

家畜は、他の農作物とはやや性質が異なり気象災害によるものとするのが困難な場合が多い。乳牛で、気象災害の被害が顕著にわかるのは、夏期の暑熱による乳量、乳質の低下と長雨時の疾病発生等である。

乳牛(ホルスタイン種)の原産地は、オランダ北部地方で、品種改良がなされたのは北アメリカ、カナダの冷涼な地域である。従って、ホルスタイン種は寒さには強いが、暑さには弱いのが特徴である。また生理的に大量の牛乳を生産するため、大量の養分を摂取し、摂取した飼料を第1胃内で発酵させ、多量の熱産生を起こすが、体温調節機能が不十分であるため放熱が十分でない。このため、暑熱時には生理、生産への影響は極めて大きい。

また近年、急速に泌乳能力も向上しており、養分要求量も多くなっている。従って、熱産生量も大きく暑熱対策は重要課題である。

## I 夏期暑熱の影響と対策

### 1 暑熱による影響の様相

一般に暑さとは、家畜の飼養場所の気温によって代表されているが、気温だけでなく床や壁の温度、太陽からの放射熱も直接・間接に影響する。

暑さを規制する温度以外の要因として湿度と気動である。この両者は、家畜体からの熱の放散速度に関係しており、湿度が高いと、畜体からの水分蒸散を妨げるので、高湿は暑さを助長する。ホルスタイン種で気温が35℃の場合、40%の低湿では171g/時・m<sup>2</sup>の水分が牛体から蒸発するが、湿度が82%の高湿になると131g/時・m<sup>2</sup>の水分しか蒸発しなくなるという。高湿度では水分蒸散量が減ることで、熱の放出が抑制され暑さの影響が大きくなる。

一方、気動は風速が速いとき畜体からの熱放出を促進するので、風速は暑さを逡減する方向に作用する。高湿環境下の風の効果は、0.7m/秒の風は明らかに体温の上昇を抑制する効果が認められている。

以上を総合すると、暑さの程度は次式によって示すことができる。

$$\text{暑さ} = \text{気温} + \text{気湿} + \text{放射熱} - \text{気動}$$

暑さは、上記の式で示すことができるが、各要素の関与のしかたは、動物の種類や品種、系統によって異なっている。

例えば、人の場合によく使われる不快指数は

$$\text{不快指数} = 0.75 \times (\text{乾球温度} + \text{湿球温度}) + 40.6$$

であって、空気の湿り具合を表す湿球温度が気温(乾球温度)と同じ割合で暑さに関与していることになる。これに対して乳牛は、

$$\text{体感温度} = \text{乾球温度} \times 0.35 + \text{湿球温度} \times 0.65 \text{ から } 0.9$$

であり、乳牛は人よりも湿球温度の影響すなわち湿度の関与が大きいことを示している。

牛が暑がらないようにするためには、気温と同時に湿度や放射熱、気動についても十分に検討することが大切である。

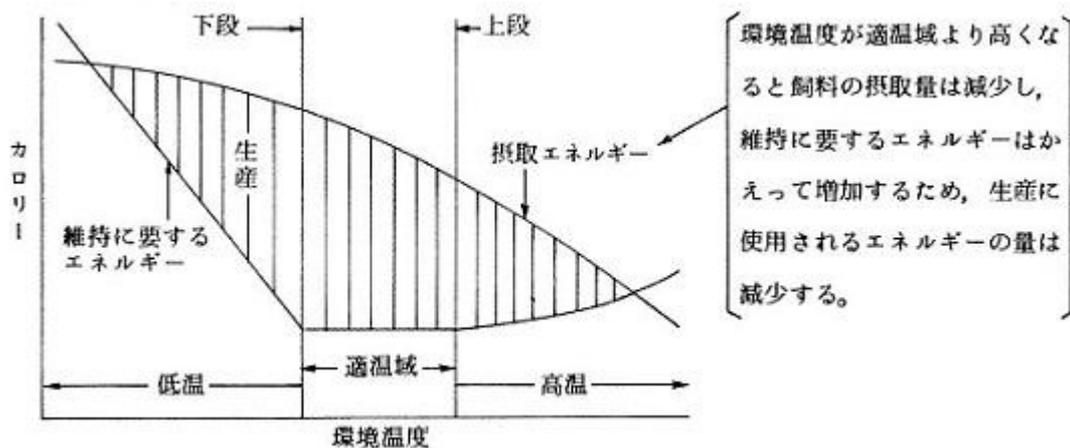


図1 環境温度と生産性との関係(Ames)

### (1)暑熱の影響

乳牛に対する暑熱の影響を、野外で判定することは要因が多く判定は困難な場合が多い(屋内での試験成績に基づく暑熱の影響は次の通りである)。

気温が上昇すると、呼吸数が増加、乳量は減少する。またSNF量も減少するなど乳牛への影響は大きい。暑熱による産乳量の減少は、食欲減退がその原因の約2/3を占めると言われている。

気温21℃以上では、乳牛の全熱放散量のうち50-80%が蒸発による放熱である。湿度が高いと蒸発量が減少し熱放散が減り、体温が上昇する(高温多湿により牛の呼吸数が増加し、体温が上昇し、食欲減退、乳量が減少する)。また暑熱時の受胎率の低下が起こる。

外国の成績で、発情発見後12時間で2回授精した牛を用い、初回種付後21.1℃と32.2℃の舎内に72時間収容したときの受胎率への影響は前者が48%であったのに対し、後者は全頭不受胎であったとの報告がある。

## (2)被害を大きくする影響

高温多湿は熱射病・日射病、寄生虫卵や病原性細菌の増殖や昆虫類の活動が盛んになり、伝染病、寄生虫病発生の可能性が更に高まる。これらによる疾病は体力の消耗・暑熱の被害を更に拡大する。

## 2 防暑対策

### (1)飼料給与

牛の体内における栄養素の代謝に伴う熱増加は、蛋白質 > 炭水化物 > 脂肪の順に少なくなる。脂肪の熱増加量は他の成分の1/2で、前述のように、脂肪を多く含む大豆や綿実が夏期に給与する飼料とすれば合理的である。

炭水化物のなかでは、繊維成分(構造的炭水化物)はでんぷん(可溶性炭水化物)よりも第一胃内発酵過程での熱増加量が多く、呼吸数や体温を上げることにつながる。そのため、高温環境下であれば、粗飼料摂取量の低下が大きくなる。粗飼料を良質(NDF含量が55から60%)にし、切断長を短くすると粗飼料の摂取量を改善できる。

また、リグニン含量の高い刈り遅れの粗飼料、稲ワラは夏期に給与を控える必要がある。したがって、暑熱時には、乳量35kg/日以上泌乳牛には、体温を上げる原因になる低質の粗飼料の給与を控え、粗飼料乾物摂取割合は30%程度に低下させることも考える。過度なCP給与を避け、CP16-17%、TDN77-78%、EE5-6%、NDF33-35%、NFC35-40%が適正である。また、Caの吸収が低下するので、Ca含量を1%程度に上げる。

自動給餌機があれば、夜間給与や多回数給与を実施すると、乳量、乳成分が向上する。広島県のように飼料給与が濃厚飼料割合65%以上の場合には、特に効果がある。畜技センターの試験結果では、夏期には、粗飼料は昼間のみ給与し、夜間に2時間間隔で20:00から6:00まで6回給与する方法や1日12回給与する方法が泌乳成績を向上させ、昼間の3回給与や6回給与よりも、第一胃内発酵、第一胃内容液pHが安定することがわかった。

体感温度21℃以上の時には、夜間も牛体へ直接送風することが非常に有効である。

### (2)牛舎環境の改善

乳牛は湿度の影響を強く受けるため、暑熱ストレスへの反応開始は、

$\text{体感温度}(^{\circ}\text{C}) = \text{乾球温度} \times 0.35 + \text{湿球温度} \times 0.65$

の式を用いて判断する。

畜技センターでの試験で、乳牛は、暑熱ストレスに対して体感温度21℃から反応を開始する。体感温度が21℃を越すと皮膚表面の末梢血管を拡張して血液の循環を促進させ皮膚表面から体熱を放散するため皮膚温度が上昇し、その後、呼吸数が増加する。

呼吸数や直腸温度が増加する体感温度25℃で暑熱対策を行ったのでは、すでに飼料摂取量の低下や、乳量の低下が生じているため、遅きに失することになる。体感温度が21℃以上になる時期は、広島県県では5月上旬から9月中旬である。

気温が上昇するにつれ、横臥時間が減少し、起立時間が長くなる。乳牛の直腸温度が上がったときは、体温を維持できない危機状態になっていることを示している。

夏期の生産性低下を防ぐには、暑くなってから対策を実施するのでは遅い。低下した乳量を回復させるのではなく、低下をいかに防ぐかが重要になる。

### 1)日射の遮断

牛舎は直射熱や放射熱を減少させる建物にすることである。建物に受ける日射量は、水平面の日射量が最も多く、次いで西面からである。牛舎の建築は東西の棟とし、東西の日射量を最小限にする。

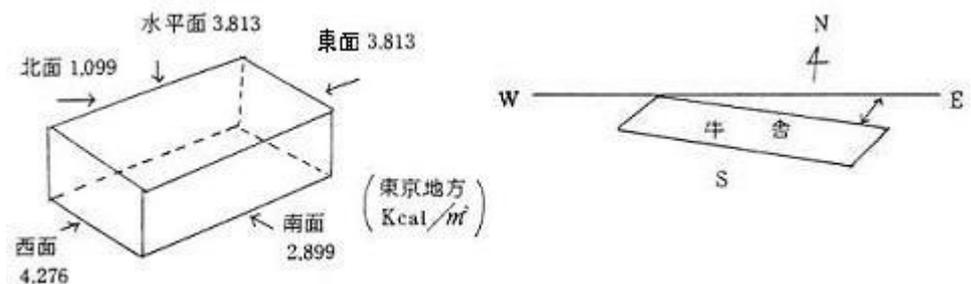


図2 建物が受ける日射量

### ア 屋根

日射量の最も多い屋根面の材料は断熱効果のあるものを使用することが大切である。屋根には断熱材を張り、中2階的なものを造り、稲わら、乾草を貯蔵するなど屋根からの日射熱を遮断する必要がある。牛舎の屋根に散水し、屋根を冷却するのも効果がある。暑い空気の集まる天井には換気口や換気扇等を設ける。

屋根に動力噴霧器を用いて石灰乳(消石灰20%+白セメント5%+水75%)を塗布すると屋根表面や屋根裏温度を効果的に低下できる。この塗布は、やや曇天の日を実施すれば、ゆっくりと乾燥するので剥離が少なくなる。

#### ★屋根材料による日射吸収率

スレート	0.85-0.98
白ペンキ	0.30-0.50
よく磨いたブリキ	0.10-0.40

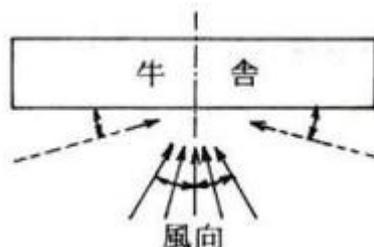


図3 舎内通風した風向(実線)と不適な風向(点線)

### イ 壁面

横壁などを取り除き、牛舎を開放する。屋根の延長上に寒冷紗を張ったりして、西日の対策をする。

## 2) 日蔭

直接、太陽からの日射、及び反射熱の防止のための日蔭樹を植える。日蔭樹は落葉樹とし、枝が横に良く張るもので、剪定に強い種類を選定する。また短期的対策として、スダレ、寒冷紗、ヘチマ、アサガオを利用した日蔭も効果がある。

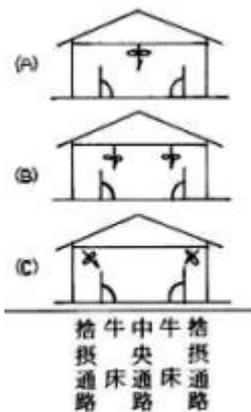
表1 日陰用樹と環境適応性

樹種	樹高(m)	樹形	陰陽	乾湿	耐風	適土質	成長	移植	備考
イチョウ	30	円錐形	陽	中	強	壤土	早	易	
ラクウショウ	50	円錐形	中	湿	強	水湿地	早	易	別名ヌマスギ
メタセコイヤ	50	円錐形	陽	湿・中	中	肥沃な壤土	早	易	大木となる
ポプラ	40	卵形	陽	湿	弱	砂壤土	早	易	種類多い
オオバヤシヤブシ	15	半球形	陽	湿・中	弱	砂壤土	早	易	放牧地向き
ヤマハシノキ	15	半球形	陽	乾	弱	砂壤土	早	易	放牧地向き
クヌギ	17	卵形	陽	中	強	砂壤土	早	中	2本仕立てにする
コナラ	17	半球形	陽	乾・中	強	砂壤土	早	易	3本仕立てにする
ムクノキ	20	盃形	中	中	強	埴壤土・深土	早	中	
エノキ	20	盃形	中・陽	中・湿	強	埴壤土・深土	早	易	
ケヤキ	50	盃形	陽	乾・中	強	埴壤土・深土	早	易	木材高級
アメリカスズカケノキ	50	卵形	陽	中	中	土地を選ばず	早	易	別名ブラタナス
ニセアカシヤ	28	球形	陽	乾	弱	土質を選ばず	早	易	トゲナシ種が良い
センダン	25	盃形	陽	乾・中	中	砂壤土	早	成木難	
イタヤカヤデ	20	半球形	中	中・湿	中	肥沃・深土	中・早	易	
トウカエデ	15	盃形	陽	乾・中	中	壤土	早	易	

## 3) 通風

通風には自然通風と扇風機による通風がある。壁へ最大限に窓を開き、自然の通風で体熱放散を促進する。工業用扇風機は4-5頭に1台とし、外気を入れるように壁面からの送風がよい。大型換気扇は壁面に設置し、直径1mぐらいのものとし、風向を一致させる。この場合換気扇以外の窓、扉を閉じることによって畜舎内の熱、湿気の排気を図る。

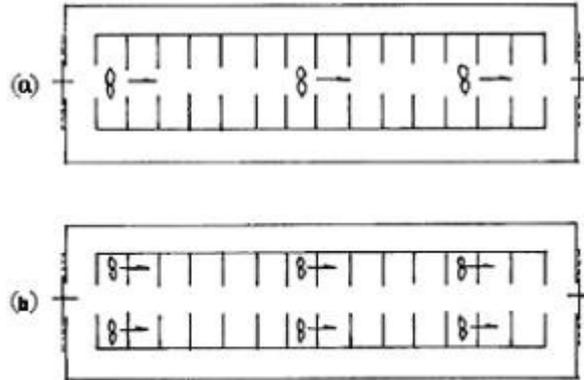
### ア 扇風機



(牛舎立面図)

(A), (B)は高温・高湿の上層部の空気を下に吹き下ろすことになる。(C)が最もよい取付け方。

図4 扇風機の取付け方比較



(牛舎平面図)

(a)は中央通路上部に、(b)は牛床上部に大型扇風機を取り付け牛舎の長手方向に気動を作る、この方法は換気用としては良いが、牛体送風の効果はほとんどない。

図5 扇風機の特異な取付け方

### イ 舎内通気式送風

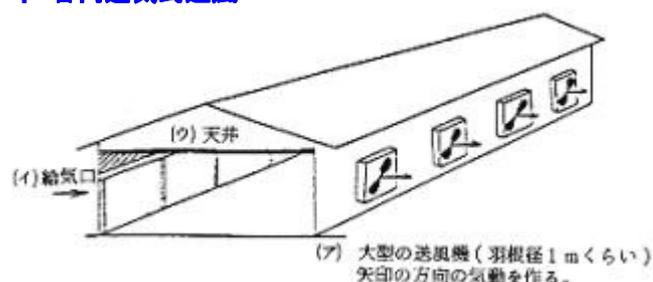


図6 舎内通気式送風

近年、本格的な防暑対策施設として、酪農家において、設置されつつある方法で、牛舎の大きさにより異なるが、大型送風機を4-8台取り付けられている。送風機を回転することにより牛舎内部の空気を外に排出し、内部が陰圧になるため反対側の給気口から強い風が吸引され涼しくなる。なお、この方式では、常に新鮮な空気が流入すること、牛舎内のアンモニア臭等がなくなること、蚊、蝇、アブ等の衛生害虫がいなくなり牛が落ち着くなどの対果もある。

**4) 気化冷却** 散水等により、水の気化時に熱を奪う原理を応用したものであるが、蒸散した水蒸気が牛舎内にこもるようでは、かえって湿度が高まり暑さを助長することになるので、必ず送風機を用いて湿気を外に排出するようにすることが大切である。

表2 気化冷却によって気温を下げうる限界温度の理論値(t)

舎外気温 舎外湿度	28 ℃	30 ℃	32 ℃	34 ℃	36 ℃
30 (90)	17.6 (10.4)	19.2 (10.8)	20.6 (11.4)	22.1 (11.9)	23.4 (12.6)
40	19.7 ( 8.3)	21.3 ( 8.7)	22.9 ( 9.1)	24.4 ( 9.6)	26.1 ( 9.9)
50	21.6 ( 6.4)	23.3 ( 6.7)	24.9 ( 7.1)	26.7 ( 7.3)	28.4 ( 7.6)
60	23.4 ( 4.6)	25.2 ( 4.8)	26.8 ( 5.2)	28.7 ( 5.3)	30.4 ( 5.6)
70	25.0 ( 3.0)	26.8 ( 3.2)	28.7 ( 3.3)	30.6 ( 3.4)	32.3 ( 3.7)
80	26.5 ( 1.5)	28.4 ( 1.6)	30.4 ( 1.6)	32.3 ( 1.7)	34.2 ( 1.8)

(注) 相対湿度が90%まで達し得るものとした。( )内は降下温度

**ア パットアンドファン方式**

水パイプ(多くは井戸水をポンプで送り、パットの上部の小孔からパットに水をかける。

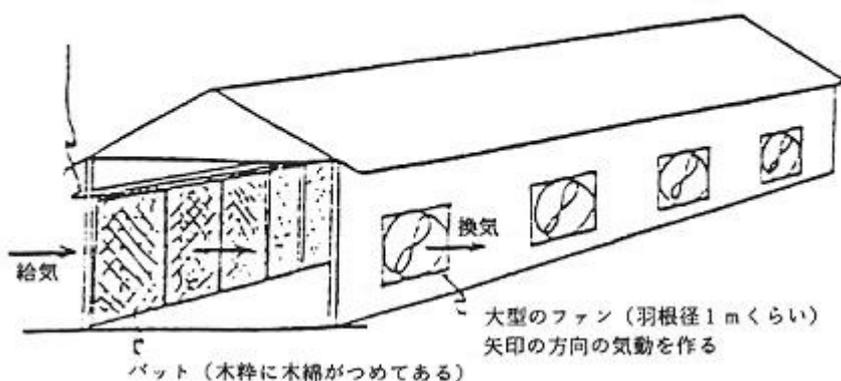


図7 パットアンドファン方式の模式図

**イ 霧状散水方式**

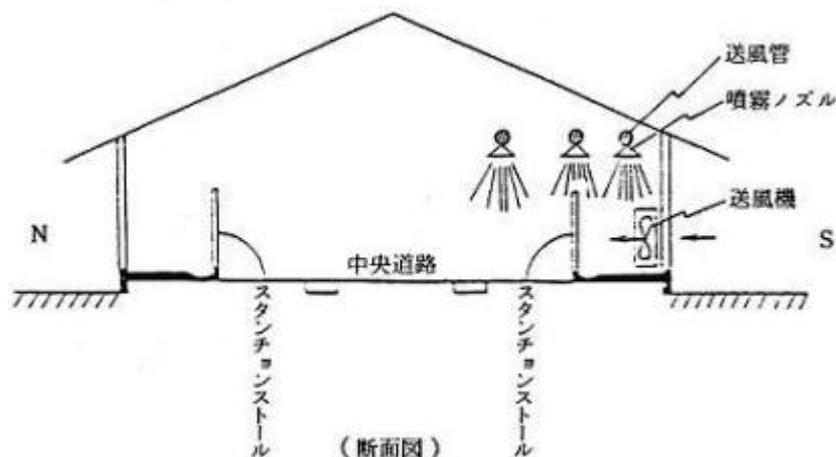


図8 霧状散水方式の1例

**5) 地下冷却**

地下にトンネルを掘り、そこを通過する際冷却された空気をダクトにより牛体送風をする方式であり、当然給気口も木陰などの涼しい場所に設置する必要がある。

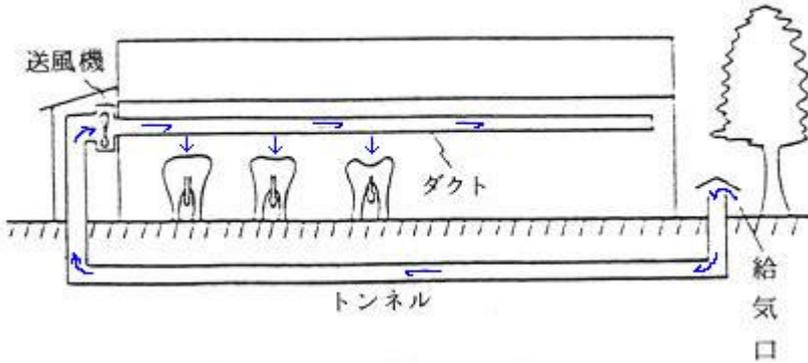


図9 土・空気熱交換方式

**6) 冷水冷却**

ユニットクーラー等を使って冷却した水、又は井戸水等冷水をラジエーターに送り、そこに送風機を設置してダクト送風を行なう方式で、大分農業技術センターにおける試験では好成績を得たと報告されている。

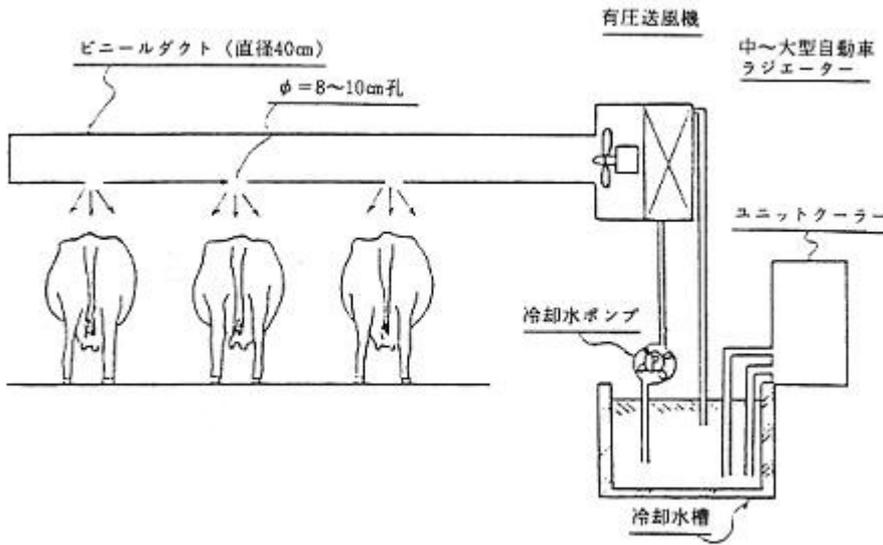


図10 冷水クーラーを用いた冷却方式(大分農技セ)

表3 牛体への冷風送風効果(大分農技 1974)

項目	週次					平均
	1	2	3	4		
舍内温度 (最高) (t)	冷	33.9	34.9	31.7	33.2	33.4
	対	33.4	34.2	31.7	33.6	33.2
舍内温度 (最低) (t)	冷	23.7	22.5	24.2	22.0	23.1
	対	24.4	23.1	24.6	22.2	23.6
体温 17時 (t) (送風直後)	冷	39.24	39.17	39.02	39.10	39.13
	対	40.30	40.50	40.07	40.32	40.30
体温 19時 (t) (無送風)	冷	39.41	39.43	39.08	39.33	39.31
	対	40.28	40.49	40.20	40.27	40.31
体重に対する乾物 摂取率 (%)	冷	1.91	2.10	2.18	2.11	2.08
	対	1.80	2.00	1.96	1.96	1.93
乳量 (開始前13.7) (kg) (対 13.0)	冷	14.4	12.9	13.8	13.7	13.7
	対	12.2	11.2	11.2	11.0	11.4
乳量減少率 (%) (試験前1週を 100とした指数)	冷	105.1	94.2	100.7	100.0	100.0
	対	93.8	86.2	86.2	84.6	87.7

冷: 冷風を9時, 13時, 16時より各1時間送風

対: 対照区

### 7) 夜間放牧

牛舎は夜間、屋間の余熱と湿度によって蒸し暑くなるが、一方舎外は夜間に急速な気温低下をするので、夜間放牧による体温低下による乳量、採食の増加する効果がある。また、暑熱ストレス解消にもなる。

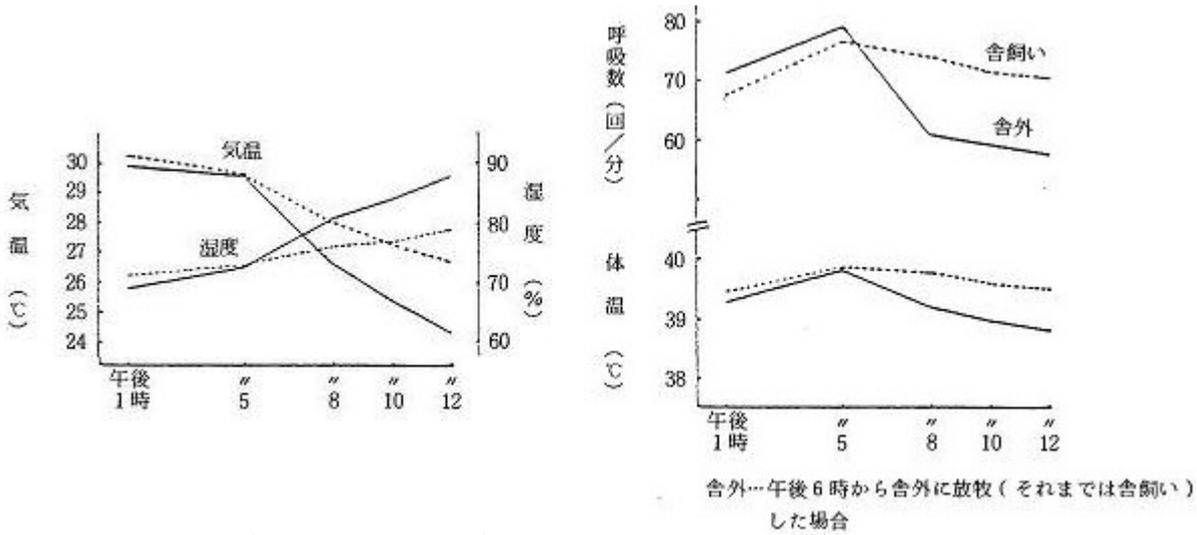


図11 夜間屋外飼育が体温, 呼吸数に及ぼす効果(8月申-下旬)(九州農試)