

# 15 木材・プラスチック複合材の成形方法と質感評価に関する研究

横山詔常, 山本 健, 佐野 誠, 築山健一\*

Study of forming method and texture evaluation of wood plastic composite

YOKOYAMA Noritsune, YAMAMOTO Ken, SANNO Makoto and TSUKIYAMA Kenichi

The purpose of the study was to examine the effects of wood powder size of wood plastic composites (WPC) and kneading torque on surface color tone and water absorbability, and to establish evaluation method of wood texture about WPC. Surface color tone, and weight increase rate after immersing in warm water were evaluated using WPC samples formed by kneading Japanese cedar and polypropylene. The surface characteristics of wood and commercial WPC were evaluated by image analysis and surface roughness test. The results were as follows:

Brightness index, L\* value, of WPC formed by large wood powder were larger than by small. In case of low torque of kneading, weight increase rates of WPC formed by large wood powder were higher than by small. The difference between WPC and wood is clearly by 1/f fluctuation analysis and surface roughness test, and the evaluating method of the woody texture was established.

キーワード：ウッドプラスチック, 成形条件, 木粉粒度, 質感

## 1 緒 言

混練型の木材・プラスチック複合材（以下、WPC）は環境に配慮された材料として注目され、エクステリア部材への利用を中心としてその生産量は年々増加している。

WPC は材料の組成比などに応じて性能を変化させることが可能なため、用途に対応した最適な性能を提供することが出来る。また、各メーカーとも成形時やその後の表面処理過程において材料表面に加飾を施して、木質感の向上を目指している。

しかし、吸水性や色など各性能を向上させる最適な成形条件の特定や木質感向上のための表面物性の特定、評価手法の構築など課題は多く残されている。

そこで、本研究では次の 2 種類の実験を実施し、WPC 開発技術の向上を目指した。

- 1) 木粉の粒度と混練トルクを変化させた場合の WPC の色および吸水率への影響（WPC の成形方法の検討）
- 2) WPC と木材の表面物性による木質感評価法の構築

## 2 WPC の成形方法の検討

WPC 成形のための木粉粒度を変化させた場合の色、および吸水による重量増加率を検証した。

### 2.1 方法

WPC サンプル生成のための成形条件、試験方法は、以下のとおりである。

木粉は、スギ (*Cryptomeria japonica D. Don*) をウイレー式粉碎機で粉碎し、ふるいで 53  $\mu\text{m}$  以下、53~150  $\mu\text{m}$ 、150~300  $\mu\text{m}$ 、300~500  $\mu\text{m}$ 、500~1000  $\mu\text{m}$  の 5 段階に分級したものを用いた。プラスチックは、適正溶解温度 180°C のポリプロピレン（以下 PP）を用い、相溶化剤としてユーメックス CA60（三洋化成工業（株））を木粉および PP の総質量に対して 0.5wt% 混合した。

混練はラボプラストミル（株）東洋精機製作所、4C150、ローラミキサ R30）を用いた。ローラミキサ内の温度を 180°C とし、回転速度 100rpm で 2 分間混練した。ミキサ内への材料投入量を調整することで、トルクを 2 段階に調整した。その後、材料を金型（内寸法 60mm × 80mm）に入れ、熱板温度を 250°C に設定したホットプレス上に設置した。金型側面の温度が 180°C を超えたことを確認した後、加圧を開始した。約 300MPa で加圧しながら冷却し、成形物を金型から取り出して試験片とした。

測色は、色差計（BYK Garolner spectro-guide 4510 gloss）を用いた。JIS K 5600 に基づき、CIELAB 色空間を用いて試験片の色調を計測した。

JIS Z 2101 による吸水性試験では、吸水面以外をパラフィン等で被覆した試験片を温度 25°C の水中に 24 時間浸せきさせて、吸水率を求めている。しかし、WPC の吸水率は一般的に低いいため、吸水を促進させて試験片間の差を顕著にさせる目的で、温度 40°C の水中に浸漬させた。20 × 80mm の試験片の質量を測定した後、温度 40°C の水中に 24 時間放置した。その後、質量を測定して、質量増加率を算出した。

\*広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター

## 2.2 結果と考察

測色の結果を図1に示す。木粉が大きいと、明るさを表す  $L^*$  値が大きくなり、プラス領域で赤みを表す  $a^*$  値およびプラス領域で黄みをあらわす  $b^*$  値は  $300\sim 500\mu\text{m}$  の木粉を使った WPC が最も大きくなった。

吸水性試験による質量増加率を図2に示す。混練トルクが低い場合、木粉が大きいと吸水による質量増加率が高い傾向が見られた。トルクの不足により十分に混練されていないことなどが原因として考えられる。

各 WPC の外観を写真1に示す。目視による評価では、木粉が大きいと WPC は木質材料の外観に近く、小さいとプラスチック材料の外観に近くなった。

これらのことから、WPC の吸水による質量増加率の低減を目指すには、混練トルクを十分高くし、木粉の粒度を小さくする事が有効であるが、木材の風合いは弱くなる可能性があるため注意が必要である。

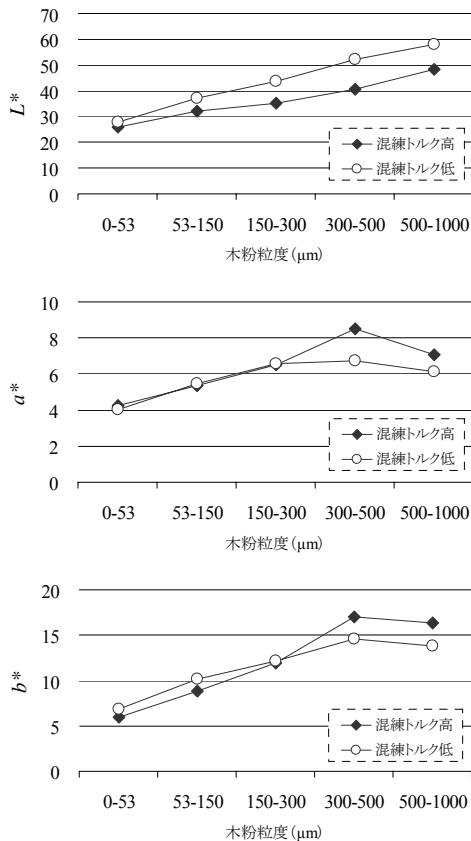


図1 測色結果 (上段から  $L^*$  値,  $a^*$  値,  $b^*$  値)

## 3 WPC の木質感の評価手法の検討

木材と WPC の表面物性の違いを画像処理による  $1/f$  ゆらぎ解析と表面粗さ試験より把握し、木質感の評価方法について、検証することを目的とした。

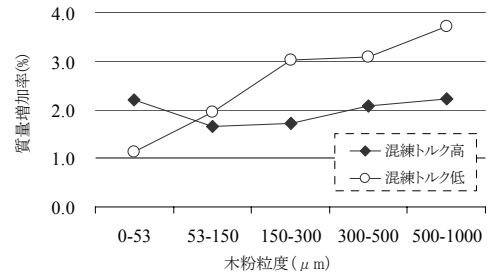


図2 吸水性試験による質量増加率

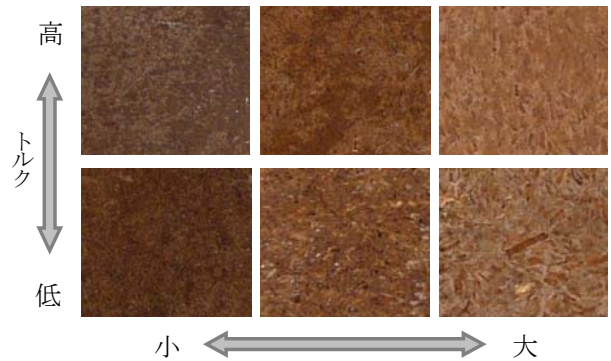


写真1 WPCの外観

## 3.1 方法

### 3.1.1 $1/f$ ゆらぎ解析

$1/f$  ゆらぎは、自然界に普遍的に存在する空間的、時間的な変化の現象であり、周波数分析で得られたパワースペクトルが周波数に反比例するゆらぎのことである。その反比例するゆらぎ波形の傾きが急なほど突発的な変化が少なく単調な印象となり、傾きが緩やかであれば突発的な変化のある印象となり、さらに傾きが0になると白色ゆらぎになるといわれている<sup>2)</sup>。

本研究では  $60\text{mm}$  角のサンプル (木材 8 種類, WPC15 種類) をデジタルカメラ (Nikon D80, マクロレンズ使用) にて撮影し、 $256 \times 256\text{pixel}$ , 256 階調の濃淡画像とした。この 256 階調のデータから 2 次元 FFT を行い、得られたパワースペクトル、空間周波数を対数化し、 $1/f$  ゆらぎ波形を算出した (図3)。この波形の回帰直線の傾きと回帰式の当てはまり具合 (回帰式の精度) である決定係数 (相関係数の 2 乗) を  $1/f$  ゆらぎ成分のパラメータとした。

### 3.1.2 表面粗さ

上記サンプルの内、木材 5 種類, WPC10 種類を非接触式の表面粗さ計 (三鷹光器 (株) NH-3) により計測した。計測条件として、木材は繊維直角方向, WPC は柎目に対し直角な方向とし、計測ピッチを  $5\mu\text{m}$ , 範囲を  $16000\mu\text{m}$  とした。JIS B 0633 : 2001 を参考に、カットオフ  $8\text{mm}$  とし、粗さパラメータを算出した。ここでは、算術平均

高さ ( $Ra$ ) と平均長さ ( $RSm$ ) を取り上げる (図 4)。サンプル表面の計測位置を変え 3~5 回計測した。

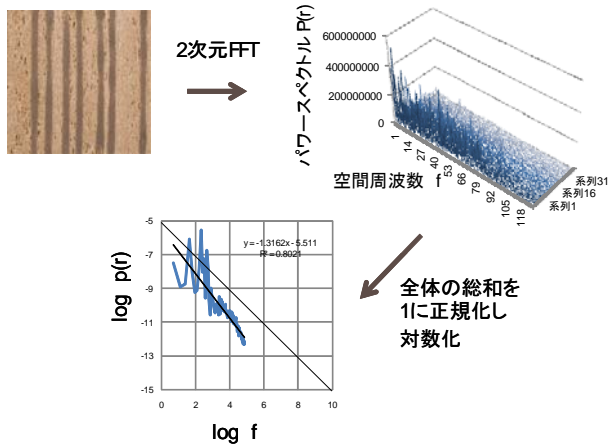


図 3 1/f ゆらぎ波形の算出手順

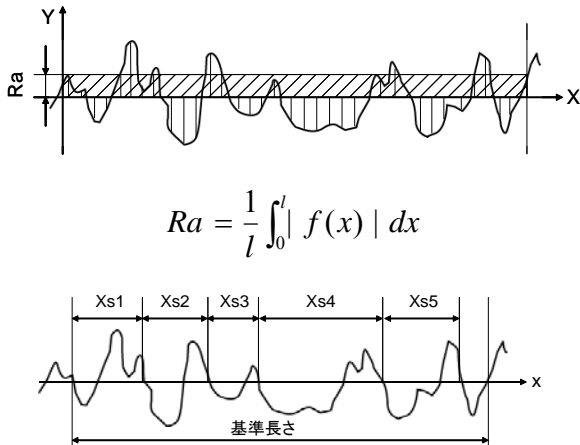


図 4 表面粗さ評価パラメータ  
(上段：算術平均高さ，下段：平均長さ)

### 3.2 結果

#### 3.2.1 1/f ゆらぎ解析

図 5 に 1/f ゆらぎ波形例を示す。WPC は木材に比べ、傾きが小さいことが分かる。1/f ゆらぎ波形を回帰分析した際に得られる「傾き」と「決定係数」を軸とし、各サンプルの分布を図示した (図 6)。

特徴として、木材は傾き-1.7~-1 の範囲で、決定係数は 0.5 以上であり、WPC は、傾き 0.3~1.3 の範囲で、決定係数は 0.5 以上と 0.5 以下の 2 グループに分布し、木材と WPC の表面特性の違いが明確に分類することができた。

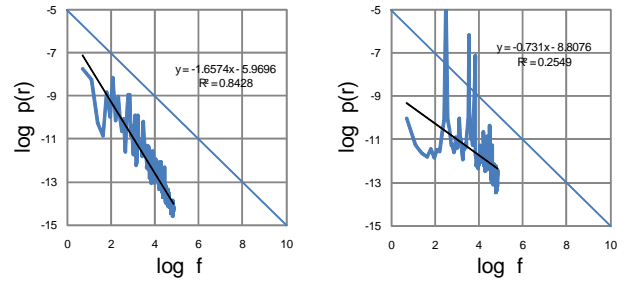


図 5 1/f ゆらぎ波形例  
(左：木材 No. 01，右：WPC No. 15)

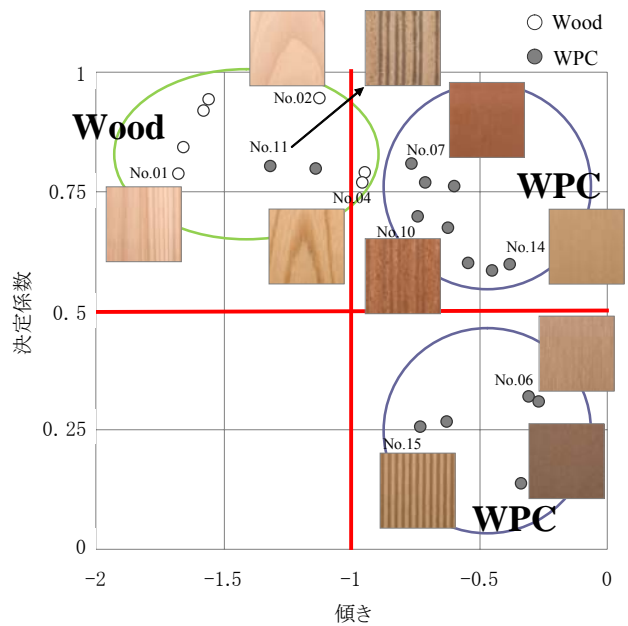


図 6 ゆらぎパラメータ成分の分布

#### 3.2.2 表面粗さ試験

図 7 に算術平均高さと平均長さの結果を示す。これにより、WPC は木材と比べ、算術平均高さ、平均長さとも値が大きい傾向であった。

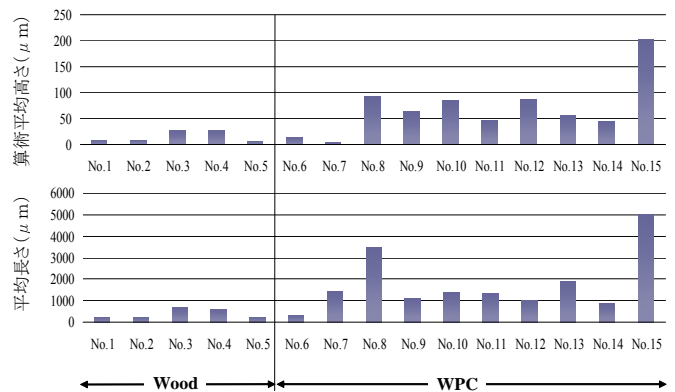


図 7 算術平均高さと平均長さの結果

### 3.3 考察

1/f ゆらぎは、前述したとおり、ゆらぎの傾きが急なほど突発的な変化が少なく単調な印象となり、傾きが緩やかであれば突発的な変化のある印象となる。今回用いた木材の柾目は、ゆらぎの傾きが-1.5周辺のゆらぎが多く、自然な木材の柾目の特徴といえる。WPC でも等間隔の柾目模様加工されているサンプル (No. 15) では、柾目加工により素地が露出し、その急な明度差にて突発的な変化が大きく、高周波数帯域に特徴的なパワースペクトルのピークが存在する (図 5)。このことにより、ゆらぎ傾きが緩やかになり、決定係数が低くなっていると考える。

WPC の中でもサンプル No. 11 は木材に近い値である (図 6)。他の WPC と比較して、これらは素地が粗く、柾目模様が等間隔でなく、柾目模様と素地の明度差があることが特徴として挙げられる。

しかし、表面粗さ (図 7) から分かるように WPC は、木材と比べ、表面の凹凸は粗く、きめ細かい表面処理になっていない。

現在生産されている WPC 素材は、木質感のための表面処理に工夫がされているが、表面粗さを抑えつつ木材のもつゆらぎの両方を満たすまでには至っていない。更なる加工方法の改善が必要であり、改善ができたか判断するための評価方法が必要である。

その WPC の木質感の評価方法は、自然の木目の明度差を把握するための 1/f ゆらぎ解析と表面のきめ細やかさを計測するための表面粗さ試験の両方にて検討する必要があると考える。

特に、自然の木材の柾目模様のもつゆらぎ成分を抽出するために、従来の 1/f ゆらぎ解析での回帰直線の傾きだけではなく、決定係数も評価パラメータとして取り入れると木材と WPC の表面特性の違いが明確になった (図 5)。決定係数を取り入れることにより、人工的で不自然な明度差を抽出することが可能である。

また、人間の目視による官能評価とともに、1/f ゆらぎの回帰直線の傾きが-1.5周辺 (-1.7~-1)、決定係数が 0.5 以上、表面粗さの算術平均高さ  $40\mu\text{m}$  以下、平均長さ  $800\mu\text{m}$  以下を設定することで、木材同等の表面質感を有するかどうか評価できる可能性が示唆された。

さらに、WPC の木質感を高めるためには、表面処理に施す粗さ加工による粗さを少なくするとともに、低い周波数帯の明るさの変化を付与する。また、柾目模様の木目加工時に、成形後のプラスチック様の素地が見えないようにし、高周波数帯の明るさの変化を抑えることが必要であることが分かった。

## 4 結 言

木材・プラスチック複合材の加飾性を向上させるために、成形条件が製品性能に及ぼす影響を検証するとともに、木材と WPC の表面物性の違いから木質感を評価する手法について検証し、次の知見が得られた。

- (1) 木粉の粒度が大きいほど明るさを表す  $L^*$ 値が大きくなる。また、木粉と PP の混練トルクが低い場合、吸水による質量増加率は、木粉の粒度の影響を受けやすいため、粒度が大きいほど吸水による質量増加率が大きくなり注意が必要であることが分かった。
- (2) 1/f ゆらぎ波形の回帰直線の傾きと決定係数、表面粗さの算術平均高さ、平均長さにより WPC と木材の表面物性の違いを把握し、新たな木質感の評価手法の可能性を見出すことができた。また、木材同等の表面質感を有するための目標値を推定する方法、さらに、WPC の木質感を向上させるための表面加工方法の知見を得ることができた。

## 謝 辞

本研究を推進するにあたり、WPC の成形条件が性能に及ぼす影響について、平成 19 年度地域産業活性化支援事業を活用した。実験装置の提供と助言を頂いた産業技術総合研究所中部センター サステナブルマテリアル研究部門 木質材料組織制御研究グループの皆様には謝意を表す。また、表面質感について多くの助言を頂いた広島国際大学柳瀬徹夫教授に謝意を表す。

## 文 献

- 1) (社)日本木材加工技術協会：ウッドプラスチックのしおり  
[http://www.soc.nii.ac.jp/wtak/wpc\\_r/intro\\_wpc.html](http://www.soc.nii.ac.jp/wtak/wpc_r/intro_wpc.html)
- 2) 武者利光：ゆらぎの世界，講談社，1980