

5.7.3 レンガの例

1) 物性値

データ：[2] INSA FRANCE (Laboratoire de Thermique des Matériaux et des Bâtiments, INSA, Toulouse, France, data, Brique)

密度： = 1800 [kg/m³]

空隙率： = 0.216 [m³/m³]

(文献には 0.11[m³/m³]とあるが、重量含水率 0.12 [kg/kg]に対応させた。)

比熱： $c = 920$ [J/kgK]

相変化熱： $H=2572.1$ [kJ/kg] (=590 [kcal/kg])

データから得られるのは、Sorption curve, Suction curve, Thermal conductivity (), Moisture diffusivity (D_w), Thermal moisture diffusion coefficient (D_t) である。

Sorption curve と Suction curve を結合させ、ひとつの平衡含水率の近似曲線を作成する。水分化学ポテンシャル： μ [J/kg], 容積含水率： ψ [m³/m³], $x=\log_{10}(-\mu)$ とすると、

$$\begin{cases} \mu \geq -1 & \psi = 0.216 & [35] \\ -1 > \mu \geq -635 & \psi = 0.0018x^3 - 0.02764051x^2 + 0.216 & [36] \\ -635 > \mu > -550000 & \psi = 0.047251182/(2.8x - 6.763415207) - 0.005075533 & [37] \\ -550000 \geq \mu & \psi = 0 & [38] \end{cases}$$

Thermal conductivity (熱伝導率) [W/mK]の近似曲線は、

$$\lambda = 142.491\psi^3 - 46.7475\psi^2 + 8.0739\psi + 1 \quad [39]$$

Moisture diffusivity (水分拡散係数) D_w [m²/s]は、水の密度 ($\rho_w = 1000$ [kg/m³]) をかけることにより、含水率勾配における水分伝導率 D [kg/ms(m³/m³)]に変換する。 D の近似曲線は、

$$D_\psi = 1.5335 \times 10^{-6} \times \exp(19.213\psi) \quad [40]$$

同様に、Thermal moisture diffusion coefficient (温度勾配における水分拡散係数) D_t [m²/s]も、水の密度をかけて、温度勾配における水分伝導率 D_T [kg/msK]に変換する。 D_T の近似曲線は、

$$D_T = -9.05775 \times 10^{-6} \psi^3 + 1.24799 \times 10^{-6} \psi^2 + 2.25689 \times 10^{-7} \psi + 3.80112 \times 10^{-9} \quad [41]$$

これらの水分伝導率を、温度勾配と水分化学ポテンシャル勾配による水分伝導率に変換する。温度勾配に関しては、 $D_T = D_T \cdot T$ とみなし $T=0$ とすると、 $T_g = T$ D_T と考えることができる。また、ポテンシャル勾配に関しては、以下の変換を行う。

$$\lambda'_{\mu g} = \lambda'_{Tg} \left/ \left(\frac{dp_{vs}}{dT} \cdot \frac{R_v T}{p_{vs}} - \frac{\mu}{T} \right) \right. \quad [\text{kg/ms(J/kg)}] \quad [42]$$

$$\lambda'_{\mu l} = D_\psi \cdot \frac{d\psi}{d\mu} - \lambda'_{\mu g} \quad [\text{kg/ms(J/kg)}] \quad [43]$$

$\lambda'_{\mu} = D_\psi \cdot \frac{d\psi}{d\mu}$ とすると, $\lambda'_{\mu} < \lambda'_{\mu g}$ となる領域ができてしまうので, この領域では,

$$\lambda'_{\mu g} = \lambda'_{\mu} \quad , \quad \lambda'_{\mu l} = 0 \quad [44,45]$$

とする。ただし, プログラムでは, $\lambda'_{\mu l} = 0$ とすると計算が発散するため, 水分移動に影響を与えないオーダーで, $\lambda'_{\mu l} = 1.0 \times 10^{-20}$ としている。(プログラムでは, 各差分点間の熱水分移動係数は, 各点に対応する値の調和平均をとっており, $\lambda'_{\mu l} = 0$ とすると分母が0となる場合があるため)

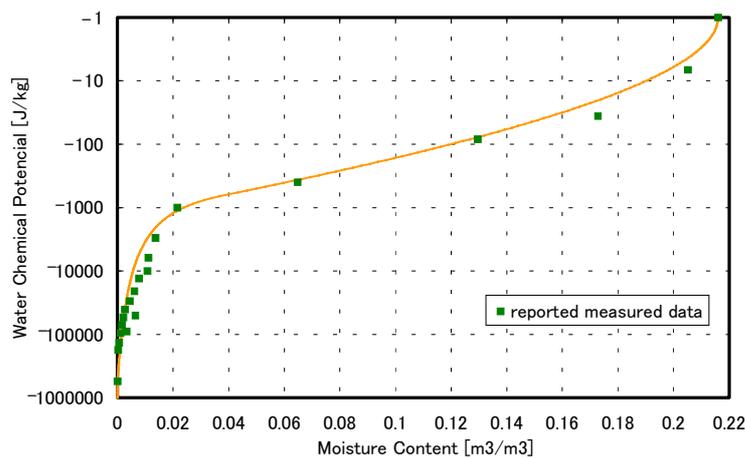


図 46 含水率 水分化学ポテンシャル関係

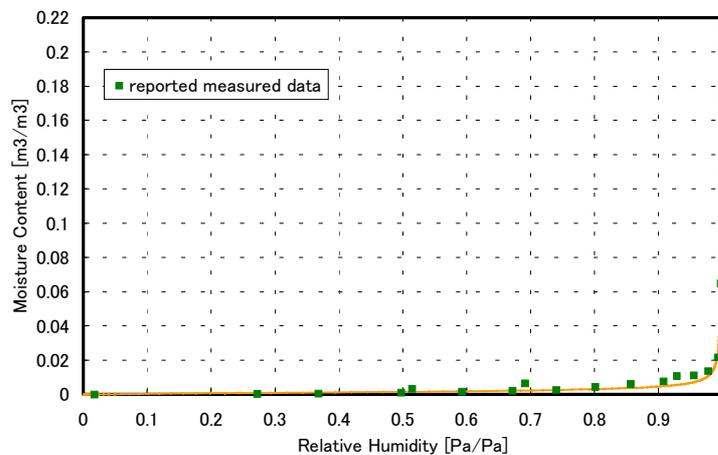


図 47 平衡含水率曲線 (sorption curve と suction curve の結合)

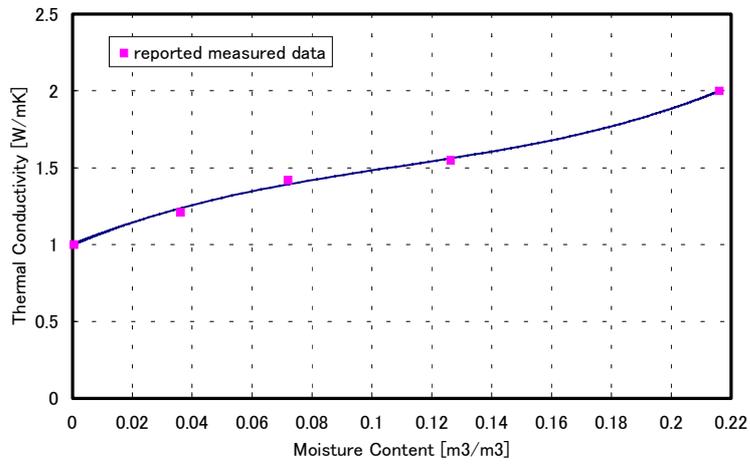


図 48 含水率による熱伝導率の変化

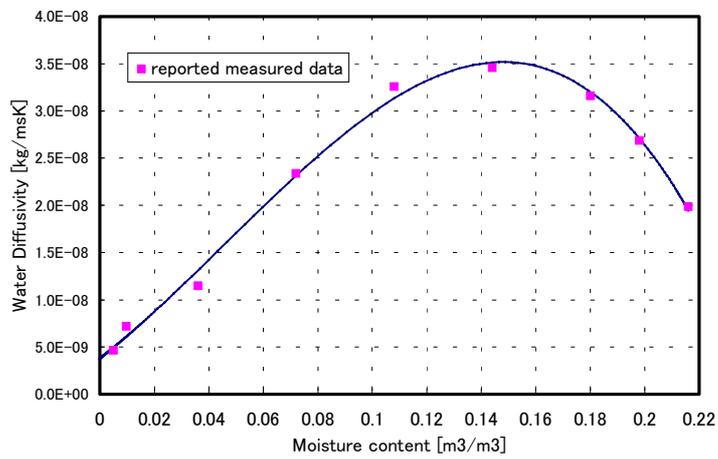


図 49 温度勾配による水分伝導率 $D_T (= \tau_{Tg})$

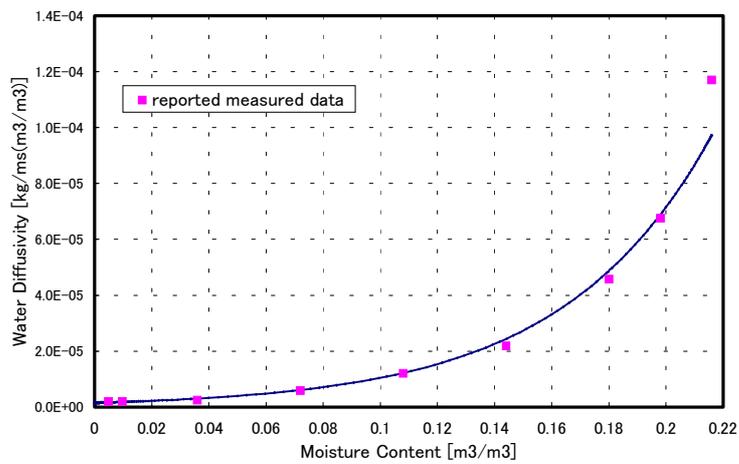


図 50 含水率勾配による水分伝導率 D_w

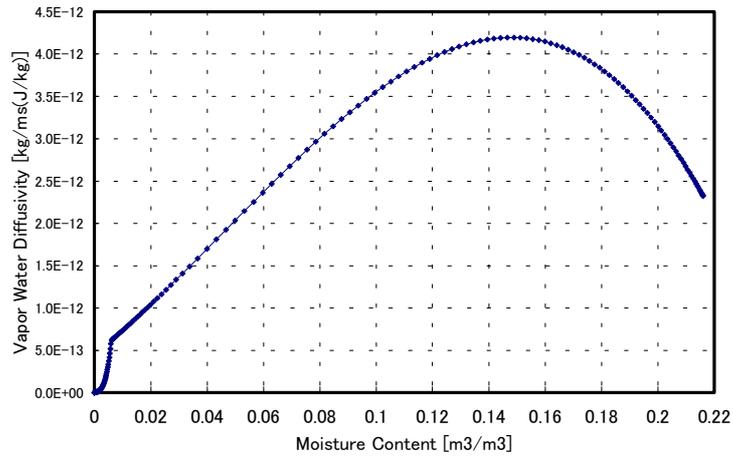


図 51 水分化学ポテンシャル勾配による気相水分伝導率 μ_g

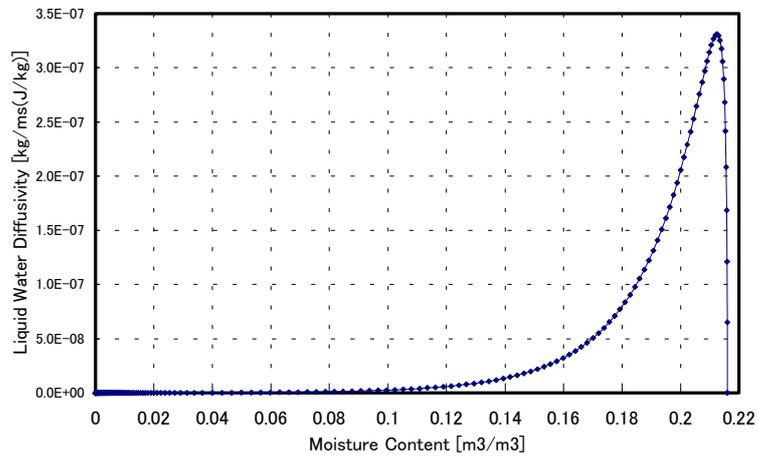


図 52 水分化学ポテンシャル勾配による液相水分伝導率 μ_l

2) 計算結果

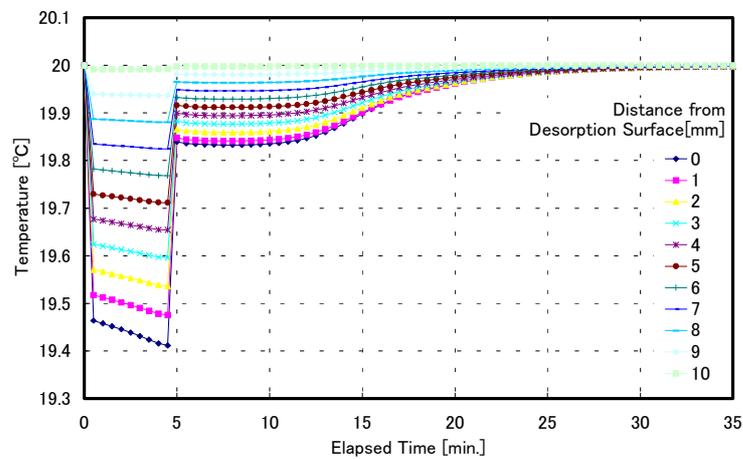


図 53 温度の経時変化（放湿側表面から 1mm ごと；35 時間後まで）

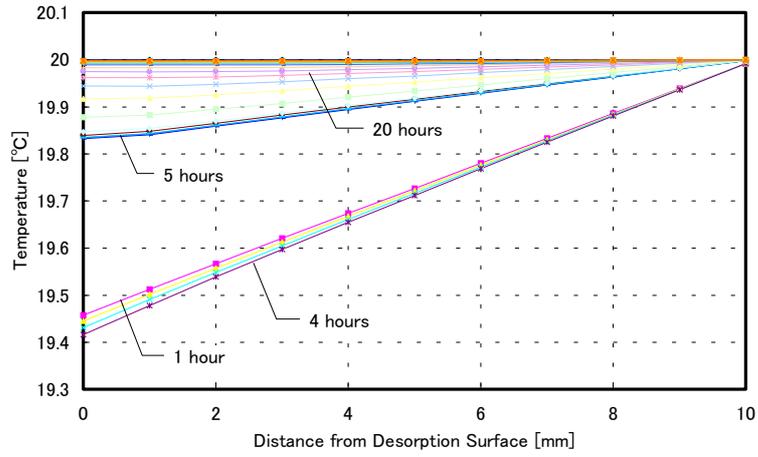


図 54 温度分布の変化 (3.5 時間後まで)

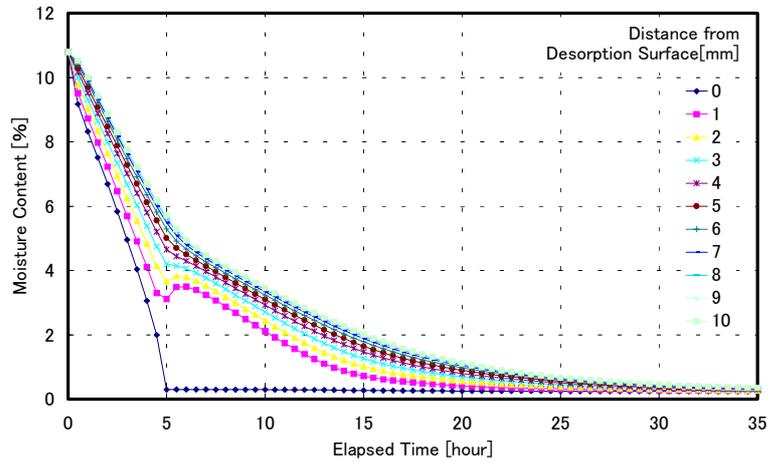


図 55 含水率の経時変化 (放湿側表面から 1mm ごと ; 3.5 時間後まで)

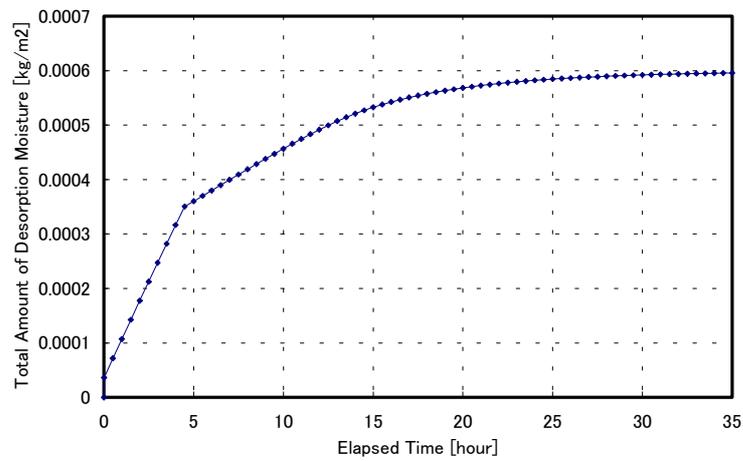


図 56 放湿水分総量 (3.5 時間後まで)

3) 結果と考察

- 相対湿度 99% 以上の高含水率領域における平衡含水率は、急激に上昇するという性質をもっているため、含水率のポテンシャルによる微分値 $d/d\mu$ がその領域で大きくなり、それとともに、液水の移動係数も急激に変化する。
- 低含水率領域では、液水の移動係数が非常に小さくなるため、材料の放湿とともに表面側の含水率が低下すると、表面側への液水の移動量が小さくなり、それより内部の点ではむしろ含水率が一時的に上昇する。
- 温度勾配による気相水分伝導率は、与えられたデータから $\tau_l = 0$ とし、 $\tau_g = \tau D_T$ として求めているが、湿気伝導率 τ から算出した値とは必ずしも一致しない。今後詳細な検討が必要である。また、 τ_g を用いて計算している μ_g 、 μ_l についても同様である。
- 移動係数の近似の方法や精度によっては、移動係数の急激な変化はゆるやかになる可能性がある。