

## 5.7 解析例

### 5.7.1 コンクリートの例

本編 10～14 ページに掲載されている測定値をもとに，表 13 に示す値を用いた．

表 13 計算に用いた物性値：コンクリート

・密度： $2200\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	・比熱(乾燥時)： $840\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	・空隙率(乾燥時)： $\psi_o(m^3\cdot m^{-3})$ $0.147\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$
・容積比熱： $c\rho(J\cdot m^{-3}\cdot K^{-1})$ $c\rho = 840\times 2200 + 4187w$	・熱伝導率： $\lambda(W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1})$ $\lambda = \lambda^* - r\lambda'_{Tg}$ $\lambda^* = 2.74 + 0.0032w$	
・吸湿/放湿曲線 (計算では放湿曲線を基準とする.) $w$ ：容積含水率( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) 吸湿曲線 $w = 147.5[1 - \ln \phi / 0.0453]^{-1/1.67}$ 放湿曲線 $w = 147.5[1 - \ln \phi / 0.570]^{-1/0.64}$	・透湿率： $\delta_p(kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}\cdot Pa^{-1})$ $\delta_p = D_p \frac{\psi_o - \psi}{\psi_o}$ ただし， $D_p$ ：乾燥時の透湿率= $1.0\times 10^{-12}$ $\psi$ ：容積基準含水率( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	
・水分拡散係数*： $D_w(m^2\cdot s^{-1})$ $D_w = \begin{cases} 1.8\times 10^{-11} \exp(0.0582w) & (w < 48.4) \\ 2.98\times 10^{-10} & (w \geq 48.4) \end{cases}$		

\* 水分拡散係数の近似式は，報告されている近似式を実測値にあう形で修正した．

表中の物性値と，温度と水分化学ポテンシャルを状態量とする熱水分同時移動方程式の物性値との関係式は以下の通りである．

$$\lambda'_{\mu g} = \delta_p \left( \frac{\partial p}{\partial \mu} \right)_T = \delta_p \frac{p_{sat} \phi}{R_v T} \quad [22]$$

$$\lambda'_{Tg} = \lambda'_{\mu g} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_\mu \bigg/ \left( \frac{\partial p}{\partial \mu} \right)_T = \lambda'_{\mu g} \left( \frac{R_v T}{p_{sat}} \frac{dp_{sat}}{dT} - \frac{\mu}{T} \right) \quad [23]$$

$$\lambda'_\mu = \rho_w D_w \frac{\partial \psi}{\partial \mu} \quad [24]$$

$$\lambda'_T = \lambda'_{Tg} \quad [25]$$

ただし， $\phi$ ：相対湿度(-)， $p, p_{sat}$ ：水蒸気圧，飽和水蒸気圧(Pa)， $R_v = R/M_v$ ：水蒸気のガス定数( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )， $R$ ：一般ガス定数= $8316.96(\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{kmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ ， $M_v$ ：水蒸気の分子量= $18.016(\text{kg}\cdot\text{kmol}^{-1})$

図 32 に平衡含水率，熱伝導率 $\lambda$ ，水分化学ポテンシャル勾配に関する水分伝導率 $\lambda'_\mu$ ，温度勾配に関する水分伝導率 $\lambda'_T$ をそれぞれ示す．

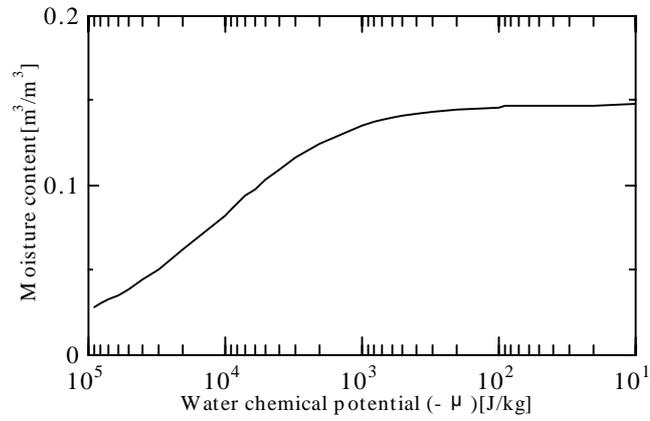


図 32(a) 平衡含水率曲線 (コンクリート)

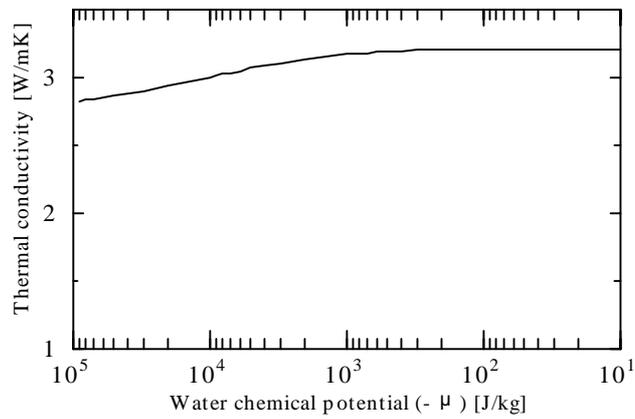


図 32(b) 熱伝導率 (コンクリート)

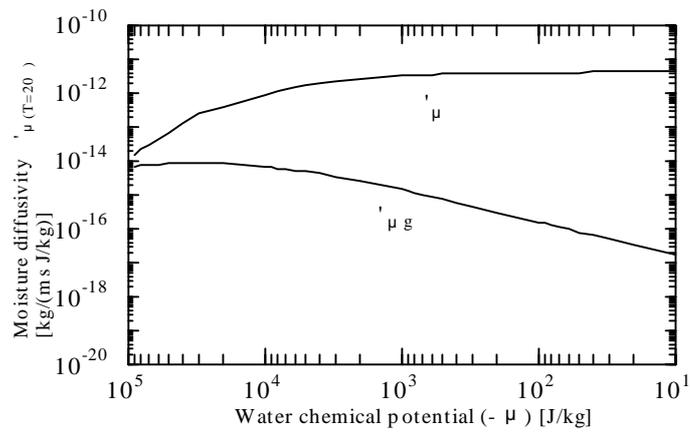


図 32(c) 水分化学ポテンシャル勾配に関する水分伝導率 (コンクリート)

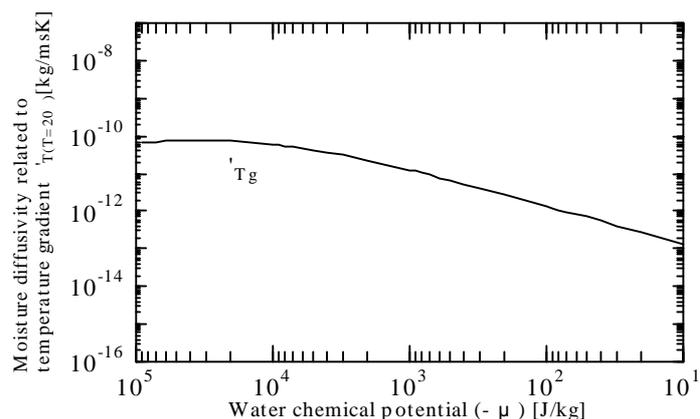


図 32(d) 温度勾配に関する水分伝導率（コンクリート）

計算は、基準として上記表の値を用いた場合と、比較のため放湿曲線を用いた場合と水分拡散係数の値が 10 倍または 0.1 倍とした場合とについて行った。

図 33 に基準値を用いて計算した結果について、水分化学ポテンシャル、含水率、相対湿度、温度分布と計算開始 30 分の材料内温度経時変化をそれぞれ示す。

図 33 より、材料内部の湿度が定常に至るまで 10 日間程度かかること、放湿初期の放湿側表面温度低下は 0.3 程度であることが示されている。

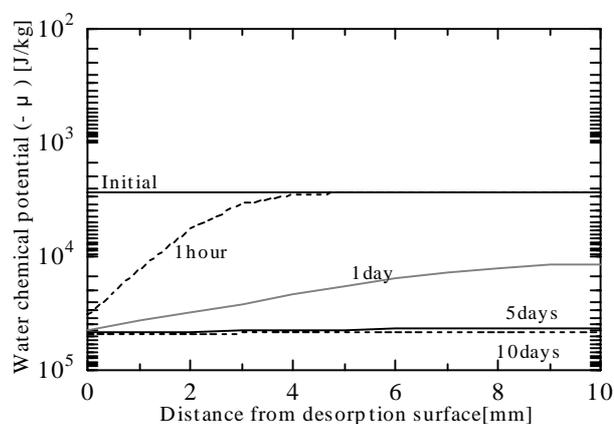


図 33(a) 水分化学ポテンシャル分布の変動

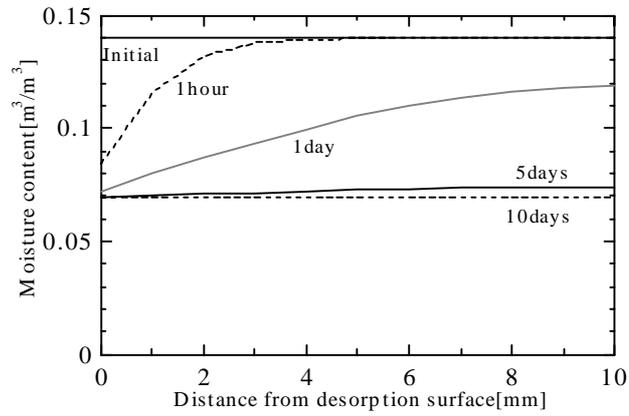


図 33(b) 含水率分布の変動

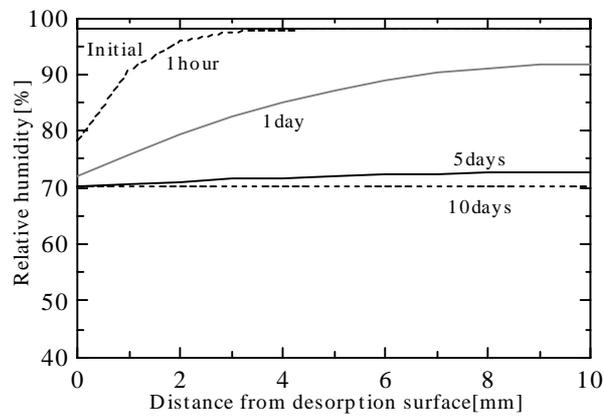


図 33(c) 相対湿度分布の変動

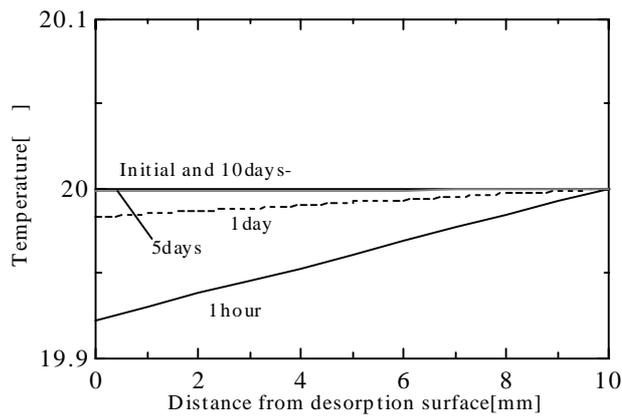


図 33(d) 温度分布の変動

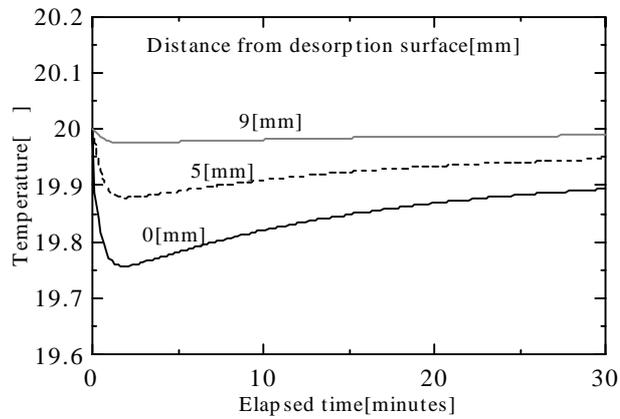


図 33(e) 材料内温度の経時変化(開始から 30 分)

図 34 に物性値を様々に変化させた場合の放湿水分総量の経時変化を示す。吸湿曲線と放湿曲線を用いた場合の違いは、大きくはないことが示されている。これは高湿度領域における両曲線の違いが小さいためと考えられる。水分拡散係数の値の違いは定常状態に至るまでの時間を大きく変化させ、基準の 10 倍の場合、2 日程度で定常状態に達することなどが示されている。

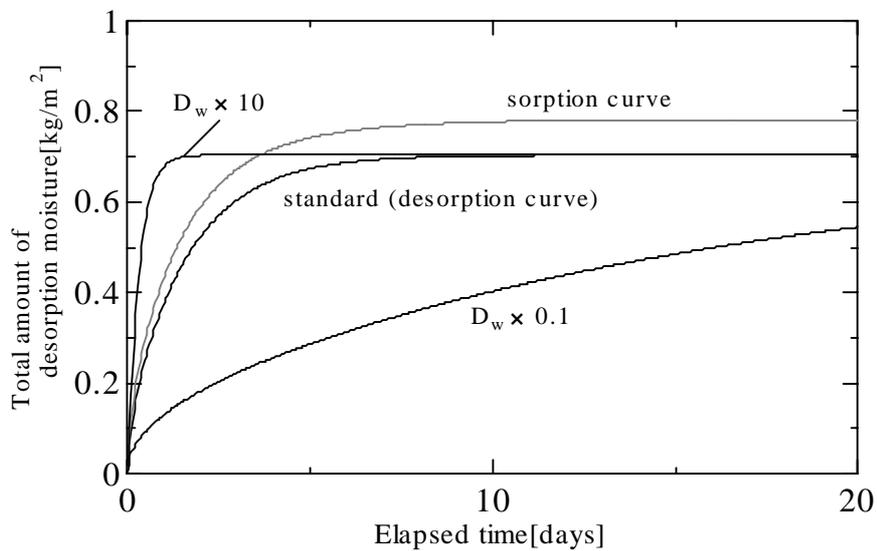


図 34 放湿水分総量の経時変化 (コンクリート)