみられた。屋根面における熱貫流抵抗値の違いによる熱流量の差が生

じているためと考えられる。しかしながら、夏期の断面 C' と C の実効放射温度は、時刻によっては断面間に差がなく、または逆になったりしている。この現象は舎外からの放射の影響によるものと考えられる。以上の点から、測定対象豚舎をみると、強い日射の時に舎外からの放射の影響を受けている。豚舎施設の設計においては、この放射の影響も考慮されるべきであろう。

夜間の実効放射温度は、式 (iii) から推察される現象とは逆に、断面 A' は冬期に高かった。式 (iii) では家畜よりの発生熱は考慮されていない。実測値における現象は、豚房内豚体からの放射熱によるものと受けとめられる。

また、夏期は変化が激しく、一概に把握できない状態

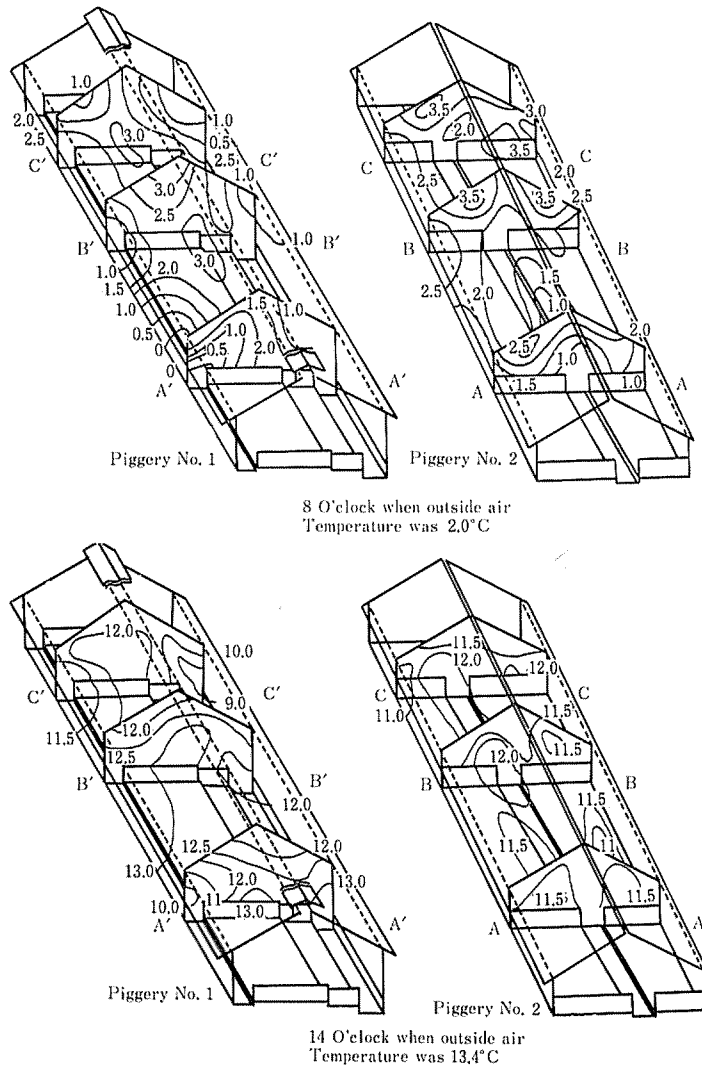


Fig. 3 Distribution of air temperatures in piggery. (winter)

にあった。いうならば、各断面共に舎外からの放射による影響を強く受けていた¹⁰⁾ものと考えられる。

夜間の豚舎側面からの放射のみを把握するには、放射物体に対する形態係数が考慮できる放射計が有効と考えられるが、豚体への放射を考慮する場合は、ここで取り上げた測定方法が的確であると考えられる。

以上の事から、冬期・夏期とも日中では、豚舎屋根面の熱貫流抵抗値の違いによって熱流量の差が生じ、舎内環境に対流熱、放射熱となって影響することが示された。

2. 舎内温度環境

1) 冬期の温度環境

図3～4に冬期の舎内温度環境を示した。5時と8時

では、第1豚舎より第2豚舎がやや舎内温度が高い。第1豚舎では、豚舎縦断面中央部が高いのに対し、第2豚舎では、北側天井下部付近で高い傾向が示された。11時と14時では、第1・第2豚舎とも、縦断面中央部が高い。また、断面間の比較では第1豚舎の断面A'が他より若干高い。これは、先に述べた屋根面の熱貫流抵抗値による違いで生じたものと考えられる。17時では、第1・第2豚舎とも、東側の温度が低くなる傾向があり、第1豚舎では、その傾向が強い。20時では、第1豚舎は縦断面中央部の天井付近が高く、第2豚舎ではその傾向はない。23時は第1・第2豚舎とも、17時と同様の傾向が示された。2時では逆に、第1豚舎では東側が高いが、第2豚舎は温度分布がほぼ均一となっていた。第1豚舎

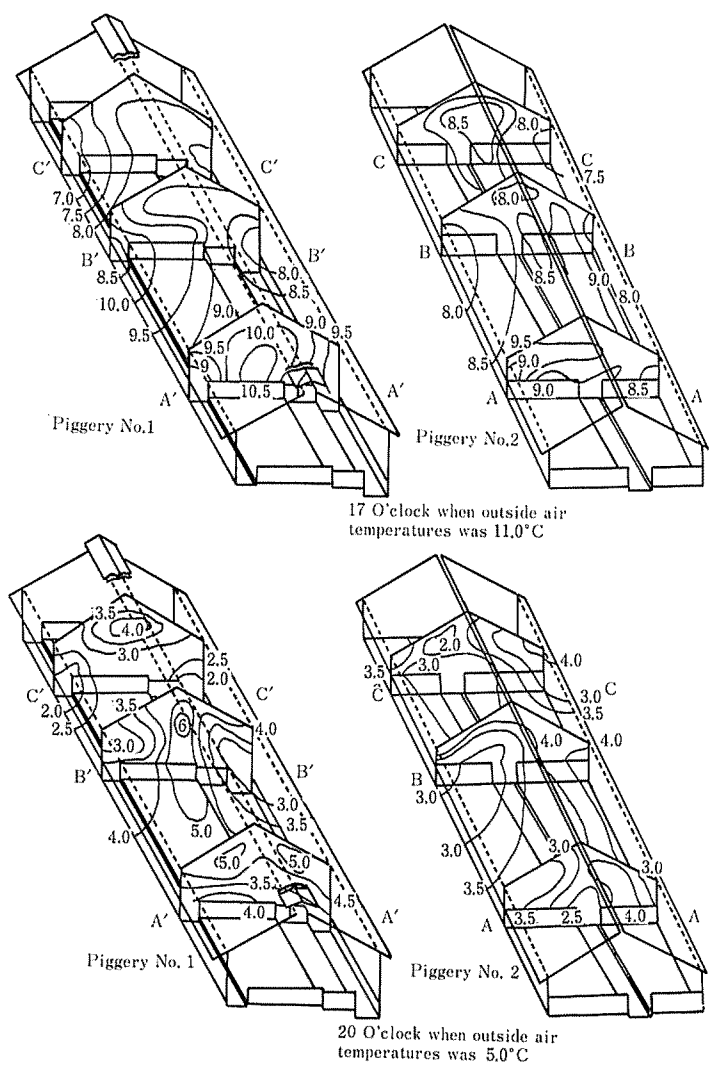


Fig. 4 Distribution of air temperatures in piggery. (winter)

は断面 A' の熱貫流抵抗値が小さいため屋根面から天空への放射冷却の影響を受けたものと推察される。

以上の事から、豚舎側面の影響を除いて考えると、第 1 豚舎は第 2 豚舎に比べ、豚房が小さく仕切られており、それによる通風量不足に起因した舎内温度分布のムラが生じたものと考えられる。

2) 夏期の温度環境

図 5～6 に夏期の舎内温度環境を示した。5 時では第 1・第 2 豚舎とも舎内温度の分布は平均化していた。しかし、8 時では第 1・第 2 豚舎とも、北側の温度がやや高くなる傾向がある。豚舎棟方向の法線が南に對し約 10 度傾いているので、日出時の太陽高が北側面に照射することが原因である。11 時では、屋根面の熱貫流抵抗値が

大きい舎内断面下ほど温度が低くなっている。14 時には、豚舎縦断面中央部が低くなる傾向があるとともに、西側の断面ほど平均気温が下がっている。17 時は第 1 豚舎北側が高くなり、第 2 豚舎はほぼ平均的分布となっていた。日没時の太陽光を第 2 豚舎より長く第 1 豚舎は受けたため、北側の気温が高くなったと考えられる。20 時には第 1 豚舎は豚舎縦断面北側が高かった。第 1 豚舎は冬期にも温度分布のムラが発生しており、豚舎内の温度環境に何らかの影響が考えられる。これは今後の課題として取り上げる。23 時及び 2 時は、第 1・第 2 豚舎とも温度分布が平均化されていた。総体的に、夏期の温度環境は冬期に比べ、等温線が平均化されている。

3. 豚舎構造別にみた舎内環境温度

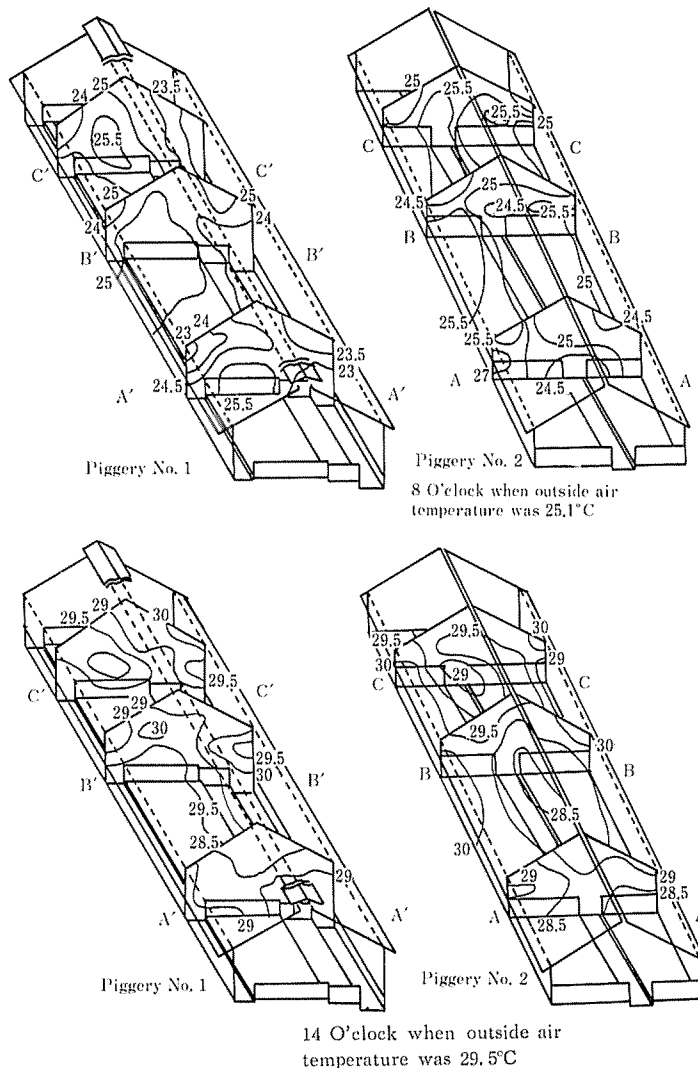


Fig. 5 Distribution of air temperatures in piggyery. (Summer)

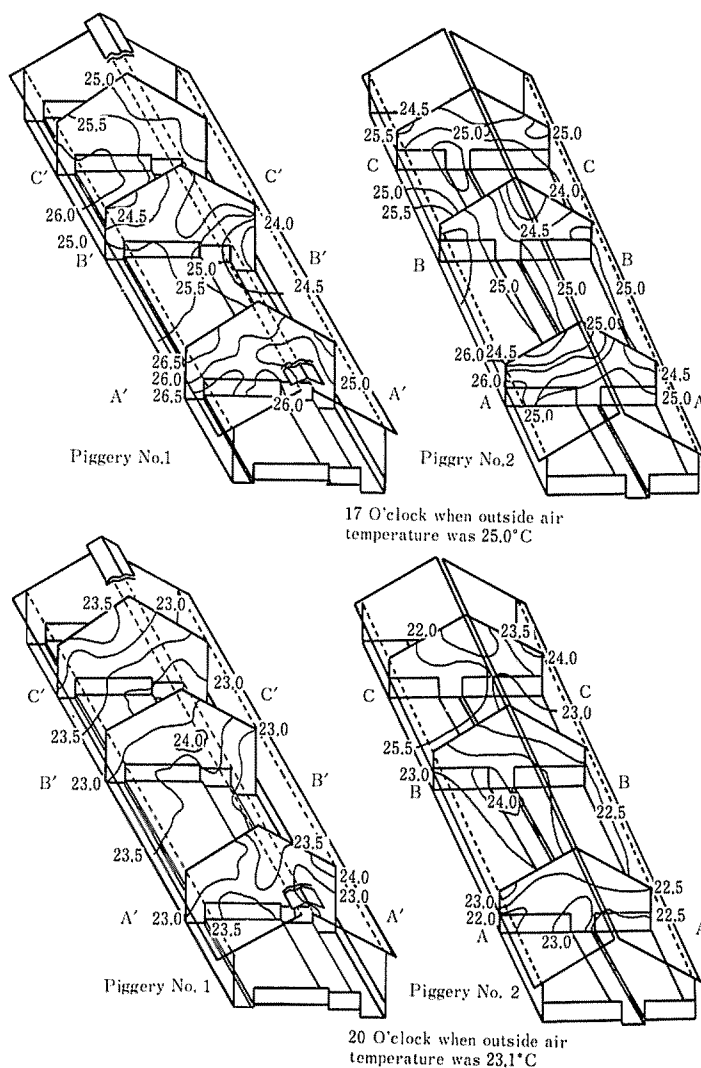


Fig. 6 Distribution of air temperatures in piggery. (summer)

Table 1 Comparison of distribution coefficients of air temperature in summer among piggery types. (horizontal section)

Piggery types	Time				
	5 : 00	8 : 00	14 : 00	17 : 00	20 : 00
*Piggery No. 1	98.1	97.2	99.0	97.4	97.9
*Piggery No. 2	97.1	96.8	98.2	98.8	98.6
**Windowless piggery with slotted floor.	98.4	98.6	99.3	98.7	98.3
**Open type piggery with slotted floor.	96.0	—	98.6	—	97.3
**Open type piggery with cage.	98.9	—	97.9	—	98.5

*Horizontal level at 0.8 m height.

**Horizontal level at 0.9 m height, cited from data in Ehime Pref., by Sahara et al. appearing in Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan (1976). Vol. 6, No. 2 (6).

Table 2 Comparison of distribution coefficients of air temperature with seasons among piggery types. (vertical section)

Piggery types		Time				
		5 : 00	8 : 00	14 : 00	17 : 00	20 : 00
*Piggery No. 1	winter	86.3	90.9	98.0	94.1	91.6
	summer	98.3	97.9	98.9	99.0	98.5
**Piggery No. 2	winter	94.8	94.6	98.1	94.0	96.0
	summer	98.2	98.6	98.9	98.2	98.7
**Windowless piggery with slotted floor.	summer	97.5	99.2	99.0	99.1	98.6
**Open type piggery with slotted floor.	summer	94.0	99.2	99.2	98.8	99.0
**Open type piggery with cage.	summer	99.1	98.2	99.3	99.3	98.8

*Vertical section at section B'-B'.

**Vertical section at section B-B.

**Vertical section at section III, cited from data in Ehime Pref., by Sahara et. al. appearing in Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan (1976). Vol. 6, No. 2 (6).

佐原⁹⁾は、愛媛県下のスノコ床式無窓豚舎、スノコ床式開放豚舎、ケージ式開放豚舎について、舎内温度環境を測定し報告している。

同上のデータを温度分布率でみることによって、著者らの千葉県下における豚房式開放豚舎との比較が可能となるので取りあげた。

表 1 に第 1 豚舎、第 2 豚舎と上記 3 種の構造様式の異なるものについて水平断面の温度分布率を、表 2 に垂直断面の温度分布率を示した。なお、それぞれの豚舎について測定時間のづれが多少みられたので、最も近い時間でのものを比較の対象とした。

温度分布率は次式⁷⁾によって求めた。

$$\delta = \frac{M - \sigma}{M} \times 100$$

δ : 分布率(%)

M : 平均値

σ : 標準偏差

水平断面の温度分布率は、第 1 豚舎は 17 時、第 2 豚舎は 8 時、スノコ床式開放豚舎は 5 時、ケージ式開放豚舎は 14 時、スノコ床式無窓豚舎は、5 時と 20 時に低くなっている。

また、第 1 豚舎、第 2 豚舎、スノコ床式開放豚舎は、日中は高くなる山型の変化を示している。スノコ床式無窓豚舎は、同様の山型を示すが変化は少ない。ケージ式開放豚舎は逆に日中低くなっている。

第 1 豚舎、第 2 豚舎、スノコ床式開放豚舎は類似の分布率を示しているが、豚舎の棟方向、断面形状、豚房の配置に共通部分が多い。このことが類似性を示す原因と考えられる。

スノコ床式無窓豚舎は、換気率が低く換気方式が不適⁹⁾(事故率をみると、スノコ床式無窓豚舎 14.8%、スノコ床式開放豚舎 4.5%、ケージ式開放豚舎 4.2%、第 1

豚舎 1.0%、第 2 豚舎 0%、但し 7 月、8 月の 2 カ月間)と述べられており、事故率からみると首肯されるが、水平断面の温度分布率による判定では、ほぼ一定率を得ている。

垂直断面の温度分布率については、豚舎構造形式による差は夏期ではほとんどみられなかった。ただ、全体的には、朝方が低くなっている。

温度分布率が日中均一化されることは、豚舎周囲温度(主として屋根面)が 30°C を越え、そのため、舎内へ入る熱量は一定となって影響するためと推定できる。なお、朝方、温度分布率が低いのは、日射の入射角が小さいことによって豚舎が受ける日射量が部分的に異なる事と考えられる。

冬期の垂直断面についてのデータは、第 1 豚舎、第 2 豚舎のみである。第 1 豚舎、第 2 豚舎とも、夏期に比較し低く、また、朝と夜の温度分布率が低い。

第 1 豚舎は、第 2 豚舎より低くなっている。朝・夜の温度分布率が低いのは、夏期に比較し日射量が小さいことと、入射角の影響によって、舎内に入る熱量に差があることが原因と考えられる。第 1 豚舎が第 2 豚舎より低い原因については、屋根からの天空放射量が多いことと、豚房形式による換気効率の差が考えられる点であるが、これについては今後、明らかにする予定である。

温度分布率からの検討においては、舎内の温度を生産環境限界値以内に押え、舎内気温の均一性を保たせることが必要である。

無窓式構造では、屋根、壁面の断熱保温をはかり、熱流量及びすき間による熱損失をなるべく小さくし、換気による調整が有用である。

開放式構造では、屋根面からの熱流量を小さくし、豚舎周辺からの照り返しによる熱の流入を防ぎながら、豚の居住空間周囲の通風効率を考慮することが必要であると

考える。

摘 要

本報は、前報に引き続き、熱流量がおよぼす豚舎内への影響と構造形式の異なる豚舎について舎内温度分布率を比較検討し、以下、次のような知見を得た。

1) 豚舎内の気温は、屋根面の熱貫流抵抗値に影響されるが、その変化は時間によるずれが見られる。

2) 豚舎内の環境は、放射熱伝達により明らかに影響される。

3) 冬期の豚舎内温度分布は、ムラがあることが多いが、豚舎内の通風性が原因と思われる。夏期の豚舎内温度分布は、豚舎への日射の影響がみられた。

4) 構造型式の異なった豚舎との比較においては夏の第1、第2豚舎の水平断面の分布率は、スノコ床式開放豚舎と類似していた。豚舎の棟方向、豚房の配置、断面形状が類似しているためと考えられる。

5) 垂直断面における温度分布率は、冬期は夏期のそれに比べ低い。また、第1豚舎は第2豚舎に比較し冬期は低かった。夏の温度分布率は、豚舎構造にかかわらず、朝方に分布率が低下する傾向にある。

6) 豚舎設計において、日射および通風性が重要な要因であることが再確認された。

謝 辞

終りに、この調査にご協力をいただいた農業法人並木養豚組合、ダウ化工KKの石井氏、ならびに調査に従事した研究室の学生諸君に感謝する。

文 献

- 1) 長島守正, 川西啓文: (1982) 豚舎に関する基礎的研究一Ⅱ, 本誌, **39**, 231~238.
- 2) Beckett, F.E.: (1965) Effective Temperature for Evaluating or Designing Hog Environments. *Transaction of the ASAE*, **8**(2), 163~166.
- 3) Heitman, H. Jr., C.F. Kelley, T.E. Bond: (1958) Ambient Air Temperature and Weight Gain in Swine. *Journal of Animal Science*, **17**, 62~67.
- 4) Harman, D.J., A.C. Dale and H.W. Jones: (1968) Effect of Floor Type on Required Moisture-Vapor Removal Rate from Swine Finishing Houses. *Transaction of the ASAE*, **11**(1), 149~152.
- 5) Bond, T.E. and C.F. Kelley: (1955) The Globe Thermometer in Agricultural Research. *Agriculture Engineering*, April, 251~255, 260.
- 6) 佐原伝三, 荻輪雅好, 増井典良, 鶴崎 孝, 伊藤代次郎, 橋本静夫: (1976) 夏季における肥育豚舎の形式別舎内環境について, 農業施設, **6**(2), 4~17.
- 7) 平山 嵩, 小木曾定彰, 渡辺 要, 佐藤 鑑, 斎藤平蔵: (1978) 建築学大系22 (彰国社, 東京).
- 8) 三村 耕, 森田琢磨: (1980) 家畜管理学 (養賢堂, 東京).
- 9) 長島守正他: (1977) 畜産施設 (文永堂, 東京).
- 10) 川西啓文, 長島守正: (1982) 畜舎の放射熱環境, 昭和57年度農業施設学会大会講演要旨, 3~4.

Studies on the Piggery—Ⅲ

The Temperature Environment of Open Type Fattening Piggery

Morimasa NAGASHIMA and Hirofumi KAWANISHI

Lab. of Rural Planning Engineering, Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.

(Received October 14, 1982)

The authors examined effects of heat transfer in open type of fattening piggery in connection with the report of previous paper¹⁾ and compared distribution coefficients of air temperatures between the results obtained and data of some other piggery types offered by other researchers.

The results obtained are as follows;

1) Indoor air temperature was effected by the total thermal resistance value of roof and it was affected by the heat transfer of roof with time-lag.

2) Indoor environment was obviously affected by radiation heat transfer.

3) In piggeries No. 1 and No. 2, it was found that an inadequate ventilation often caused unevenness of distribution of air temperature in winter and in summer, however, solar radiation affected distribution of air temperatures.

4) Comparing the distribution coefficient of air temperature with that of some types of piggery, the value in horizontal section of piggeries No. 1 and No. 2 in summer was similar to that of open type piggery with slotted floor. It seemed to be the reason that they resembled each other in direction of housing, arrangement of pen, and appearance of cross section.

5) The distribution coefficient of vertical section in piggeries was lower in winter than in summer. In winter, the value of piggery No. 1 was lower than that of piggery No. 2. In summer, it had tendency to become lower in the morning in all types of piggery.

6) In conclusion, in planning of piggery, the importance of solar radiation and ventilation was clearly reconfirmed.