

断熱による結露の除去

Insulation can help avoid "wet barn" problems

by D.W. Bates

Hoard's Dairyman, March 10(1978)

断熱材について、より十分な理解を得るため、この資料においては、①断熱材の意味、②断熱材を使用する理由、③断熱状況の違いが畜舎の内表面温度および結露の発生に及ぼす影響④熱抵抗値とは、⑤断熱材の種類と特徴、⑥断熱材の使用上の注意事項、について述べられている。

1. 全ての建築材料は何らかの断熱性を有しているわけであるが、一般に断熱材という時には、熱の移動を抑えることを目的として作られた製品の総称を意味する。
2. 断熱材を使用する理由は以下に掲げるとおりである。
 - i) 冬期間において、建物からの熱損失を抑えることにより、十分な換気を保証すること、すなわち、換気による熱損失以外の熱損失をできるだけ少なくすること。
 - ii) 夏期間においては、太陽からのふく射熱を遮ること。
 - iii) 畜舎の内表面における結露を防止すること。
 - iv) 畜舎の内表面温度を高めることにより、牛からの放射による熱損失を減少させること。
3. 図1の(a)から(f)は、断熱構造の異なった6つの平屋牛舎の断面図であり、畜舎内外の温湿度条件を一定(外気温 -23.3°C 、舎内温湿度 10°C 、80%)にした場合に、断熱状況により、畜舎の内表面温度がどのように異なってくるかを示している。畜舎の内表面温度が、露点温度(6.7°C)以下になると結露が発生することから、結露防止のためには、十分な断熱が如何に必要であるかがわかる。また、壁を十分に断熱した牛舎でも、何故、窓やコンクリート基礎部および出入口において結露が発生するかが理解できる。
4. 断熱材はそれぞれ異なった熱抵抗値(R値)、すなわち、熱移動を抑える能力を持っている。この値は、定まった試験法により測定されるもので、表1のとおり、単位長さ当りのR値、または、ある厚さを持った特定の製品のR値として表わされる。天井や壁の全R値を得るには、用いられている各構造材のR値の和をとってやるとよい。強制換気を行なっている牛舎の適正なR値としては、寒冷地で、壁が $2.9(\text{hr}\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{kcal})$ 、天井が 4.7 、温暖な所では、壁が 1.8 、天井が 2.5 であることが望ましい。
5. 断熱材の種類としては、大きく3つのタイプに分けられる。以下にそれぞれの使用方法および特徴を示す。
 - i) 綿状・マット状断熱材(Batt and blanket insulation)
 - ① 支柱(間柱、野縁、胴縁)の間にはめ込んで用いる。
 - ② 通常、防湿層(膜)が片側に付いているが、確実に期すために、ポリエチレン製防湿層できれ目なく覆う必要がある。その際、防湿層は断熱材の畜舎内側(暖かい側)に取り付けなくて

はならない。

③ このタイプの断熱材は壁に取り付けるので、充てん断熱材のように沈降することはない。

ii) 充てん（注入式・吹込式）断熱材（Fill or pour type insulation）

① どのような形状にも対応できるので、天井の断熱に向いている。

② 下弦材（はり）を断熱材で覆うことが可能なため、綿状・マット状断熱材よりも均一に断熱することが可能である。

③ 壁に使用するには、しばらくすると、断熱材が沈降して、壁の上部に空間ができてしまうことに注意しなくてはならない。

iii) 硬質断熱材（Rigid insulation）

(a) 有機質繊維板（木毛板等）

断熱性は成形プラスチック断熱材よりも劣るが、ある程度の強度があり、内・外装の下地材や内装仕上材として使用される。

(b) 成形プラスチック断熱材

① 強度はあまりないが、断熱性は大きく、吸湿性もほとんどない。

② 可燃性で燃焼時には有毒ガスを大量に発生する。そのため、表面には少なくとも不燃性の12mm程度の耐火ベニヤか、16mmの仕上げ用ベニヤを用いる必要がある。

③ 板状に成形されたものは、床暖房を行なっている分娩豚舎などの床下断熱などに適している。その際、断熱材の上を5cm程コンクリートで覆う必要がある。

④ 発泡プラスチック断熱材を用いる際には、その断熱材が火災保険の対象となっているか否かを保険会社に確かめる必要がある。一般に断熱材業者は発泡プラスチックが可燃性であるということを消費者に明示していない場合が多いので注意を要する。

⑤ 「プラスチック断熱材1cmはグラスウールの3～4cmに等しい断熱性を持っている」というような話を耳にすることがあるが、確かに吸湿してしまったグラスウールは著しく断熱性を損うものの、適正な使用法さえ行なっていれば、グラスウールもプラスチック断熱材もほぼ等しい断熱性を持っている。

6. 断熱材を使用するには次の様な点に注意しなくてはならない。

i) 断熱材は必ず乾燥状態で使用すること。水蒸気は高温側から低温側へ流れるので、牛舎の内側に防湿層を設けてやらなくては、断熱材の中で結露し、断熱性を損う結果となる。

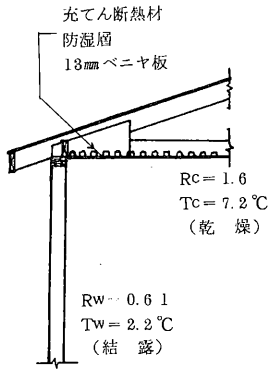
ii) 実際の防湿には、0.1mmのプラスチックフィルムを切れ目なく設置する。これは、あらかじめ防湿層が附着している断熱材を使用する場合でも同様に必要である。

よく、ブロック造りや石造りの壁は、“湿気と呼ぶ”と言われるが、これは、今まで述べたとおり、断熱が不十分であるためであることがわかるであろう。

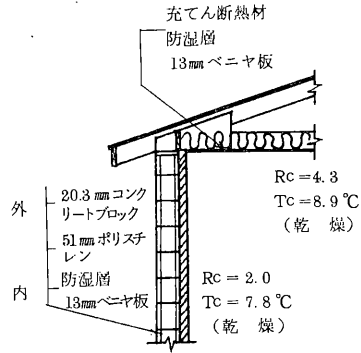
（北大農学部 干場 信司）

表 1. 各種建築材料の熱抵抗値 (ASHRAE Handbook)

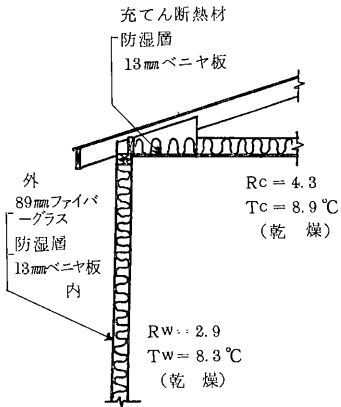
材 料	熱抵抗値 (hr · °C · m ² / kcal)	
	10 cm厚さ当り	販売厚さ当り
綿状・マット状断熱材 (Batt and blanket insulation) グラスウール、岩綿、ファイバーグラス	2.42 ~ 3.00	
充てん断熱材 (Fill type insulation) グラスウール、岩綿 バーミキュライト 木屑、のこ屑 紙 (粉状)、パルプ	1.77 ~ 2.92 1.77 1.77 2.98	
硬質断熱材 (Rigid insulation) インシュレーティング・ボード (20 mm) ポリスチレン樹脂押出発泡材 (例：スタイロフォーム) ポリスチレン樹脂型枠内発泡材 (例：発泡スチロール) ポリウレタン樹脂発泡材 (ウレタンフォーム) グラスファイバー	3.23 2.88 5.04 4.23	0.42
一般建築材料 現場打コンクリート コンクリート・ブロック (203 mm) 軽量コンクリート・ブロック (203 mm) 軽量コンクリート・ブロック (203 mm, 空洞を断熱材で充てん) ベニヤ板 (合板) ハードボード 石綿板 木材 (もみ類・まつ類)	0.06 1.01 1.10 0.20 1.01	0.21 0.45 1.03
窓 (表面空気層をも含める) 一重ガラス 一重ガラス (暴風雨用) 複層ガラス (空間 5 mm) 複層ガラス (空間 13 mm) 三層ガラス (空間 6 mm)		0.18 0.37 0.30 0.35 0.43
空気層 19 mm ~ 102 mm 表面空気層 (境界層) 内表面 (空気の流れなし) 外表面 (風速 6.7 m / sec)		0.18 0.14 0.03



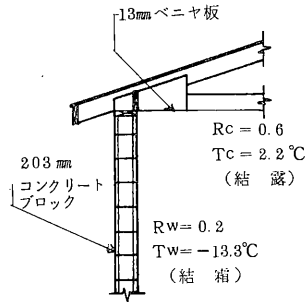
(A) 木造 (壁：無断熱・天井：若干断熱)



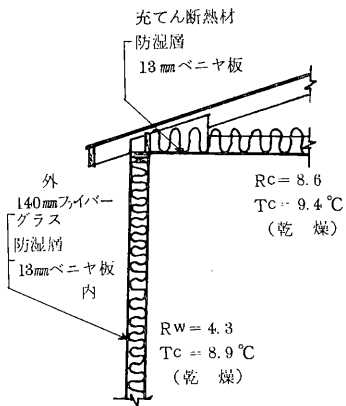
(D) コンクリート・ブロック造 (壁・天井：断熱)



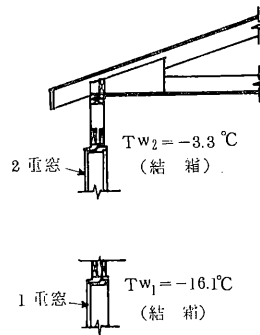
(B) 木造 (壁・天井：断熱)



(E) コンクリート・ブロック造 (壁・天井：無断熱)



(C) 木造 (壁・天井：十分な断熱)



(F) 窓の影響 (1重窓と2重窓の比較)

図1 断熱状況が舎内の内表面温度および結露状況に及ぼす影響。

(注1) 設定条件：外気温 - 23.3°C、舎内湿度 10.0°C、80%、舎内露点温度 6.7°C

(注2) Rc：天井の熱抵抗値、Tc：天井の内表面温度、Tw₁：1重窓の内表面温度
Rw：壁の熱抵抗値、Tw：壁の内表面温度、Tw₂：2重窓の内表面温度
(hr、°C、m²/Kcal)