

茶葉や茶がらと桧間伐材を有効利用した建材の開発研究

A Development Study of Building Materials Made by Effective Use of Tea Leaves, Used Tea Leaves and Thinned Hinoki

木内 龍彦*
KIUCHI Tatsuhiko

要 旨

製茶工場で発生する大量の茶がら、期限切れの茶葉、栽培工程で剪定された茶葉は副産物として排出され、農業廃棄物としての処分が問題になっている。茶がらや茶葉の中には、段ボール、石膏ボード、断熱板などの原料となるものもあるが、ほとんどは肥料や飼料としてのみ使用されている。また、間伐したヒノキなどの小径樹木は利用法が少なく、さらに有効な活用法の開発が求められている。使用済みの茶葉や茶葉には、1) 抗菌、2) 消臭、3) 芳香、4) 色合いなど、われわれの生活に有用な点が多い。そこで、これらの副産物の特性を生かした建築仕上げ材の試作品を製作し、実験やアンケート調査によりその物性を調べた。

Abstract

A large amount of used tea leaves in the tea manufacturing factory, tea leaves for sale that have expired, and tea leaves for pruned in the cultivation process are discharged as by-products, and it has become difficult to dispose of it as agricultural waste. Although some of the tea leaves are used as raw materials for corrugated cardboard, gypsum board, insulation board, etc., most of them are used only as fertilizer and feed. In addition, there are few usage methods for small-diameter trees such as thinned cypress wood, and development of effective usage methods is required in the future. Used tea leaves and tea leaves have many useful points for our lives, such as 1) antibacterial, 2) deodorant, 3) scent, and 4) hue. Therefore, we made prototypes of building finishing materials that take advantage of the characteristics of these by-products that take advantage of the characteristics of these by-products, and investigated the properties of each by experiments and questionnaire surveys.

キーワード：茶葉、茶がら、桧間伐材、リサイクル、建材

keywords：Tea leaves, Used tea leaves, Thinned Hinoki, Building material

はじめに

ペットボトル用のお茶を製造する際、大量の茶がらが副産物として排出されている。また、賞味期限切れとなった販売用の茶葉も工場に返送され、さらに栽培工程における整枝作業でも茶葉が大量に発生するため、農業系廃棄物として処理に困窮している。茶がらの一部は、段ボールや容器、タイル、石膏ボード、インシュレーションボード¹⁾等の原料として使われているものの、大部分は肥料や飼料としてしか利用されていない。また、桧の間伐材等の小径木は、利用方法が少なく、今後有効な利用方法の開発が求められている。

茶がらや茶葉には、1) 抗菌、2) 消臭、3) 香り、4) 色合い²⁾などわれわれの生活にとって有用な点が

多い。そこで、このような副産物の長を生かした建築用仕上げ材や断熱材を試作し、各々の性能を実験やアンケート調査によって調べた。また、消臭、香りおよび緑色の色合いに関してはそれらの持続性についても検討した。

I. 試作

試作したボードは、寸法が縦250mm、横250mm、厚さ10mmで、目標密度を0.70g/cm³とした。用いた材料は、茶葉あるいは茶がら、桧ストランド³⁾、接着剤（高密度ポリエチレン⁴⁾、以下PE）である。茶葉は、賞味期限が切れ、工場等に返送されたもので、その含水率は約5%程度であった。茶がらは、飲料用として使用され排出されたもので、その含水率は乾燥状態で

約5%、桧ストランドの含水率は約11%であった。それらの使用量は、ボードの大きさと目標密度からボードの全質量を求め、調合比を乗じて計算した。その際、含水率による補正を加えた。茶がらは副産物として排出される際、含水率が非常に高いため、通常使用する際には乾燥させることになる。しかしながら、乾燥には大量のエネルギーを使うため、省エネの観点から不相当である。従って、今回の実験では自然乾燥しただけの茶がらを使用することにした。製造手順は、まず各材料を混合し、フォーミングボックスに入れて成形した後、圧力25MPa、温度140℃でプレスした。通常、プレス時には各材料中に含まれる水分が水蒸気となって外部へ放出されるが、水蒸気がボード内部に残ると圧が大きくなり、解圧の際に破裂することがある。これが“パンク”といわれる現象⁵⁾であり、ボードを製造する上で不良品の原因となっている。

本研究では、この現象が材料の調合比や含水率とどのような関係にあるかを調べるため、調合比や含水率を変化させてボードを試作した。表1に試作したボードの調合比と含水率を示す。全ての調合でPEを一定量(25%)とし、茶がらの調合比は全体の5、10、30、50、70%と5条件を設定した。茶葉は4条件とした。表中の○印は正常に製作が出来たこと、×印はパンクが発生してしまい完全なボードにはならなかったことを示す。この結果より、茶がらの含水率が高い場合には、調合比を10%程度と少なくする必要がある、茶がらの持つ特性をボードとして活かすことが出来ないと予測された。一方で、含水率が30%以下の場合には、調合量を多くしてもボードが製作でき、茶がらの持つ有用性をより発揮出来ると考えた。

II. 試作ボードの性能評価

以下では試作したボードの強度特性、緑色保持効果、香り、消臭性、抗菌性、かび抵抗性および断熱性などに関する実験を行った結果を述べる。表2に各試験項目で使用したボードの調合比を示す。

II.1 はく離強さ

はく離強さ試験はJIS A 5908:2003パーティクルボードに準じて行った。茶葉と自然乾燥により乾燥させた茶がらを用いたボードのはく離強さ試験の結果を図1に示す。図中にはパーティクルボード18タイプのJIS規格値(0.3MPa)も併記し、標準偏差の値を上下の幅で示した。標準偏差の大小は、ボードの製作ムラによる影響が大きく、茶葉を10%調合したボードは大きくなった。結果では、茶葉や茶がらの調合比が少なくなる程、はく離強さは大きくなった。また、傾向として、茶葉を調合したボードが、茶がらを調合したボードよりもはく離強さは大きかった。茶葉を調合した場合、調合比50%まで、茶がらの場合、同30%までならJIS規格を満足して

表1 ボードの調合比と含水率および試作結果

		茶がら含水率 (%)				茶葉含水率 (%)
		75	50	30	5	5
茶がらあるいは茶葉：桧ストランド：PEの調合比	70：5：25	×	—	—	○	○
	50：25：25	×	×	○	○	○
	30：45：25	×	○	○	○	○
	10：65：25	○	○	○	○	○
	5：70：25	○	○	○	—	—
—印は試作していない調合を示す						

表2 試験項目とボードの調合比

試験項目	茶がらもしくは茶葉：桧ストランド：PEの調合比						
	75:0:25	70:5:25	50:25:25	40:35:25	30:45:25	20:55:25	10:65:25
強度特性		○	○		○		○
緑色保持効果				○			
香り						○	
消臭性						○	
抗菌性	○						
かび抵抗性					○		
断熱性			○		○		○

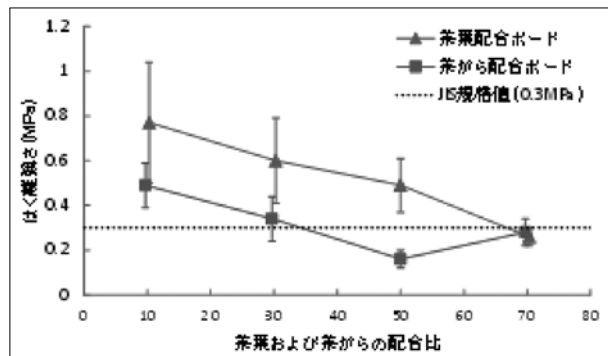


図1 茶葉および茶がらの配合比別はく離強さ

いた。また、茶葉の調合比70%、茶がらの調合比30%ではJIS規格のはく離強さとほぼ同等であった。これらの結果から、茶葉や茶がらがこれ以上多量になると、ボードとしてJIS規格相当の強さを満足できず、他の素材との組み合わせが不可欠であることが明らかとなった。なお、各条件とも繰り返し数は8とした。

II.2 曲げ強さ

曲げ強さも同様にJIS A 5908:2003パーティクルボードに準じて行った。試験結果を図2に示す。茶葉や茶がらの調合比が多くなるほど、曲げ強さは小さくなった。また、茶葉調合ボードは、茶がら調合ボードよりも曲げ強さは大きかったが、両者の差は小さかった。JIS規格の曲げ強さ(17.5MPa)と比較すると、規格を上まわっていたのは、茶葉の調合比が50%以下、茶がらでは30%以下であった。茶葉、茶がらともに調合比70%の曲げ強さは大きく低下することから、茶葉や茶がら単体ではなく、他の素材との組み合わせが不可欠ことがわかった。なお、各条件とも繰り返し数は8とした。

II.3 吸水厚さ膨張率

吸水厚さ膨張率試験はJIS A 5908パーティクルボードに準じて行った。試験結果を図3に示す。茶葉（含水率約6%）を配合したボードは、茶がら（含水率約5%）を配合したボードよりも厚さ膨張率は小さく、両者の差は大きかった。茶がら配合ボードの厚さ膨張率は、配合比50%でJIS規格値を超えており、その他の配合比に関しても、大きい傾向を示した。一方、茶葉配合ボードの厚さ膨張率は、すべて10%以下であり、良好な結果が得られた。茶葉よりも茶がらのほうが、より吸水しやすく接着力が低下する要因になったと考えられる。なお、各条件とも繰り返し数は8とした。

II.4 緑色保持

茶葉や茶がらの緑色を保持するのに銅イオンが有効であるとの報告⁶⁾がある。この報告では素材としての茶葉だけに銅イオンを処理していたが、ここでは茶葉だけでなく茶がらにも処理し、それらを用いたボードも製作した。処理の方法は確立されていないので、本実験では茶葉あるいは茶がらと銅板（200mm角、厚さ1mm）を容器に入れ、水温を80~90℃に保ちながら7時間浸漬する方法をとった。写真1に処理した材料を用いたボードと未処理のボードの10ヶ月後の色合いの差異を示す。銅イオンに浸漬した場合、緑色が保持されているのがわかる。次頁の図4に銅イオン付加の概念を示す。茶がらや茶葉に含まれるクロロフィル（一般式 $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ）は、分子内のMgが $2H^+$ と置換されるとフェオフィチンに変化する。このフェオフィチンの割合が増加すると褐色を呈すようになる。逆にフェオフィチンが少なければ緑色は保持される。そこで、クロロフィルからMgイオンが分離した状態に銅イオン（ Cu^{2+} ）を付加すれば安定な銅クロロフィルが形成され、結果としてフェオフィチンの割合が減り緑色が保持される。この銅クロロフィルは化粧品や食品にも使用される安全な物質であり、銅の抗菌性も付与されより有用となる。

II.5 香りおよび消臭性

茶葉や茶がらには芳香があり、一般的には好まれていると思われる。またこれらは消臭性も有している。芳香や消臭性がどの程度あるのかを調査するため官能試験を行った。試験は配合比が20%の茶葉配合ボードと茶がら配合ボードを対象とした。その大きさは、現実のボード使用量が部屋内部面積の1/10程度までであると考えているため、ボード表裏で次に述べる試験用箱内部面積の1/10の面積をもつものとした。箱は内部の寸法が200mm×200mm×300mmでペットボトルのふたを付けたスチレンボード製である。ふたが閉まっている状態では、箱の中の臭いが極力外部へ逃げないような作りとした。箱の中は表3に示すような内部状態とし、各箱のふたを被験者が順次開けて臭いをかぎ、アンケートに答

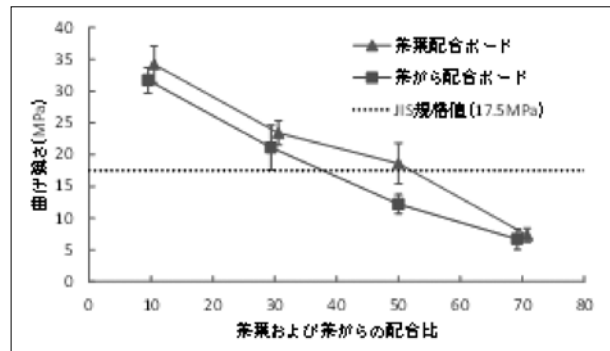


図2 茶葉および茶がらの配合比別曲げ強さ

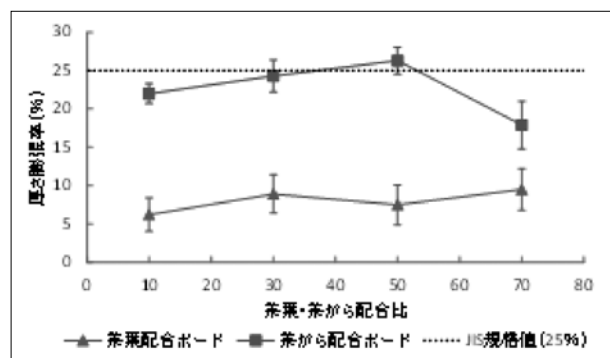


図3 茶葉および茶がらの配合比別吸水厚さ膨張率



(a)茶葉配合ボード（製作後10ヶ月経過）
左写真：未処理、右写真：銅イオン処理



(b)茶がら配合ボード（製作後10ヶ月経過）
左写真：未処理、右写真：銅イオン処理

写真1 銅イオン処理と未処理の色合い比較

えてもらった。タバコの煙はタール分が12mgのタバコ1本分とした。このような方法なので、ふたの開け閉めの頻度が多くなると、臭いが散逸することが予想出来たため、同じ中身の箱を2箱ずつ製作して、10週目からはそれまでとは別の未使用だった箱を使用した。被験者は延べ322名で、延べ人数の年代別内訳は、10代50人、20代229人、30代1人、40代28人、50代13人、70代1人であった。香りの強さをどのように感じるかを問うた結果を時系列で図5に示す。茶葉や茶がらの香りを感じる人は25週間後であっても75%程度いる。感じないと答えた人は最大でも10%程度であった。このことから25週まででは香りを十分感じ取ることが出来ているといえる。茶葉と茶がらとで感じ方の違いは小さかった。次頁の図6に時系列での消臭効果に関する調査結果を示す。これは茶葉や茶がらボードとタバコの煙を入れた箱BとB'の臭いが、ボードだけの箱AまたはA'と比較してどのように差異があるかを聞いた結果である。基準となるのはタバコの煙だけのCの箱の臭いである。開始したばかりの0週では箱BまたはB'の臭いにタバコの臭いをはっきりと感じる人が8割以上いた。しかしながら時間と共にその割合は減少していき25週になると、タバコの臭いをわずかに感じる人が約3割、はっきりと感じるがタバコだけの箱Cよりやや弱いという人が5%程度であった。従って、ボードによる消臭効果が十分確認出来た。

II.6 抗菌性およびかび抵抗性

ボードの抗菌性は、JIS L 1902繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果に規定されているハロー試験法によった。ハロー試験とは菌を培養したシャーレに円形の試験片を置き、試験片の周囲に菌が繁殖しない部分（ハロー）が出来るかどうかを調べる定性試験である。試験菌種は黄色ブドウ球菌である。今回の試験に用いたボードは、素材の抗菌性を確認するため茶葉、茶がらとも100%、すなわちそれぞれ素材と植物素材の成形用接着剤だけを用いて作った。また、比較のためシナ合板、桧ストランドボードおよび綿の標準布も試験した。表4に試験結果を示す。ハローが確認されたのは茶葉、茶がら配合ボードとシナ合板であった。シナ合板の抗菌性は接着剤によると考えられる。ハローの幅から抗菌性が高いのは茶葉ボード、シナ合板、茶がらボードの順であった。定性的な試験ではあるが、これらのボードの抗菌性が確認された。

かび抵抗性はJIS Z 2911 かび抵抗性試験方法「6. 一般工業製品の試験」に基づいて行った。表5は、JISで示されている5種類のかび菌を試料に一定量噴霧して28日間培養後、かびの発育を目視で観察した結果である。結果では含水率約5%で配合率30%の茶がらボードにおいて菌糸の発育部分が全面積の1/3を超えてい

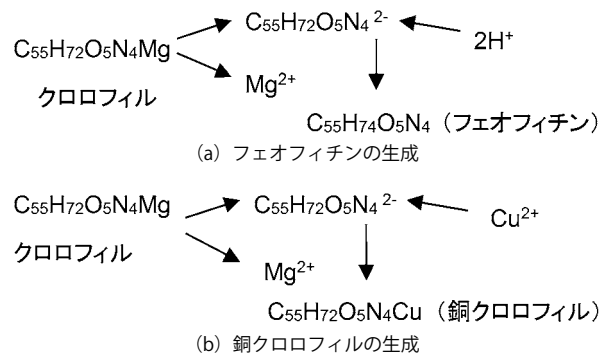


図4 銅イオン付加の概念

表3 箱の名称と内部状態

種類	内部状態
箱A・箱A'	茶葉配合ボード(箱A)・茶がら配合ボード(箱A')
箱B・箱B'	箱Aまたは箱A'にタバコの煙を加えた
箱C	タバコの煙

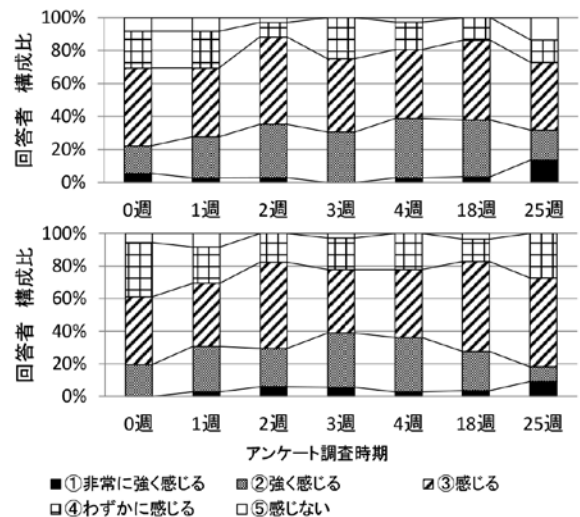


図5 香りの強さに関するアンケート結果 (上: 茶葉、下: 茶がら)

た。比較の対象とした桧ストランドボード(含水率約4%, 配合率30%)では発育が認められなかった。理由としては茶がらに菌が発育する栄養素が含まれているということが考えられる。

II.7 ホルムアルデヒド放散量

JIS A 1460 建築用ボード類のホルムアルデヒド放散量試験方法—デシケータ法によった。試料は含水率約5%の茶がらボード(配合率30%)と桧ストランドボード(含水率約4%, 配合率30%)である。両ボード共に定量下限値である0.10mg/Lを下回りJIS規格におけるF☆☆☆☆に相当し、使用面積には制限がかからない結果であった。

II.8 断熱性能

桧繊維を用いて密度を小さくした茶葉ボードを対象に断熱性能を調べた。ボードの密度は 0.30g/cm^3 一定として配合を決定した。大きさは、 250mm 角で厚さは 20mm である。試験はJIS A 1420 建築用構成材の断熱性測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法による。実験では熱箱の上部に供試体となるボードを設置して表裏の熱流と温度を測定した。比較のために既存の材料であるスタイロフォームやグラスウールについても同様に測定した。測定結果より算出された熱伝導率 (λ [$\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$]) を表6に示す。文献⁷⁾ではスタイロフォームやグラスウールの熱伝導率は、それぞれ $\lambda = 0.028\sim 0.040$, $0.042\sim 0.052$ となっているので、今回の各測定は妥当といえる。茶葉ボードは $\lambda = 0.079\sim 0.085$ となり、茶葉の配合比には依存していなかった。この値は木質繊維系のインシュレーションボード ($\lambda = 0.045\sim 0.070$) や塩化ビニールシート ($\lambda = 0.078$) などと比較的に近い値である。従って、断熱性能に関しては、スタイロフォームやグラスウールには劣るものの、断熱木毛セメント板 ($\lambda = 0.10$) よりは良く断熱効果が期待出来る。

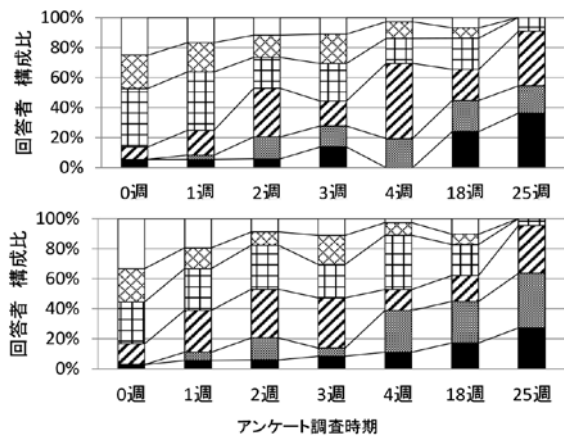


図6 消臭効果に関するアンケート結果 (上：茶葉、下：茶がら)

表4 ハロー試験結果

試料	ハローの幅 (mm)	ハローの有無
シナ合板 (コントロール)	2.5	有り
桧ストラッドボード	0	無し
茶葉配合ボード (配合比 100%)	4.5	有り
茶がら配合ボード (配合比 100%)	1.5	有り
標準布 (綿)	0	無し

表5 かび抵抗性試験結果

試料	試験結果※
茶がらボード	2
桧ストラッドボード	0

※試験結果の表記

0：試料に菌糸の発育が認められない。

1：試料に認められる菌糸の発育部分面積は全面積の1/3を超えない。

2：試料に認められる菌糸の発育部分面積は、全面積の1/3を超える。

表6 各材料の熱伝導率

試料	熱伝導率 λ ($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$)
茶葉配合ボード (配合比 50%)	0.085
茶葉配合ボード (配合比 30%)	0.079
茶葉配合ボード (配合比 10%)	0.082
スタイロフォーム	0.036
グラスウール	0.051

III. むすび

以上の実験結果から、以下のようなことが判明した。

- 1) はく離、曲げ強度については、茶葉なら配合比50%まで、茶がらなら同30%までならJIS規格18タイプの強度を満足していた。
- 2) 厚さ膨張率に関しては、茶葉は茶がらよりも吸水しにくく、厚さ膨張率は小さい。すべての配合比でJIS規格18タイプを満たした。
- 3) 茶葉や茶がらに銅イオンを付加すると、緑色が保持されることがわかった。これは現実的にも有用な方法であると考えられる。
- 4) 芳香、消臭性については、25週までではあるが、その効果が認められた。
- 5) 定性試験により、茶葉や茶がらボードには抗菌性があることが確かめられた。また、かびについては茶がらボード (含水率5%, 配合率30%) で菌糸の発育部分が全面積の1/3を超えていた。このため、茶がらボードは、湿度の高い場所には用いることができない。
- 6) ホルムアルデヒドの放散については定量下限値を下回り、JIS規格のF☆☆☆☆に相当している。
- 7) 密度を小さくした茶葉ボードの断熱性能に関しては、スタイロフォームやグラスウールには劣るものの、木質繊維系の軟質繊維板などと同程度であった。従って、断熱材として使用出来る。

以上のようなことから、茶葉や茶がらを用いたボードは、配合比や含水比に注意すれば、実建築物に使用出来ると考えられる。

IV. 今後の課題

茶がらは副産物として大量に排出されるが、含水率が大きく、かつ温度も高いので、比較的短時間でかびが発生する。このような茶がらを有効に利用するには、エネ

ルギーを極力かけないで乾燥しなければならない。どのようにして行うかが今後の大きな課題である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、(株)エスウッド長田剛和代表取締役には実験や資料の整理全般にわたって協力を頂いた。心よりお礼申し上げます。また断熱性試験は大阪市立大学大学院梅宮典子教授のご指導を受けた。厚く謝意を表します。また、京都府農林水産技術センター原口健司専門幹、東京都立産業技術研究センター瓦田研介グループ長、(株)伊藤園開発部佐藤崇紀氏には貴重なご助言を頂いた。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) (株)伊藤園：特開 2002-321205, 2002
- 2) 下村 孝：都市における緑の効用—身近な緑がもたらす心身の健康と人間らしい生活, Urban Advance No.44, pp.13~21, 2007.10
- 3) ぎふ性能表示材認証センター：ぎふ性能表示材p.1-3
- 4) 大阪市立工業研究所・プラスチック技術協会：プラスチック読本（第20版）
- 5) 吹野, 堀江, 下久根, 小川：ストランド・パーティクルボード (SPB) の製造技術 (第3報), 木材学会誌 Vol.53, No4, p.187-193 (2007)
- 6) 原口, 上野：茶葉抽出残渣等の効果的利用法の開発, 京都府中小企業技術センター技報, No.36, pp.16~26, 2008
- 7) (一社)日本建築学会：建築材料用教材, 2013