気泡コンクリート壁体材料内の結露・再蒸発過程の 水分挙動に関する研究

MOISTURE BEHAVIOUR IN WALL MATERIAL MADE OF CELLULAR CONCRETE UNDER CONDENSATION AND RE-EVAPORATION PROCESS

寺島 貴根*, 水畑 雅行**

Takane TERASHIMA and Masayuki MIZUHATA

The purpose of this study is to understand quantitative properties of internal condensation in porous material. In winter, water vapor is generally supplied from the interior side of a roof slab and the condensed water accumulated at this side, causes difficulties. In this paper the moisture behavior in this process is dealt with. Firstly the properties of materials concerned with moisture transfer are discussed. Next the experiment and the analysis of the condensation and re-evaporation process are discussed. And the effects of variations in properties on the analysis is also discussed. Consequently, the validity of the application of the simultaneous heat and moisture transfer equation to the analysis of the internal moisture content is shown. Finally it is proved that the variance of material properties effects on the results of the internal moisture content calculation to a large degree.

Keywords: porous material, cellular concrete, internal condensation,
numerical calculation, heat, moisture transfer

多孔質材料, 気泡コンクリート, 内部結露, 数値計算, 熱, 水分移動

1. 序

建築壁体の内部で結露水が生じると、それは種々の問題を引き起こすことは周知の事実であるが、多孔質材料の内部で結露水が生ずる過程の水分移動現象は複雑で、その解析にはかなりの困難がともなう。これまで結露再蒸発過程における多孔質材料内の水分移動を定量的に解析した研究は、コンクリート系材料を用いた Kooi の研究¹⁾、松本・銚井の研究²⁾や水畑の研究³⁾があり、軟質繊維板を用いた池田の研究⁴⁾等がある。文献1)では、Philip-de Vries の水分移動理論に基づき、片面の断湿された気泡コンクリート材料内における水分挙動の解析が行われている。温度分布は水分移動とは独立に計算されている。文献2)においては非発泡系のセメント系多孔体(軽量コンクリート)を用いて蒸発過程と結露過程について、文献1)では扱われなかった熱・水分の同時移動を考慮した計算方法によって解析がなされている。また、文献3)においては気泡コンクリート材料について、熱・

水分同時移動の基礎式に基づき内部結露面の変動が数値計算され、内部含水率分布の予測計算法が示された。文献4)においては軟質繊維板について、含水率をポテンシャルとする熱・水分同時移動方程式を用いた結露過程の材料内含水率の変動解析が行われている。しかしながら、建築材料の熱・水分物性値は同種の材料でさえ製品によるバラツキがあるので、できるだけ多くの材料に関して実験を行い、その定量的解析をすることが必要と考えられる。本報では、近年壁体材料によく用いられる気泡コンクリートの一種を用いて、片面が断湿された壁体材料の内部に結露が生ずる過程及びその結露水が再蒸発する過程における内部含水率測定実験を行い、その実験条件における材料内部含水率を熱・水分同時移動方程式を用いて予測計算し、その結果を実測値と比較検討するとともに熱・水分同時移動方程式による解析の妥当性を検討している。さらに熱・水分同時移動方程式中のパラメーターや実験条件の違いが、材料内含水率の計算結果

* 三重大学工学部建築学科 助手・工修

** 三重大学工学部建築学科 教授・工博

Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Mie University, M. Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Mie University, Dr. Eng.

図 1 : D_θ 実験装置概要

に与える影響について考察し、結露水が建築壁体材料中に蓄積されていく現象について定量的な把握を行なっている。

2. 水分移動の理論

多孔質性材料内部の水分移動は、材料内部に結露が生じるような高含水の状態においては含水率と温度に支配される。そして、重力及び吸着熱の影響が無視しうる場合には、一次元の熱流及び水分流に対して熱水分移動方程式は次のように表される⁵⁾。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$c \gamma \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_\theta \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (2)$$

壁体材料の片面が室内空気にさらされ、他方の面が断湿されている場合、境界条件は室内側表面においては

$$\frac{\alpha'}{\gamma_w} (P_i - P_s) = -D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} - D_T \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3)$$

$$\alpha (T_i - T_s) = -\lambda_\theta \frac{\partial T}{\partial x} \quad (4)$$

断湿面においては

$$-D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} - D_T \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$T = T_d \quad (6)$$

と表される。

3. 各種物性値

対象とした壁体材料は気泡コンクリートの一種（イト

図 2 : 含水率勾配による水分拡散係数

ン、日本イトン社製 650kg/m³) であり、それらの水分移動に係わる物性値について以下に述べる。

含水率勾配に対する水分拡散係数 (D_θ)

材料内において温度差がなく、材料内を流れる水分流が一次元の定常状態にある場合、次式が成立する。

$$\frac{q_w}{\gamma_w} = -D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (7)$$

従って、材料の一端に水分を供給し、他端から蒸発させ、流れが定常になった時の水分流量 q_w 、およびその直後の材料の分割によって含水率分布、含水率勾配 $\frac{\partial \theta}{\partial x}$ を求め、 D_θ を決定することができる。 D_θ の測定実験装置の概要を図 1 に示す。側面をビニルテープによって断湿された長さ 40mm、断面積 30mm × 40mm の試料の一端を水槽の水に接触させ、他端を一定温湿度に保たれているチャンバー内に開放した。メスピペット内の水のメニスカスの移動量を読みとることにより、試料への流入水分量が測定され、その時間的变化がほぼ一定になった時の流入水分量から q_w を求めた。その後、試料を装置から取り外し、マルチバンドソーで厚さ方向（水分流の方向）に数等分し、それら小片の湿潤重量を測定した。全小片を絶乾して乾燥重量、厚さを求めて各小片の平均含水率を算出し各小片の中心位置の含水率とみなした。定常時の流入水分量および試料内含水率勾配より求められた水分拡散係数 D_θ と含水率の関係を図 2 に示す。○印は測定値を表し、△印は文献 1) に報告されている測定値を表す。また実線はそれらに対する近似曲線を表している。これらの値は Kooi¹⁾ 松本・銚井²⁾ の測定値とも良く一致している。およそ 32vol% 以下の低水率の領域では測定値のバラツキは少なく、ほぼ一定の範囲に分布しているが、高含水率の領域においてはバラツキが大きく、分布の範囲を特定するのは難しくなっている。約

図3：温度勾配係数測定実験概要

32vol%以上の含水率域では、この材料の特性として材料内の気泡中に空気がエントラップされるために含水率が約32vol%以上で吸湿能力が激減し D_θ の値が下がる傾向を示すと思われる¹⁾。この領域では、測定値から近似式を求めることは難しく、後述する結露・再蒸発過程の計算値が一致するように、適当な直線を仮定して近似式を求めている。それを図2では破線で示した。

温度勾配に対する水分拡散係数 (D_T)

材料内を流れる水分流量が一次元の定常状態にあり、水分流量が0の場合には次式が成立する。

$$0 = -D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} - D_T \frac{\partial T}{\partial x} \quad (8)$$

よって

$$\frac{D_T}{D_\theta} = -\frac{\nabla \theta}{\nabla T} \equiv \varepsilon \quad (9)$$

となる。ここに、 ε は温度勾配係数である。従って試料を全面断湿して、その両端に温度差を設け、十分長い時間の後に熱・水分の移動が定常状態に達すれば、その時の含水率勾配と温度勾配から ε が求められる。温度勾配係数 ε の測定装置を図3に示す。ある含水率を持つ同一条件の厚さ30mm、大きさ45mm×45mmの試料を多数用意し、全面をビニルテープによって断湿する。側面を発泡スチロールにより断熱し、試料の上面を面ヒーターで加熱、底面を冷水中で冷却し、試料内に鉛直方向に熱流を生じさせる。時間経過とともに、随時一つの試料を装置からはずし、鉛直方向に数片の小片に切断し、それらの重量から含水率分布を算出する。また、特定の試料には内部に熱電対が鉛直方向に数個埋め込まれており、試料内の温度分布が測定されている。試料内の含水率分布が定常に至った時の試料内含水率分布と温度分布から含水率勾配と温度勾配が算出でき(9)式から ε を求めることが出来る。図4は ε と含水率の関係を示し、○印は測

図4：温度勾配係数

図5：温度勾配による水分拡散係数

定値、実線はそれらに対する近似曲線を表している。測定値は近似曲線からはほぼ一定の範囲に分布している。 ε と D_θ が既知ならば、次式によって温度勾配による水分拡散係数 D_T が求められる。

$$D_T = \varepsilon \cdot D_\theta \quad (10)$$

図5は、図3の含水率勾配による水分拡散係数 D_θ の近似式と図4の温度勾配係数 ε の近似式より(10)式を用いて求められた温度勾配に対する水分拡散係数 D_T の含水率による変化を示す。図4、図5において約32vol%以上の ε および D_T は外挿値であるので破線で示されている。

熱伝導率

湿った材料の熱伝導率は、一般に含水率の増加と共に大きくなることはよく知られている。定常法による測定

図 6：熱伝導率

図 7：平衡含水率曲線

図 8：結露・再蒸発実験装置概要

は測定時間が長く、湿った材料の測定においては測定中に含水率分布が変化するので適当ではない。ここではプローブの熱線の温度上昇の時間的割合から 5 分程度の短時間で測定可能な非定常法によって様々な含水率を持つ気泡コンクリートの熱伝導率を測定した。非定常法によって測定された気泡コンクリートの熱伝導率と含水率との関係を図 6 に示す。図中の○印は測定値、実線は測定値の近似直線である。測定値は近似直線からほぼ一定の範囲に分布している。

平衡含水率

LiCl 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 NaCl 、 KNO_3 の 5 種類の塩の飽和水溶液を入れた気温 20℃ のガラス容器中に気泡コンクリートの小片の試料を長時間設置し、各試料の重量変化がほとんどなくなった時点での重量と、その試料の絶乾重量とから平衡含水率を求めた。その結果を図 7 に示す。図中の○印は測定値、実線は測定値の近似曲線を示す。測定値は近似曲線からほぼ一定の範囲に分布している。

4. 結露・再蒸発過程の実験

片面が断湿された壁体材料の内部に結露が生ずる過程及びその結露水が再蒸発する過程の水分挙動を把握するため、結露・再蒸発過程の内部含水率の時間的変動を測定する実験を行った。

実験概要

片面が断湿された材料内部に結露させるために図 8 に示すように恒温恒湿室に置かれた水槽上面の銅板上に試料を設置し、試料底面を水槽の冷水で冷却した。試料(厚さ 30mm、大きさ 70mm × 50mm)として平均含水率測定用 3 体と含水率分布測定用に多数の材料を用意した。熱流及び水分流が一次元になるように試料の側面および底面をビニルテープにより断湿し、側面は発泡スチロールで断熱した。結露過程では室内温湿度は 25℃、72% に設定し、試料底面温は全期間 15℃を保った。この過程では室内空気中の水分が試料内に流入し、試料内部の含水率が上昇する。試料の重量変化が無くなった後、試料を再蒸発させるために室内温湿度を 25℃、45% に設定し、実験を続けた。再蒸発過程では試料内の水分が放出され、試料内の含水率が減少する。平均含水率測定用の試料は一定時間間隔で重量を測定した。また任意の時期に含水率分布測定用試料の一つを装置から取り外し、厚さ方向に 5mm 幅で 6 個の試料片に切断した。それらの湿潤重量と乾燥重量を測定し、それぞれの含水率を算出し、厚さ方向(鉛直方向)の含水率分布を求めた。

実験結果

試料の含水率変化および実験室内温湿度、試料底面温の結露過程および再蒸発過程の時間的経過を図 9 に示す。図中の 3 本の実線は平均含水率測定用試料(3 個)の平均含水率の時間的変動測定値を表す。また、○印は含水率分布測定用試料の全体湿潤重量から算出した平均含水率から求められた測定値を表す。両者は比較的良好に一致しており、これらの試料の内部水分は、ほぼ同様の挙動を示していることが分かる。

図 10 は材料内の含水率分布の時間的変動を表している。図中の○～●の印は、含水率分布測定用試料の切断された小片の含水率測定値を示している。

図9：結露・再蒸発過程の平均含水率の変動

図10：結露・再蒸発過程の含水率分布の変動

実験の開始後しばらくの間、恒温恒湿室の加湿器の不調のため湿度の制御がうまくできず、結露過程の初期においては平均含水率および含水率分布の変動の起伏が激しいが、その後恒温恒湿室内はほぼ一定の温湿度を保つことができた。試料の平均含水率の変動は、結露過程では含水率が約40vol%でほぼ定常となり、再蒸発過程においては約7vol%で下降が少なくなっている。

5. 結露・再蒸発過程の解析

実験値と計算値

結露・再蒸発過程における熱・水分同時移動方程式の数値計算はCrank-Nicolson型implicit差分法によって行われ、分割時間 Δt は1/20～1/60時間、分割寸法 Δx は0.0025m(分割数12)とした。室内側表面水蒸気圧 p_s は試料の平衡含水率曲線から表面含水率 θ_s に応じた相対湿度と表面温 T_s とから算出した。

結露・再蒸発実験条件下において(1)～(6)式を用いて計算された試料内平均含水率の時間経過が図9の破線で示されている。また、図10の実線および破線は試料を鉛直方向に6つの層に分割した時の各層の中心位置における含水率の計算値を表しており、切断された含水率分布測定用試料の各小片の平均含水率にはほぼ対応している。

図9において平均含水率変動の計算値は結露・再蒸発両過程ともに実測値とかなりよく一致している。しかし結露過程10日から25日の平均含水率上昇期において平均含水率の上昇勾配が計算値よりも実験値の方が若干緩やかであり、また、再蒸発過程初期の平均含水率下降期においても同様に下降勾配が計算値よりも実験値の方が若干緩やかである。これは数値計算に用いた、試料表面近傍の熱伝達率、試料表面近傍の湿気伝達率、試料の D_θ 、試料の平衡含水率、室空気の温湿度の設定値が、実験における実際の値と多少の相違がある事に起因していると考えられる。また、試料の平衡含水率と D_θ の値はともに吸湿過程のものを用いており、それらの放湿過程におけるヒステリシスの影響を無視していること、温湿度測定機器による測定誤差が温度では $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度では $\pm 1\%$ 程度あることなどの原因が考えられる。図10において、材料内の含水率分布変動は実験値と計算値はかなり良く一致している。各層の含水率の絶対値に相違はあるが、結露過程初期において実験値と計算値はともに試料表面付近の含水率が高く、試料断面側側の含水率は低い。結露定常期に入ると各層の含水率の差が小さくなる。再蒸発過程では試料表面付近の含水率が低く、試料底面付近の含水率が高くなっている。

感度解析

材料の熱・水分物性値のバラツキを考慮して計算式中

図 1 1 : 熱伝達率の平均含水率に対する影響

図 1 2 : 湿気伝達率の平均含水率に対する影響

図 1 3 : D_{θ} の平均含水率に対する影響

図 1 4 : 平衡含水率の平均含水率に対する影響

の温湿度条件及び材料物性値の変化が試料内含水率計算に与える影響について検討するため、実験時に設定された室内温湿度、試料底面温度および材料物性値を基準値として平均含水率の計算を行い、含水率変動に対する感度解析を行った。設定された温湿度条件は室温 25℃・試料底面温度 14℃一定、結露過程湿度 72%・再蒸発過程 45%一定である。

図 1 1 は試料の室内側表面伝達層における熱伝達率 α の設定値を基準値 (7.8) に対して ± 0.5 変化させて計算された平均含水率変動を示している。結露過程では含水率の上昇期に最大 ± 8 vol% 程度の含水率の差異が生じるが、結露平衡時および再蒸発時の含水率の差は極僅少である。

図 1 2 は試料の室内側表面伝達層における湿気伝達率 α' の設定値を基準値 (0.18×10^{-3}) の 2.0 倍および 0.5 倍にして計算された含水率変動を表している。結露過程の含水率上昇期において平均含水率の上昇勾配に差が生じ、再蒸発過程初期においても平均含水率の下降勾配に差がみられる。湿気伝達率が大きいほど平均含水率の上昇・下降勾配が大きい。

図 1 3 は D_{θ} の設定値を、全含水率域にわたって基準値 (図 2 の近似曲線の値) の $1.26 (=10^{0.1})$ 倍および $0.79 (=10^{-0.1})$ 倍にして計算された平均含水率変動を示す。 D_{θ} が 1.26 倍および 0.79 倍した曲線は、図 2 の実験

値の分布する範囲の上下限を意味する。結露過程の含水率に最大 ± 5 vol% 程度の差異が生じるが、平衡時および再蒸発過程の含水率の差は約 1 vol% である。

図 1 4 は基準の平衡含水率曲線 (図 7 の曲線) を ± 2.0 vol% 上下に平行移動した場合の平均含水率変動の計算結果を示す。再蒸発過程の定常期において、平衡含水率曲線を上に平行移動させた場合に含水率は 3~4 vol% 上昇する。

図 1 5 は、試料底面温度の設定値を基準値 (14℃) に対して ± 0.1 ℃ 変化させた場合の平均含水率変動の計算結果を表している。どちらの場合も含水率上昇期において、基準設定値の場合と比較して 5~6 vol% の含水率の差が生じ、試料の底面温度を高くすると含水率が低くなり、底面温度を低くすると含水率は高くなる。

また、試料底面温度を基準設定値 (14℃) のままにし、室温の設定値を基準値 (25℃) に対して ± 0.1 ℃ 変化させた場合の平均含水率変動の計算も行ったが、その結果はほとんど図 1 5 と同様の結果となった。室温を高くすると平均含水率は高くなり、室温を低くすると平均含水率は低くなる。したがって試料内の温度差が同じであれば、平均含水率はほぼ同じ挙動を示す。

図 1 6 は室内湿度の設定値を基準値 (結露過程 72%、再蒸発過程 45%) に対して ± 0.5 % 変化させた場合の平均含水率変動の計算結果を示している。結露過程の含水

図 15 : 試料底面温度の平均含水率に対する影響

図 16 : 室内湿度の平均含水率に対する影響

図 17 : 室内湿度の平均含水率に対する影響

率上昇期において $\pm 0.5\%$ 変化させた場合は、基準値の場合に対して最大約 6 vol% 前後の含水率の差が生じており、湿度において $\pm 0.5\%$ の変化が平均含水率にかなりの影響を与えることになる。

含水率変動と含水率領域

図 17 は、室内湿度の設定値を基準値(結露過程 72%、再蒸発過程 45%) に対して $\pm 0.0\%$ から -10.0% 変化させた場合の平均含水率挙動を示している。相対湿度が(基準値 -10.0%) から(基準値 -2.5%) に変化させた場合の平均含水率の挙動は、含水率の差にして約 10 vol% の範囲に分布しているのに対して、(基準値 -2.5%) から(基準値 $\pm 0.0\%$) に変化させた場合は含水率差が 25 vol% 以上の範囲に分布する。また、相対湿度を(基準値 -10.0%) から(基準値 -3.0%) に変化させた場合のそれぞれの平均含水率挙動は結露定常時に約 10 vol% 付近で平衡している。

図 18 は、試料底面温度の設定値を基準値(14 °C) に対して $\pm 0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $+4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 変化させた場合の平均含水率挙動を示している。試料底面温度を(基準値 $+1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) から(基準値 $+4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合の平均含水率の挙動は、含水率の差にしておよそ 15 vol% の範囲に分布しているのに対して、(基準値 $\pm 0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) から(基準値 $+1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合の平均含水率挙動は含水率差 25 vol% 以上の範囲に分布する。また、試料底面温度を(基

準値 $+4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ から(基準値 $+1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合のそれぞれの平均含水率挙動は結露定常時に約 10 vol% 付近で平衡している。

図 19 は、室温の設定値を基準値(25 °C) に対して $-4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $\pm 0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ に変化させた場合の平均含水率挙動を示している。室温を(基準値 $-4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) から(基準値 $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合の平均含水率の挙動は、含水率の差にしておよそ 15 vol% の範囲に分布しているのに対して、(基準値 $\pm 0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) から(基準値 $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合の平均含水率挙動は含水率差 25 vol% 以上の範囲に分布する。また、室温を(基準値 $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) から(基準値 $-4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) に変化させた場合のそれぞれの平均含水率挙動は結露定常時に約 10 vol% 付近で平衡している。

これらから、温湿度条件が平均含水率変動の計算結果に及ぼす影響は、温湿度の変化に対して非線形的であり、その影響の大きさは平均含水率の上昇が約 10 vol% を越えるか否かで挙動が異なることが分かる。

図 2 において含水率勾配による水分拡散係数が極小となる含水率はおおよそ 10 vol% であり、図 4 においても温度勾配係数が最大となる含水率は約 10 vol% である。この含水率は試料の含水状態が蒸気支配と液水支配との境界に相当する状態と考えられている¹⁾。この試料に関しては、含水状態が液水支配の状態になっている場合、試料がさらされている室空気の僅かの温湿度の上昇によ

図 18：試料底面温度の平均含水率に対する影響

図 19：室温の平均含水率に対する影響

て、試料の含水率が急激に上昇する可能性をはらんでいることを示している。逆に、材料の平均含水率が蒸気支配の状態ならば、室空気の温湿度の多少の変化に対しても、材料中の含水率の変動は僅かであり、材料を低い含水状態に保つことが出来ることを示している。

6. 結語

片面を断湿した気泡コンクリート材料内に内部結露が生じ、その後再蒸発する場合の材料内部含水率測定実験を行い、その実験条件における内部含水率分布を熱・水分同時移動方程式によって数値計算し、計算結果と実験結果を比較検討した。以下にその結果をまとめる。

1. 気泡コンクリートの熱・水分物性値を測定した結果、図2及び図4～図7に示す特性を持つことが示され、この材料に関する物性値のおよその分布範囲が把握された。
2. 熱・水分同時移動方程式による計算値と実験値はかなり良く一致する。重力及び吸着熱の影響を無視し得ると仮定された熱水分同時移動方程式の、本実験における結露・再蒸発過程に対する適用の妥当性が示された。
3. 材料の熱・水分物性値のバラツキを考慮して試料が

曝されている室内空気の温湿度条件および材料物性値が内部含水率変動に与える影響を明らかにした。

4. 温湿度条件に関しては、試料の含水状態によってその感度は異なり、低含水率の状態では曝露空気の温湿度の影響は僅かだが、高含水率状態においては、温湿度の僅かの変動でも、試料内の平均含水率に大きく影響を及ぼすことを明らかにした。

本報で扱った気泡コンクリートに関しては、10 vol%前後の含水率を境界として、含水率がそれ以上になると急激に平均含水率が上昇する。この値が試料の含水率を低い状態に保持するための目安とすることができると思われる。今後の課題としては、高含水状態になりがちな外壁や屋根等に用いられる多孔質性材料内部の熱・水分特性の把握、一般の多孔質性材料に対する本解析方法の適用に関する検討、多層壁体への応用などが挙げられる。

[記号]

θ	: 体積含水率	[vol%]
T	: 温度	[°C]
D_θ	: 含水率勾配による水分拡散係数	[m ² /h]
D_T	: 温度勾配による水分拡散係数	[m ² /(h·K)]
c	: 材料の比熱	[W·h/(kg·K)]
γ	: 材料の比重量	[kg/m ³]
γ_w	: 水の比重量 (= 10 ³)	[kg/m ³]
λ_θ	: 熱伝導率	[W/(m·K)]
α	: 熱伝達率 (= 7.8)	[W/(m ² ·K)]
T_i	: 室内温度	[°C]
T_s	: 試料表面温度	[°C]
α'	: 湿気伝達率 (= 0.18 × 10 ⁻³)	[kg/(m ² ·h·Pa)]
P_i	: 室内水蒸気圧	[Pa]
P_s	: 試料表面水蒸気圧	[Pa]
T_d	: 断湿面温度	[°C]
q_w	: 単位面積当りの水分流量	[kg/(m ² ·h)]
ε	: 温度勾配係数	[1/K]
添字 v	: 蒸気	

[本論文に関連する既発表論文]

- 水畑雅行、他：建築材料の含水率測定、日本建築学会東海支部研究報告集第 27 号、pp285-288 (1989)
- 水嶋智之、他：建築材料の温度勾配による水分拡散係数の測定、日本建築学会大会学術講演梗概集 D 環境工学、pp1117-1118 (1990)
- 寺島貴根、他：壁体材料中の結露・再蒸発過程の解析、日本建築学会大会学術講演梗概集 D 環境工学、pp1119-1120 (1990)

- 寺島貴根、他：建築材料の結露・再蒸発過程の実験と計算、日本建築学会東海支部研究報告集第 30 号、pp325-328 (1992)
- 寺島貴根、他：多孔質性材料における結露再蒸発過程の数値解析について (温湿度条件および材料物性値の測定精度が材料内含水率計算に与える影響)、日本建築学会大会学術講演梗概集 D 環境工学、pp929-930 (1992)
- 寺島貴根、他：壁体材料の結露・再蒸発過程に対する数値解析 (含水率計算に対する温湿度および材料物性値の影響)、日本建築学会東海支部研究報告集第 31 号、pp333-336 (1993)

[文献]

- 1) Kooi J.V.D.: Moisture Transport in Cellular Concrete Roofs. Diss. T.H.Eindhoven, Uitgeverij Waltman Delft (1971)
- 2) 松本衛・銚井、他：セメント系多孔質建築材料の結露、乾燥過程の実験とその解析、日本建築学会論文報告集第 353 号、pp11-20 (1985)
- 3) 水畑雅行：内部結露面変動の数値解析、日本建築学会論文報告集第 300 号、pp95-104 (1980)
- 4) 池田哲朗：結露障害防止に関する基礎的研究、学位論文 (1979)
- 5) 松本衛：建築壁体における熱・水分同時移動および水分蓄積に関する研究、学位論文 (1978)

(1995年 1月10日原稿受理, 1995年 5月1日採用決定)