

通信教育講座バウビオロジー

7

生物学的建築材料学 + 建築の物性

ヴィンフリート・シュナイダー
アントン・シュナイダー

日本語版監修 濱田 ゆかり、坊垣 和明、
土田 直樹



Institut für Baubiologie + Oekologie, 83115 Neubeuern
www.baubiologie.de



日本バウビオロジー研究会
Baubiologie Institute of Japan
www.baubiologie.jp

生物学的建築材料学

7

／建築物性

| | |
|-----------------------------|-----|
| 1. 全体性を視野においた考察 | 3 |
| 2. 発展の歴史 | 6 |
| 3. 建材と部材の評価 | 9 |
| 3.1 断熱 - 蓄熱 - 表面温度 | 10 |
| 3.1.1 建築物理学的単位、公式、計算例 | 10 |
| 3.1.2 木材と合板 | 18 |
| 3.1.3 施工のための情報 | 19 |
| 3.1.4 屋外部材のU値と暖房エネルギー消費の関連性 | 22 |
| 3.1.5 まとめ | 24 |
| 3.2 吸湿性 | 27 |
| 3.3 材に含まれる水分と乾燥時間 | 36 |
| 3.4 水蒸気の透湿、結露水、防湿 | 43 |
| 3.4.1 建築物理学的単位、公式、計算例 | 43 |
| 3.4.2 施工に関する情報 | 50 |
| 3.5 防風層、気密層、継目の水蒸気透湿性 | 55 |
| 3.5.1 防風層 | 56 |
| 3.5.2 気密層 | 58 |
| 3.5.3 継目 | 66 |
| 3.5.4 換気を助ける建材の通気性 | 69 |
| 3.6 内断熱の場合の湿気による害 | 71 |
| 3.7 吸着 - 再生 - 有毒物質 - 臭い | 76 |
| 3.8 電氣的・磁氣的特性 | 82 |
| 3.9 電磁波（高周波、マイクロ波） | 86 |
| 3.10 放射能とラドンガス | 88 |
| 3.11 五感での知覚 | 91 |
| 3.12 生物物理学的測定方法 | 93 |
| 3.13 音響特性、防音、遮音 | 96 |
| 3.14 コストパフォーマンス | 101 |
| 4. 断熱材の全体的評価 | 104 |
| 5. バウビオロジーに基づく総合評価 | 109 |
| 6. バウビオロジー測定技術基準 | 115 |
| 自己確認問題 | 116 |

建材 密度 熱伝導率 比熱 容積比熱¹⁾ 熱伝導係数 温度拡散率²⁾

| 建材 | 密度 ρ [kg/m ³] | 熱伝導率 λ [W/mK] s. 3.1.1 a) | 比熱 c_p [J/kgK] s. 3.1.1 g) | 容積比熱 ¹⁾ s [kJ/m ³ K] s. 3.1.1 h) | 熱伝導係数 b [kJ/m ² ·K·s ^{0,5}] s. 3.1.1 j) | 温度拡散率 ²⁾ $a \times 10^{-3}$ [cm ² /s] s. 3.1.1 k) |
|---------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|--|--|---|
| ポリスチレン | 15 | 0,035 | 1.500 | 22,5 | 28 | 15,6 |
| グラスウール・ロックウール | 30 | 0,040 | 800 | 24 | 31 | 16,7 |
| 亜麻断熱材・麻断熱材 | 30 | 0,040 | 1.300 | 39 | 39 | 10,3 |
| セルローズ充填断熱材 | 50 | 0,045 | 1.900 | 95 | 65 | 4,7 |
| おがくず | 70 | 0,055 | 2.100 | 147 | 90 | 3,7 |
| コルクボードとココヤシ繊維 | 100 | 0,045 | 1.600 | 160 | 85 | 2,8 |
| ストローベイル | 100 | 0,045 | 1.260 | 126 | 75 | 3,6 |
| 木質軟質繊維板 | 190 | 0,045 | 2.100 | 399 | 134 | 1,1 |
| ヨシ | 190 | 0,055 | 1.300 | 247 | 117 | 2,2 |
| 木毛軽量板 | 400 | 0,075 | 2.100 | 840 | 251 | 0,9 |
| 多孔コンクリート | 400 | 0,10 | 1.050 | 420 | 205 | 2,4 |
| 多孔質レンガ | 600 | 0,12 | 920 | 552 | 257 | 2,2 |
| 無垢材 (軟材) | 600 | 0,13 | 2.100 | 1.260 | 404 | 1,0 |
| 土ボード | 500 | 0,14 | 1.140 | 570 | 282 | 2,4 |
| 軽量土 (レーム) | 800 | 0,25 | 1.100 | 880 | 469 | 2,8 |
| 石膏繊維板 | 1.000 | 0,27 | 840 | 840 | 476 | 3,2 |
| 石灰砂岩 1.0 | 1.000 | 0,50 | 880 | 880 | 663 | 5,7 |
| レンガ HLZ 1.2 | 1.200 | 0,50 | 920 | 1.104 | 743 | 4,5 |
| 土 (わら入り) | 1.200 | 0,55 | 1.000 | 1.200 | 812 | 4,6 |
| 土モルタル | 1.700 | 0,80 | 1.000 | 1.700 | 1.166 | 4,7 |
| 石灰しっくい | 1.800 | 0,87 | 960 | 1.728 | 1.226 | 5,0 |
| マッシュブ土 | 1.800 | 0,91 | 1.000 | 1.800 | 1.280 | 5,1 |
| 砂岩 | 2.400 | 2,10 | 930 | 2.232 | 2.165 | 9,4 |
| 鉄筋コンクリート | 2.500 | 2,10 | 960 | 2.400 | 2.245 | 8,7 |
| 鉄筋 | 7.800 | 60,00 | 400 | 3.120 | 13.682 | 192,3 |
| アルミニウム | 2.700 | 203,00 | 900 | 2.430 | 22.210 | 835,4 |

極めて重要な公式 - この他の公式は3.1.1 a)からk)を参照。 s. Kap. 3.1.1 a) - k):
 $R = d/\lambda$ [m²K/W]
 $U = 1 / (R_d + R_T + R_{s,e})$ [W/m²K]
 $s = c_p \times \rho$ [J/m³K]
 $b = \sqrt{\rho \cdot \lambda \cdot c}$ oder $\sqrt{\lambda \cdot s}$ [kJ/m²·K·s^{0,5}]
 $a = \lambda/s$ [cm²/s]

熱伝導抵抗 :
 熱貫流率 (U値) :
 容積比熱 :
 熱伝導係数 あるいは :
 温度拡散率

表 1 : 建材別に見た熱物性値 (おおよその値)
 メーカーあるいは製品によって、物性値が変わることもありうる。

出典 : DIN 4108-4、DIN-EN 12524。メーカーによる自己申告値

| 熱特性 | a) マッシブ ホルツ構造 | b) 砂岩組積構造 | c) 木造枠組工法 |
|---------------------------------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 壁の厚さ | 20 cm | 50 cm | 30 cm |
| 熱伝導率 | 0,13 | 2,1 | 1) |
| 断熱性 (U値) | 中程度 (0,6) | 非常に劣る (2,5) | 非常に優れている ($\leq 0,25$) |
| 蓄熱性 Q_{sp} [kJ/m ² K] | 250 | 1110 | 120 |
| 表面温度 2) | 高い 17 °C | 非常に低い 10 °C | 非常に高い 19 °C |
| 必要とされる室内気温 3) | 低い 19 °C | 高い 24 °C | 非常に低い 18 °C |
| 暖めるためにかかる時間 | 低い 2 h | 非常に長い > 6 h | 非常に短い 1 h 4) |
| 冷えるためにかかる時間 | 長い 100 h | 5) | 短い 35 h |
| ヒートブリッジ 7) | なし | 多い | なし |
| 凝縮・結露水 | なし | 頻繁に発生 | なし |
| 暖房エネルギー需要 | 少ない | 高い | 非常に少ない |
| 乾燥にかかる時間 | なし | 長くなる | なし |
| 含水率1%上昇あたりの 断熱性能の低下 | 1 % | 12 % | 材によって異なる |

注：

- 1) 壁は複数の建材層から構成されている。例えば断熱材は $\lambda=0.04$
- 2) 冬期の平均値、気温20°C
- 3) 快適性曲線に依拠。通信講座バウビオロジー第3巻「居住環境」2.2キャプション4を参照
- 4) 使用頻度の低い、あるいは短時間しか使わない部屋／建物に向いている（週末用別荘、作業場など）。
- 5) 特に冬場、外壁は非常に冷たいままになる（表面温度を参照）ため、蓄熱材としてはまず内壁が重要になる。
- 6) 短時間で冷えてしまうという欠点を補うため、屋内（内壁、天井）側には重い材を用いるとよい。
- 7) 木造建築においては、特に断熱されていない土台部にヒートブリッジが発生することが考えられる。

一覧表 1. 工法別に見た熱特性
(主に外壁部分。おおよその値)

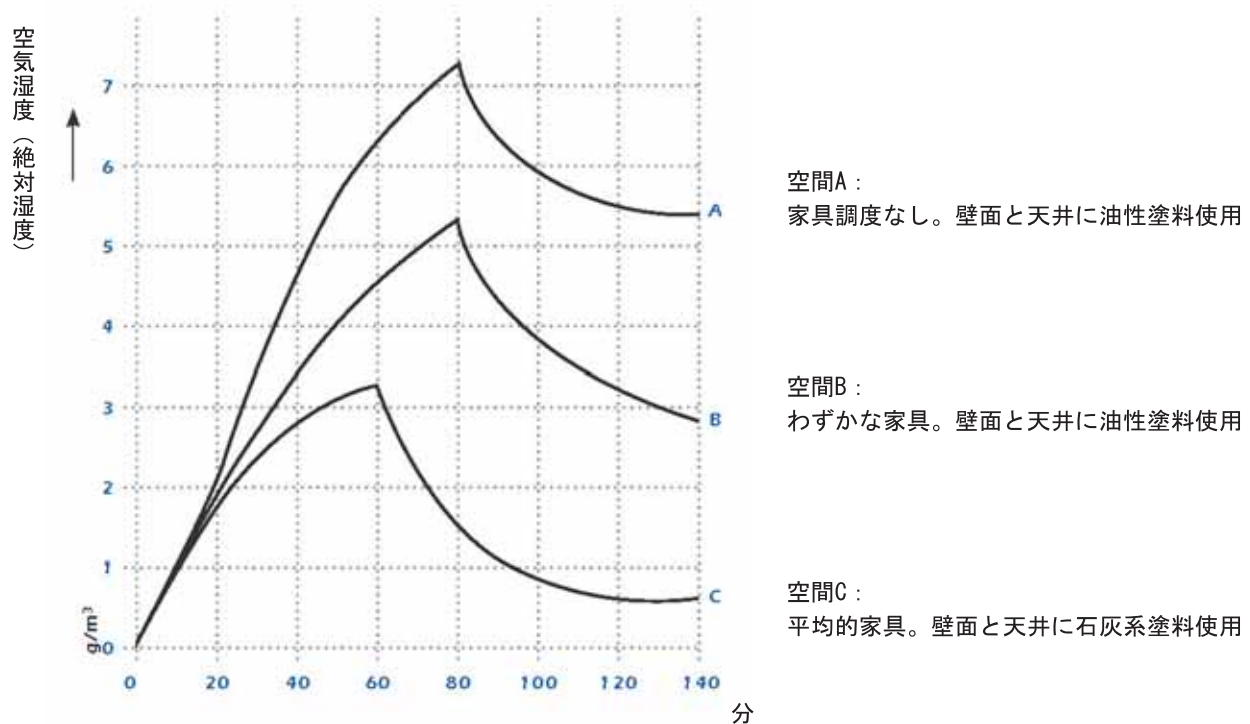


図5. 建材、家具調度、塗料による調湿
出典：建築物理学研究所（所在地：Holzkirchen）

すべての空間において、水分の蒸発は60分後に停止した。空間Aでは、水分が壁面と天井で結露し、吸収されずに再び気化したために、空気湿度はその後もしばらく上昇を続けた。相対湿度を ϕ （ファイ）=50%と仮定すると、空間Aにおける空気湿度は80分後に93%、空間Bでは81%まで上昇したことになる。しかし、空間Cにおいては、空気湿度はすでに60分後に最高値の70%に達し、蒸発終了後はすぐに低下を始めている。そしてA・Bとは対照的に、140分後にはほぼ最初の値にまで戻っている。空間の調度品も重要な役割を果たすことは、空間AとBの値の差からも見て取れる。家具の張り布、仕上げ材料の吸湿性によって違いが出ることは明らかである。



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | 総合評価 |
|-------------------|-----|------|--------------|----|----|----|----|-----|------------|------|
| | 熱特性 | 湿度特性 | 水蒸気透過性 sd | 毒性 | 製造 | 廃棄 | 燃性 | 耐久性 | コストパフォーマンス | |
| 1. ポリウレタンPUR | + | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | - | -13 |
| 2. ポリスチレン EPS+XPS | + | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | 0 | -12 |
| 3. グラスウール・ロックウール | + | -- | ++ | -- | -- | -- | + | + | 0 | -3 |
| 4. ポリエステル | + | -- | ++ | 0 | - | - | - | - | 0 | -3 |
| 5. 羊毛 (フリース) | + | + | ++ | - | - | + | - | 0 | + | 3 |
| 6. コットン (フリース) | + | 0 | ++ | 0 | - | + | - | 0 | 0 | 2 |
| 7. 亜麻、麻 (フリース) | + | + | ++ | 0 | 0 | + | - | 0 | + | 5 |
| 8. セルロースファイバー | + | + | ++ | - | 0 | + | 0 | + | + | 6 |
| 9. 木質軟質繊維板 | ++ | ++ | ++ | 0 | - | ++ | 0 | ++ | 0 | 9 |
| 10. 炭化コルク | + | 0 | ++ | 0 | - | ++ | - | ++ | 0 | 5 |
| 11. ココヤシ繊維 | + | ++ | ++ | 0 | - | + | - | ++ | - | 5 |
| 12. ヨシ | 0 | + | ++ | 0 | 0 | ++ | - | ++ | + | 7 |
| 13. 発泡ガラス | + | 0 | 0 | 0 | - | + | ++ | ++ | 0 | 5 |
| 14. 珪酸カルシウム板 | + | ++ | ++ | 0 | - | + | ++ | ++ | 0 | 9 |
| 15. 泥炭 | + | ++ | ++ | 0 | - | ++ | - | ++ | - | 6 |
| 16. パーライト | + | - | ++ | - | - | 0 | ++ | ++ | + | 5 |
| 17. ストロークペイル | + | + | ++ | 0 | 0 | ++ | - | ++ | + | 8 |
| 18. おがくず | 0 | ++ | ++ | 0 | 0 | ++ | - | ++ | + | 8 |
| 19. バーミキュライト | 0 | - | ++ | 0 | - | + | ++ | ++ | 0 | 5 |
| 20. 木毛軽量板 | 0 | ++ | ++ | 0 | - | + | + | ++ | - | 6 |
| 21. 発泡粘土 | - | + | ++ | 0 | - | + | ++ | ++ | - | 5 |

0 重要性なし、あるいは評価なし
 - 劣る
 -- 大変劣る／懸念あり
 + 優れている
 ++ 大変優れている

「総合評価」は、プラス点とマイナス点の合計点

一覧表 6. 断熱材の評価 (λ<0.1)
 解説は次ページ参照