炭化ワラ材料の透気特性および熱的特性

環境調和型建築部材としての炭化ワラ材料を用いた「息をする壁体」の提案 その1

INVESTIGATION ON AN AIR FLOW CHARACTERISTIC AND
A THERMAL PERFORMANCE OF CHARCOALIZED STRAWProposal of the breathing wall using charcoalized straw as
an environmental-conscious constructional material Part 1

田中 稲子*, 梅干野 晃**, 菅原 正則***

Ineko TANAKA, Akira HOYANO and Masanori SUGAWARA

The passive-designed "Breathing Wall" using charcoalized rice straw was proposed as one of the environmental-conscious constructional materials. The experiments were carried out using two types of structure of charcoalized rice straw in order to confirm the capability of the structures as a Breathing Wall in relation to the characteristics of air flow and of the thermal performance. The results of this study showed a good indication that these structures using charcoalized rice straw can be utilized as a Breathing Wall.

Keywords: Environmental consciousness, Passive system, Constructional material, Charcoalized straw, Air flow characteristic, Thermal performance

環境調和, パッシブシステム, 建築部材, 炭化ワラ, 透気特性, 熱特性

1. はじめに

近年, 地球環境問題を背景として建築物から地域開発に至るあらゆる場面で環境負荷の低減や自然との共生が求められるようになってきている。これに伴い省エネルギー技術の導入やリサイクル材の採用など各種環境共生手法を導入する建築事例が増えつつある。そのため, 建築に採用する材料や設備等といった個々の立場における環境共生技術の開発が急務であるといえよう。そこで, 筆者らは環境共生手法の一つの解として環境調和型建築部材の実現を目指し, 部材の原材料採取が地域の環境要素である植物の維持管理に繋がるような建築部材の開発に着目した。

一方, 筆者らはこれまで地域気候特性を考慮したパッシブ換気部材として「息をする壁体」¹⁾を提案している。本研究では, 近年農業廃棄物となりつつある稲ワラを炭化した材料を用いた「息をする壁体」を環境調和型建築部材として提案し, 開発の第一段階として取り組んだ部材内部構造について透気および熱的特性を実験的に把握し, 今後の部材開発の可能性を検討することを目的とする。

2. 環境調和型建築部材の提案

2.1 環境調和型建築部材に対する基本的考え方

環境に配慮した材料として, エコマテリアル²⁾に代表されるよう

に使用中の性能を満たし, かつ材料のライフサイクルを通して環境負荷の低減につとめた材料やその概念の重要性は, 建築の分野においても既に共通の認識となりつつある。また, 環境に配慮した建築として, 前述の概念と同じように重視されるのが自然との“共生”であろう。筆者らは, これを部材を適用する地域環境との“共生”と捉え, 環境と調和した建築部材を以下のように考える。まず, 部材の原材料として, 地域環境の一要素である緑に着目した。緑は風土や景観上の地域らしさを特徴づける重要な要素であり, 特に我が国のように温暖で湿潤な気候においては緑の成長は旺盛で, 地域らしさを維持するためにはその維持管理は必須となる。森林の維持・管理と木材利用の調和の必要性が指摘されるように^{3), 4)}, 木質資源に限らず, 緑の管理後に発生する剪定枝や草木, 農業廃棄物(以降, 総称して緑資源とする)を地元産業と結びつけて活かすことは, 資源の容量に充分配慮すれば地域環境への負荷を減らすとともに, 持続的にその緑の維持・管理または地域の景観の保全につながるものと考えられる。すなわち, 環境調和型建築部材として, このような緑資源を原材料として採取し, 緑の維持管理や景観保全につながるようなシステムの中で, 建築部材としての性能と環境への負荷の低減が図れるような部材開発を目指す。

2.2 炭化ワラ材料を用いた「息をする壁体」の提案

* 東京工業大学 大学院生・修士(工学)

** 東京工業大学 教授・工博

*** 札幌市立高等専門学校 講師・博士(工学)

Graduate Student, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.

Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Lecturer, Sapporo School of The Arts, Dr. Eng.

「息をする壁体」は夏季に高温多湿で冬季は継続的に氷点下にならないような比較的温暖な地域を対象として、壁や天井のような広い面へ適用し必要最低限の換気を壁面全体でパッシブ的に行うと共に、壁体を適用した地域にとって必要な断熱性能を持つことを目指したものである⁹⁾(図1)。ここで前節を踏まえ、環境調和型建築部材として、稲ワラを炭化した材料を「息をする壁体」へ適用することを提案する。

我が国では稲ワラは古来より建築材料や様々な生活用具の材料として広く利用されていたが、現在では飼料や資材用などに用いられる一部を除きほとんどが廃棄処分されるに至っている。この意味では稲ワラも前節という緑資源であり、その利用価値を見出す意義は大きいと考える。また、本部材は広い面に組み込むことを想定しているためその主要構成材料は出来る限り軽量であることが望まれることから、緑資源の中でも稲ワラは比較的軽量の素材であり有用であるといえよう。また、炭化材料の特徴として、「息をする壁体」は部材自身を湿った空気が通過するため湿潤に対する対策が必要となるが、炭化材料の多孔質な構造は透気・透湿性を持つことから、湿潤に対する耐腐朽性に加えて吸放湿特性に期待が持てる点が挙げられる。さらに、炭化材料は原理的にはあらゆる有機物質がその原料になるため、緑資源の利用手法としても期待が持てるものとする。

3. 炭化ワラ材料の試作

炭化材料は炭化温度や炭化方法によって、その物理・化学的な性質は異なる⁹⁾。そのため、炭化ワラ材料を用いた「息をする壁体」の透気・熱・湿気に関する特性を検討するために用いる炭化材料は、炭化履歴が明らかで、材質の均一なものが望まれる。一般に、木質系炭化材料の分野で用いられる炭化装置は、目的が化学的成分や細孔の分析であるため小型である⁹⁾。また、従来の燃料用木炭窯は規模によってばらつきはあるものの窯内部での温度差は数百℃に及ぶ場合もあり⁷⁾、性能検討のための均質な材料を得ることや正確な温度制御には不向きである。そこで、ここでは建築材料としての量が確保できる大きさで、材料を均一温度で炭化することを目的として製作した電気炭化装置を用いて炭化ワラ材料を試作する。

3.1 装置の概要

図2に製作した電気炭化装置を示す。本装置は、電気炉、排気装置、温度測定装置からなる。電気炉は、内径330mm、外径600mm、高さ525mmのハーフシリンダーを組み合わせた円筒炉で、最大出力8.8kWである。ヒーターの出力制御はP.I.D.制御方式のコントローラーにて行う。最大で $\phi 300\text{mm} \times 450\text{mm}$ の試料の炭化が可能である。さらに、電気炉の上下には、温度計の取り出し口として、また必要に応じて窒素の供給が行えるよう $\phi 20\text{mm}$ の開口部が4カ所ずつ設けられている。排気は炉内部の上下温度差を緩和するよう炉の底部に排気口が設けられ、流量調節可能なバルブ付きの煙突を通して屋外へつなげられている。電気炉内および試料内部にK熱電対を設置し、炭化温度の自動計測を可能とした。

3.2 炭化温度制御の検討

本炭化装置の炭化温度制御が適切に行われるかを確認するため、試験炭化を行った。まず、稲ワラをステンレスケース(25mm×180mm×250mm)に入れ、試料内部の中心部からケースの表面側にかけて3点、炉内部の上下に2点、K熱電対を設置した(図2(a))。

図1 壁へ適用した場合の「息をする壁体」の概念図

図2 電気炭化装置詳細図

図3 稲ワラの炭化過程の一例

図3は稲ワラを炭化したときの炭化過程の一例である。このとき、設定温度250℃として約5時間定温制御を行い、その後、自然冷却させている。昇温を始めて30分のところで、試料内部温度1、2の昇温速度が一旦緩む箇所があるが、これは、稲ワラの水分蒸発が行われているためである。また、同図は定温制御に入る直前にややオーバーシュートを起こしている場合であるが、このときの設定温度との差は中間層の22Kが最大であり、炭化の状態に影響を与えるほどではない。また、定温制御中の炉内部の上下温度差は平均して2Kであり炉内縦方向はほぼ一様な温度に保たれていると言える。このとき、試料中心部と中間層、表面との温度差は平均9Kであり、炉断面方向の温度分布は設定温度に対して4%以内に収まっており、本装置によって適切な炭化温度制御が行えると考えられる。

3.3 部材内部構造の検討

炭化ワラ材料を用いた「息をする壁体」は、以下に掲げる性能を

図4 炭化ワラ材料を用いた部材内部構造概念図

写真1 炭化稲ワラの外観

バランス良く備えるようにその内部構造を設定する必要がある。

- ・必要換気量を与える透気性能
- ・壁体の適用地域に必要な断熱性能
- ・結露による害が発生しない吸放湿性能

ここで、稲ワラのようなストロー材で部材が構成される場合、ストローに沿って材料を束ねる形や細かくカットしたワラをランダムに並べプレスした形にするなど、様々な内部構造が考えられる。後者については、有害物質の放出が少ない接着剤の検討など制約条件がより複雑になることから、本報では、研究の第一段階として図4に示すTYPE1、TYPE2の部材内部構造を設定した。いずれもストローの断面方向への圧縮のみで透気特性を規定できる構造である。TYPE1は、稲ワラのストロー方向に透気経路が確保される内部構造をとり、TYPE2は稲ワラのストロー方向に垂直に透気経路をとるためストロー内部の空気層による断熱性能が期待される。

3.4 炭化ワラ材料の試作

TYPE1、TYPE2はいずれも稲ワラをストローに沿って束ねた形状となるため、炭化ワラ材の断面方向に弾力性が必要である。完全な炭化では材料の力学的強度は低くなることが予想されるため、リグニン分はほとんど分解せずセルロースの熱分解が最も盛んに行われる温度を設定温度とする。ここで、前述の成分の熱分解が促進される温度は、炭化方法や原材料によっても異なるため一義的に決まらないが、栗山⁷⁾によればセルロースは200℃からその一部の分解が始まり、主たる熱分解温度範囲は250～310℃、リグニンの分解が最も盛んに行われる温度は310℃以上とされることから、ここでは、250℃を設定炭化温度とした。炭化方法は、設定温度に達してから3時間一定温度を保持し、その後自然冷却して写真1に示すような炭化ワラ材料を得た。

表1 試験体仕様

試験体	TYPE1				TYPE2			
	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2
重量(g)	31.6	25.3	30.9	35.8	22.1	17.0	19.8	18.6
厚さ(cm)	10.1	10.0	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	9.0
断面サイズ (cm)	φ5.9	φ6.0	φ6.0	φ6.0	4.8×5.0	4.7×4.8	4.8×4.9	4.8×5.0
単位面積当たり重量(g/cm ²)	1.14	0.89	1.11	1.28	0.95	0.75	0.84	0.78

図5 透気実験装置

4. 透気特性の実験的把握

「息をする壁体」には、機械的な空調設備を用いずに内外温度差による浮力と風圧力を原動力とした自然換気性能が要求される¹⁾。ここでは、炭化ワラ材料を用いた部材が「息をする壁体」のような自然換気部材として利用可能かを温度差換気による内外差圧条件下での透気特性から検討を行う。

4.1 実験概要

(1) 試験体

3.4で試作した炭化ワラ材料を用いて、TYPE1、TYPE2に相当する内部構造の試験体を製作した。表1に試験体の仕様を示す。壁体として適用する時の厚さを100mmと想定し、厚さ100mm程度の密度の異なる試験体をTYPEごとに4体製作した。また、本報では、検討の第一段階として接着剤は考慮しないとするため、炭化ワラ材料はケースのみで固定されている。TYPE1に相当する試験体は、ステンレス製ケースに炭化ワラ材料を入れた円筒型とした。一方、TYPE2は気密処理を施したポリスチレン製の角柱型のケースを用いて、材料を固定するためにケースとの境界面のみコーキング材で接着した。

(2) 実験装置

実験装置はCO₂ガス濃度測定への影響が無視できるように、大容量の環境制御実験室内に設置した(図5)。ここでは、部材を天井面へ設置する場合を想定して、容器の上部に試験体の透気面が水平になるよう設置した。また、CO₂を用いたトレーサーガス法によって測定するため、容器内に充満させたCO₂が一樣になるよう、攪拌用の小型送風機を容器内に設けた。外部には、試験体の上下にかかる差圧を一定に調節するために送風機を設置している。容器は透気経路以外からの漏気がないよう気密化した。

(3) 実験方法および条件

換気の必要性が特に問われる冬季に必要最小限求められる自然換気条件として、無風で温度差換気のみが行われる時の透気量を測定する。また、部材の基本的な透気特性として一次元の空気移動を検討するため部材は天井面に設置することを想定した。各試験体を通過する透気量は、トレーサースガスとしてCO₂を用いた濃度減衰法を用いて求める。あらかじめ実験室内のCO₂濃度を測定し、その後、容器内にCO₂を充填させ、試験体の空気流入口と流出口との差圧を一定に制御しながら、5分ごとに容器内のCO₂濃度を測定した。ここで、設定差圧条件は図6に示す総2階建て住宅規模の単室モデルの天井部に本部材を設置することを想定して、冬季に室内外温度差が20℃の時、無風で0.5回/hの換気量が得られることを想定した換気計算の結果を引用して⁸⁾ 0.7Paとした。差圧が試験体の上下で生じるよう送風機によって調節した。

図6 換気計算のための単室モデル⁸⁾

4.2 試験体の相当開口面積

測定で得られた換気回数と容器の容積 ($21.3 \times 10^3 \text{ m}^3$) から、各試験体を通過した透気量を得た。それをもとに(1)式を用いて各試験体の相当開口面積 $\alpha A'$ を求めた。

$$\alpha A' = Q' / \{(2g / \gamma) \Delta P\}^{1/2} \quad (1)$$

ここで、

- $\alpha A'$: 相当開口面積 [m^2]
- Q' : 測定から得られた透気量 [m^3/s]
- g : 重力加速度 [= 9.8 m/s^2]
- ΔP : 試験体上下の差圧 [mmAq]
- γ : 流入空気温度から算出した空気の比重量 [kg/m^3]

さらに、各試験体の断面積から単位面積当たりの相当開口面積 αA (cm^2/m^2) を求めた。図7に試験体の単位面積当たりの重量 w (kg/m^2) と αA の関係を示す。両者は両対数グラフで直線関係を示し、直線回帰するとTYPE1, 2について以下の関係式がそれぞれ得られた。

$$\alpha A = 1.57 \times 10^7 \cdot w^{-5.77} \quad (2)$$

$$\alpha A = 2.42 \times 10^5 \cdot w^{-5.08} \quad (3)$$

ここで、TYPE1と2の単位面積当たりの重量 w の上限値は同一であるとすると、本実験ではTYPE1の上限は試験体D1の 12.8 kg/m^2 とみなせるため、式3からTYPE2の αA の下限が分かる ($0.6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$)。これにより、差圧が0.7Pa一定の下では透気の許容範囲はTYPE1がTYPE2の5.7倍となることが分かる。これは、TYPE1の方が透気性能を調節する上では有利であることを示唆するものである。しかしながら、設置場所によって部材にかかる差圧が変わるため、今後、差圧に対する本部材の透気特性を把握し、構造を検討する必要がある。

4.3 「息をする壁体」としての透気性能の検討

4.1の差圧条件設定で用いた換気計算によると、同条件において住宅モデルの壁と床面の単位面積当たりの相当開口面積を $1.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ として、屋外が無風でも0.5回/hの換気回数が得られる天井面の単位面積当たりの相当開口面積は $10 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ である⁸⁾。よって、図7より、TYPE1は自然換気部材として必要最低限の透気特性は有することが確認された。また、TYPE2については、同図において w のほぼ

図7 単位面積当たり重量と単位面積当たり相当開口面積の関係

下限に当たるB2に対する αA を用いて、同様の換気計算を行うと換気回数にして0.5回/hとなり、TYPE2も自然換気性能として利用可能な部材内部構造であることが確認された。

5. 熱的特性の検討

「息をする壁体」は自然換気性能と同時に地域に必要な断熱性能が要求されるため、炭化ワラ材料を熱的特性の観点からも検討し「息をする壁体」としての適性を確認する必要がある。同壁体では、熱は透気の影響を直接受けて透気と同じ方向または逆方向に壁体を通過するため、外部環境条件、壁体の設置位置によってもその特性は異なるが、ここでは第一段階の検討として1次元方向の熱移動特性を定常的に把握することとする。そのため、第4章と同様に本部材の天井設置を想定し、断熱性が最も問われる冬季の外部環境における部材の熱的特性を把握する。また、炭化ワラ材料は多孔質素材であるため吸放湿特性についても検討する必要があるが、この議論は第2報に譲り、ここでは冬季、室内の暖かい空気が壁体を通じて屋外へ出るときに生じる可能性のある内部結露についてのみ基礎的な検討を行う。

5.1 実験概要

(1) 試験体

第4章と同様の方法で炭化した稲ワラを用いた。試験体の厚さは第4章と同様の100mmとし、TYPE1 (内寸: W200mm, L200mm, H100mm) およびTYPE2 (内寸: W100mm, L187mm, H100mm) の内部構造に相当する試験体を製作した。このとき、透気条件が第4章と同様になるように試験体の単位面積当たりの重量は、各試験体の上下に0.7Paの差圧がある時に換気回数が0.5回/h得られるような壁体の相当開口面積 ($10 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) に対応するよう式2, 3から算出した。試験体の製作上、結果的にTYPE1が 11.9 kg/m^2 、TYPE2が 7.4 kg/m^2 ($9.5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ に相当) となった。

(2) 実験装置

図8に環境制御実験室内に設置された実験装置を示す。実験容器

図8 実験装置

図9 TYPE2の温度及び相対湿度測定位置

図10 TYPE1の透気上向き実験の経過

（内寸：W400mm, L100mm, H350mm）は断熱性を考慮して厚さ100mmの発泡ポリスチレン製とし、その上部に試験体を水平に設置した。容器内部はポリエチレンシートおよびコーキング材で、気密、断湿処理を施した。また、容器内部の温湿度は、実験室内に設置した別の環境制御装置において温湿度を調節した湿り空気を容器へ送り込み、小型送風機で攪拌するようにした。容器内部を補助的に加熱できるように加熱器が設置されている。また、試験体の上下差圧の調節は小型送風機を用いている。

（3）実験方法

「息をする壁体」の対象とする温暖で湿潤な気候地域として東京の冬の代表的な気象条件のもとでの熱的特性を把握するため、室内外温度差が20℃となるように実験容器内部（室内：25℃、60%）、環境制御実験室（屋外：5℃、60%）を制御し、試験体の内部の温湿度上昇の状況から定常と見なせる時点まで制御を続けた。この環境において、まず、基本となる熱的性能として透気が行われない時（透気なし）の本部材の熱伝導率を把握するため試験体の室内側表面に熱流計を設置し、透気が行われないよう試験体の内外表面をポリエチレンシートで覆った。試験体表面および内部温度、熱流量は10秒間隔で測定した。次に、部材を通して透気が室内から屋外に行われる場合（透気上向き）、屋外から室内に行われる場合（透気下向き）を想定して、試験体の上下にかかる差圧を0.7Pa、-0.7Paとなるよう調

表2 定常時の容器内外気温

透気条件	透気なし		透気下向き		透気上向き	
	TYPE1	TYPE2	TYPE1	TYPE2	TYPE1	TYPE2
容器内気温（℃）	25.0	25.1	25.1	25.0	25.0	24.3
容器外気温（℃）	5.0	5.0	5.5	5.1	4.9	5.1

図11 試験体内部温度分布の比較

節して、上記の温湿度および差圧条件が定常とみなせる区間の試験体内部の温度、相対湿度を10秒間隔で測定した。なお、図9はTYPE2の試験体内部のセンサー測定位置を示している。

5.2 実験の経過

実験経過の一例としてTYPE1の透気上向き時における、環境制御装置の運転開始後13時間経過した後の試験体内部の最も屋外側及び室内側に位置した温度と相対湿度の経時変化を図10に示す。同図の網のかかった範囲が定常区間であり、定常条件は図9の温度および相対湿度について10秒間隔で測定されたデータの1分間の平均値を5分後の値との差から温度で0.1℃以内、相対湿度で0.1%以内となる範囲を定常とみなし、この間の各データの平均値を考察に用いた。各測定の定常時における容器内外の気温を表2に示す。内部結露の危険性を検討するための透気上向き測定では、定常時における容器内・外の相対湿度はTYPE1のときには61.3%、57.5%、TYPE2では、61.1%、58.5%であった。

5.3 透気が行われない場合の熱伝導率

図11において、中央部分の白抜きおよび黒のドットが透気なし時のTYPE1, 2に相当する試験体の内部固体温度分布を示したものである。本部材の概略的な熱的特性を把握するため同グラフから直線回帰して（相関係数：0.989(TYPE1)、0.993(TYPE2)）その傾きを求め、さらに測定した熱流量から熱伝導率を算出した。その結果、TYPE1は0.103W/m・K、TYPE2は0.069W/m・Kであった。部材の相当開口面積が同等とみなせる試験体密度においては、TYPE2の方が断熱性に優れていることが分かる。このとき、グラスウール（10K）と同等の断熱性能を得ようとするとTYPE1, 2はそれぞれ2.0倍、1.4倍の厚さが必要となるが、今回の部材密度が限られた条件であるこ

図12 透気上向き時の試験体内部温度及び相対湿度分布

とを考慮すれば、炭化ワラ材料による部材は断熱性能を有する部材として可能性を持つといえる。

5.4 透気が下向きの場合の熱回収の効果

透気下向き時の試験体内部固体温度分布を図11の下部に示す。ここでは屋外側の冷たい空気は室内側へ透気しているが、透気空気は試験体の固体部分である炭化ワラ材料から熱を回収して室内側へ流入するため、室内側表面の固体温度も極端な低下は見せず室温近くにまで達している。また、この温度上昇は本実験において試験体を実験容器上部に水平に設置したことによって、屋外から流入する室内気温より比較的低温の空気と試験体の室内側表面近傍において実験容器内部の上昇気流とが混合したことも要因の一つとなっていると考える。このとき、屋外側気温と比べて室内側表面での流入空気温度はTYPE1では19.6K、TYPE2では15.9Kと上昇していた。また、外気設定温度がほぼ同じにも関わらずTYPE1の方が温度上昇が大きいのは、TYPE1が単位面積当たりの密度にしてTYPE2の1.6倍大きく、試験体内部を移動する空気に触れる表面積が大きいためであると考えられる。このように温度差換気のような微差圧のもとでは壁体の中で冷たい流入外気が暖められて流入することでコールドドラフトにとって有利な方向に働くことが示唆されたといえよう。ただし、壁体としてのコールドドラフトへの影響については別に検討が必要である。

5.5 透気が上向きの場合の結露の危険性に関する基礎的検討

図11の上部に透気上向き時の試験体内部固体温度分布を示す。透気下向き時とは逆に、暖かい空気が炭化ワラ材料に熱を与えながら流出するため、透気なし時に比べて高温側に凸の温度分布を示している。また、TYPE1の方がTYPE2よりも内部温度が高いが、前節と同様の理由によるものと考えられる。

また、図12に透気が上向きの場合のTYPE1、2の試験体内部の相対湿度分布を示す。いずれも、室内側から屋外側に向けて相対湿度は上昇しているが、最も結露しやすいと考えられる屋外側に最も近い測定位置において、TYPE1で80.9%、TYPE2で74.2%であり、透気経路においては結露は生じていないことが分かる。また、屋外側

表面近傍から流れ出る空気温度から露点温度を算出すると、TYPE1、TYPE2でそれぞれ、5.7℃、8.7℃であり、図10から炭化ワラ材料表面における結露もないことになるが、炭化ワラ材料は吸放湿性を有する素材であることから、壁体における内部結露については別途検討が必要である。素材の吸放湿特性も含め、本部材の湿気に対する特性に関する報告は次報に譲ることとする。

6. まとめ

本研究では、環境調和型建築部材開発の第一段階として、管理の必要な地域の緑資源として稲ワラに着目し、パッシブ建築部材である「息をする壁体」の主要構成材料として炭化した稲ワラを適用することを提案した。また、均質な炭化材料を得るための電気炭化装置を製作し、炭化ワラ材料を試作した。さらに、部材内部構造TYPE1、2の透気特性および熱的特性を実験的に把握し、「息をする壁体」を天井設置として、冬季、無風時を想定した透気実験により、TYPE1、2とも自然換気部材としての透気特性を持つことを確認した。また、部材を通して屋外側・室内側に透気が行われる場合の部材の熱的特徴を明かにした。このとき、透気が行われない時の基礎的な断熱性能は、TYPE1、2の透気量を同等に設定した場合、TYPE2の方が性能的には上回るものの、両者ともに「息をする壁体」に適用可能な断熱性能を持つことが分かった。これにより、透気・熱的観点から炭化ワラ材料が「息をする壁体」へ適用可能であることを確認した。また、本部材の湿気に対する特性の基礎的検討として、室内の暖かい空気が屋外側に流出する際の結露の危険性を検討した結果、透気経路内部に結露は確認されなかった。炭化ワラ材料の吸放湿特性や部材としての湿気に対する特性については次報で報告する。

謝辞 本研究の成果の一部はOM研究所、奥村昭雄所長との共同研究として行われたものである。また、炭化ワラ材料の製作にあたっては、(株)トーム森山透氏に炭焼きについてご教示頂いた。さらに、炭やきの会 岸本定吉先生には炭に関する貴重な資料を頂いた。ここに記して深謝の意を表します。なお、本研究は(財)竹中有英会の1997年度建築研究助成(田中稲子)を受けたことを付記する。

注 本研究は、1997年度および1998年度日本建築学会大会において発表した内容^{9), 10)}を加筆・再編集したものである。

引用文献

- 菅原正則、梅干野晃、佐藤絵里、作間秀樹：「息をする壁体」の開発(2) 孔あきアルミシートで構成された多層空気層による建築部材の提案と設計のための空気・熱・湿気透過量計算方法の検討、日本建築学会計画系論文集、第499号、pp.43-48、1997.9
- 原田幸明：エコマテリアル—21世紀に向けた材料の新しい課題—、日本金属学会会報、31、pp.505-511、1992
- 日本建築学会：地球環境保全のための都市・建築の計画手法に関する総合的研究、pp.53-56、1995.12
- 羽鳥祐之：今日の木材産業をめぐる国際環境、木材工業、Vol.48、No.7、pp.335-338、1993
- 石原茂久：木質系炭化材料素材開発の新しい展開、木材学会誌、Vol.42、No.8、pp.717-723、1996
- 例えば、宮川修、荻谷信一、清谷悦民、石原茂久：木質の熱変換による機能性木質複合材料素材の開発と応用(II)、第43回木材学会大会研究発表要旨集、p.536、1993
- 栗山旭：木材の炭化過程に関する研究、林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Omst. No. 304、1979
- 菅原正則、梅干野晃、作間秀樹：パッシブ換気機能を有する建築壁体の提案 その2、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.5-8、1995
- 梅干野晃、田中稲子、菅原正則：生活環境における緑の管理と植物系炭化材料利用に関する実践的研究、日本建築学会大会(関東)、D-2環境工学II、pp.1019-1022、1997.9
- 田中稲子、梅干野晃、奥村昭雄：炭化ワラ材料を用いた「息をする壁体」の部材構造に関する基礎的検討、日本建築学会大会(九州)、D-2環境工学II、pp.1035-1038、1998.9

(1999年2月10日原稿受理、1999年9月3日採用決定)