

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580189

研究課題名（和文） 木質高配合混練型WPCの添加剤による性能向上発現機構の解明

研究課題名（英文） Elucidation of the performance enhancement expression mechanism by additives for high wood loaded wood-plastic-composites

研究代表者

木口 実 (KIGUCHI MAKOTO)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域・室長

研究者番号：50353660

研究成果の概要（和文）：木質割合を高めた木材・プラスチック複合材の強度性能や耐候性を向上させるために、可塑性を持つ木材成分由来の添加剤により強度性能を向上させた。また、プラスチック用の紫外線吸収剤(UVA)と光安定化剤(LS)によるWPCの耐候性向上を検討した結果、UVAは主に光変色を抑制し、一方光安定化剤はチョーキング（粉吹き現象）を抑制することが分かった。更に、UVAとLSを組み合わせることで高い変色及びチョーキング両方の抑制に成功した。

研究成果の概要（英文）：For improving mechanical strength and weatherability of wood-plastic composites (WPC) with high wood loaded, mechanical strength was improved by plasticity additives made from woody chemical components. And, improvement of weatherability of WPC by ultra violet ray stabilizers (UVAs) and light stabilizers (LS) for plastic use was evaluated, and UVA mainly decreased color changes and LS reduced chalking. Furthermore, good depression effects for both color change and chalking were achieved by combination of UVA and LS.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林圏科学・木質科学

キーワード：相溶化剤、添加剤、混練型WPC、耐候性

1. 研究開始当初の背景

木粉とポリエチレンやポリプロピレン等のオレフィン系熱可塑性プラスチックを混練し成形した「木粉・プラスチック複合材 (Wood fiber-plastic Composites; 混練型 WPC)」

(以下WPCと略する) は、廃棄物としての木粉やプラスチックを原料にできることから、環境に優しい資材として世界的にその生産量が急増している。WPCは繊維形態を持たない微細な木粉も利用できるため、林地残材等の未利

用木質バイオマスの有効利用に適した材料である。また、射出成形や押出成型が可能であることから、石油系プラスチックを代替できる可能性を持っている。

WPC の性質は木粉含有率に大きく影響されるため、木粉割合によってその性能が異なる。申請者らは、これまでエクステリア用 WPC の水分浸透機構とこれによる物性や耐久性の変化挙動を明らかにした。木粉の配合は WPC に負の効果を与える場合が多いが、一方では曲げ強度や表面の木質感、熱膨張性等が改善され、LCA 的にもカーボンニュートラルである木材の割合が高い方が好ましい。このため、木粉含有率を向上させた WPC の性能を向上させることができれば、日用品等の石油系プラスチックを代替できる可能性があり、これによって化石資源の使用を抑制し、未利用の木質バイオマスの有効利用にも貢献できる。申請者らは木質含有率の高い WPC に相溶化剤や紫外線吸収剤等の添加剤を加えることにより、強度性能や耐水性能、耐候性能等が著しく向上効果することを見出した。添加剤の性能向上機構が解明されれば、新たな添加剤の開発や WPC の大幅な性能の向上が期待でき、化石資源を原料とするプラスチックを代替できる可能性がある。

2. 研究の目的

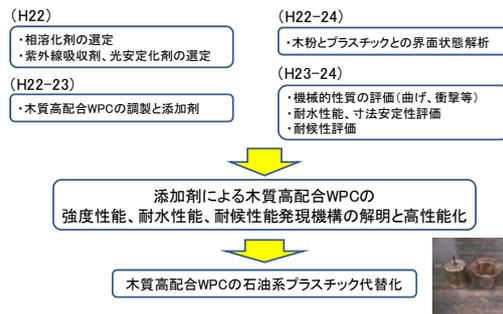
相溶化剤や紫外線吸収剤等の添加剤を用いて木質含有割合の高い木粉・プラスチック複合材（木質高配合混練型 WPC）の強度性能及び耐候性能を向上させ、その機構を明らかにして、WPC の石油系プラスチック代替のための性能向上に資することを目的とする。

3. 研究の方法

以下の研究方法により木質配合割合の高い WPC の添加剤による性能向上機構を解明する。

研究のキーポイント

- ①相溶化剤による木粉とプラスチックとの界面分析
- ②添加剤の組合せによる相乗効果の発現
- ③表面分析による添加剤の性能向上効果の把握



(1) 各種相溶化剤を添加した WPC 内における木粉とプラスチックとの界面状態を SEM 等の顕微分析、XPS や FTIR (ATR 法) 等の表面分析により明らかにする。

(2) 各種相溶化剤を添加した木質高配合 WPC の強度性能（曲げ強度、衝撃強度）、耐水性能、寸法安定性能の評価を行う。

(3) 各種紫外線吸収剤、光安定化剤を単独あるいは組合せて添加して WPC を調製し、促進耐候性試験及び照射波長を変えた光照射試験を行い、WPC 表面を XPS や FT-IR により分析し耐候性を評価する。

4. 研究成果

(1) WPC の性能を向上させる相溶化剤の検討

①可塑剤効果を持つ相溶化剤の調製

高木質充填の WPC の調製のために、木材率を低下させることなく、コンパウンドの可塑化を達成する目的で、木材成分に長鎖のポリオキシエチレンをグラフトすることによる可塑剤効果を持つ相溶化剤の調製を試みた。粘弾性試験の結果から、可塑剤を用いることにより成形温度での弾性率が低下することが明らかとなった。可塑剤を添加することにより、曲げ強度をほとんど低下させることなく、伸び性能を向上させることができた。

②木材成分由来添加剤の調製

動的粘弾性の温度依存性の評価や力学試験、顕微鏡観察等を行い添加物が木材とプラ

スチックの強度性能、耐候性能に及ぼす影響を検討した。溶媒に高級脂肪族アルコール及びポリオキシエチレンを用いた木材の加溶媒分解生成物を添加剤として WPC に添加し、その効果を評価した。高級脂肪族アルコールを用いた系において、衝撃強さはコントロールと比較し 10%程度向上した。熱流動性試験の結果から、加溶媒分解生成物が可塑剤として働いていることが明らかとなった。特に、高級脂肪族アルコールを用いた系では熱流動開始温度が著しく低下し、流動速度が上昇した。木材の加溶媒分解生成物の添加による熱流動性の向上により、木材含有率の増加、製造負荷の低減等が期待できる。

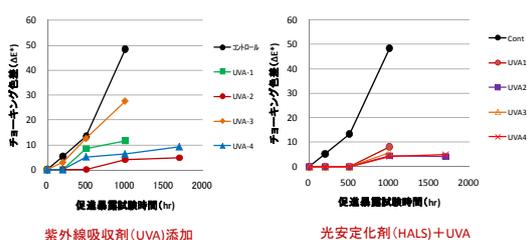
(2) WPC の添加剤による耐候性の向上

① 添加剤の違いによる劣化抑制効果の違い

各種紫外線吸収剤 (UVA)、光安定化剤 (HALS) を単独あるいは組合せて添加し、促進暴露試験及び屋外暴露試験により耐候性を評価した結果、短期間の試験であるが暴露試験後でもほとんど変色あるいはチョーキングが発生しない処方を見出した。表面劣化において、暴露後の表面色調の変化とチョーキングの発生は反対の傾向を示すことが示唆された。

促進耐候性試験を行った結果、紫外線吸収剤は比較的短波長のものが耐候性向上効果が高く、光安定化剤ではオレフィン用ならばほとんどの安定化剤で耐候性向上効果が認められた。また、屋外暴露試験により WPC を垂直、45 度傾斜、水平で暴露して評価を行った結果、表面を研削した方がチョーキングが発生しやすいが変色は研削しない面より抑制する傾向を示した。1%程度の相溶化剤の配合は、表面変色、チョーキング共に配合率による違いはほとんど無かった。

光安定化処理によるチョーキングの低減効果
(木粉約50%、茶色系顔料添加)

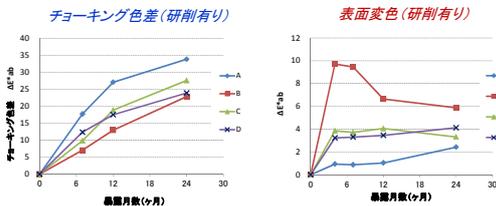


② UVA と HALS の添加による耐候性向上

添加剤の耐候性向上効果を実際の製品に適用するために、これまでの研究結果から得られた紫外線吸収剤及び光安定化剤の中から効果の高い配合を実大試験片に行い、屋外暴露試験により耐候性を評価した。また、実際に屋外で使用する混練型 WPC の寸法変化の経時測定を行い、木粉含有率の違いによる寸法変化の傾向を把握し、実際の WPC 製品の屋外での性能評価を行った。実大試験片に添加した光安定化剤は、①ベンゾフェノン系紫外線吸収剤 (BP-UVA)、②セバケート系光安定化剤 (SE-HALS)、③BP-UVA + SE-HALS、④BP-UVA + マロネイト系 HALS (MA-HALS) の 4 種類であり、これを水平暴露試験を行った。屋外暴露試験 24 ヶ月の表面変色では、①の配合が最も変色が小さかったが、他の添加剤との差は小さかった。チョーキング (粉ふき現象) では、試片表面を白布で擦って粉がついた箇所の色差を測定したチョーキング色差を求めた結果、UVA 単独の①よりも HALS との併用の③、④の方がチョーキング抑制効果が高い傾向を示した。WPC の屋外使用で変色やチョーキングと共に問題となっているのが寸法変化である。試験片の長さ方向及び幅方向の変化では、暴露 5 年後までほとんど変化しなかったが、厚さ方向は平均で 0.06% の膨潤が認められ、試験 5 年以降も膨潤傾向が継続した。暴露角度の影響では、寸法変化及び色差は水平暴露より南面 45 度傾斜暴露の方が若干大きくなる傾向が認められた。

光安定化剤を添加した実大混練型WPCの耐候性
(水平屋外暴露試験2年)

Symbol	wood flour (w%)	PP (w%)	pigment (w%)	compatibiliser (w%)	lubricant (w%)	UVA (type-w%)	light stabilizer (w%)
A	46.1	41.5	2.3	4.6	0.9	BP-4.6	none
B	44.1	39.7	2.2	4.4	0.9	none	S-8.8
C	46.1	41.5	2.3	4.6	0.9	BP-2.3	S-2.3
D	46.6	42	2.3	4.7	0.9	BP-2.3	M-1.2



以上の成果は、学会で発表した他、WPCの製品JIS制定委員会（事務局(社)日本建材・建築設備産業協会）において参考資料として提出した。また、企業において本成果を活かした高耐候性WPCの製品化が検討されている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計7件）

- ① 木口実、木質バイオマスを原料とする木材・プラスチック複合材の高性能化技術、生物資源、査読無、5、2012、94-104
- ② 木口実、環境資材として注目を集める木材・プラスチック複合体(WPC)、木材工業、査読有、67、2012、507-511
- ③ 木口実、木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の規格動向、木材保存、査読有、38、2012、94-104
- ④ 木口実、小林正彦、木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の性能と技術動向、木材工業、査読有、37、2012、50-55
- ⑤ 木口実、エクスエリア部材への木材利用、季刊森林総研、査読有、19、2012、10-11
- ⑥ 木口実、木粉・プラスチック複合材（混練型 WPC）の耐久性（2）土中埋設試験による耐朽性評価、木材保存、査読有、36、2010、150-157

- ⑦ 木口実、木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）の耐久性と耐候性、塗装工学、査読有、45、2010、223-230

〔学会発表〕（計6件）

- ① 木口実、混練型 WPC の屋外暴露試験による耐候性評価、日本木材学会大会、2013. 3. 27、岩手大学教育学部（盛岡市）
- ② 木口実、小林正彦、片岡厚、川元スミレ、松永正弘、松永浩史、大友祐晋、混練型 WPC の各種配合構成が耐候性に及ぼす影響、日本木材学会大会、2012. 3. 16、北海道大学農学部（札幌市）
- ③ Makoto Kiguchi, Yutaka Kataoka, Masahiko Kobayashi, Sumire Kawamoto, Hiroshi Matsunaga, Yushin Ohtomo, Decreasing the incident of chalking of weathered wood flour polypropylene composites by UVA and HALS, 5th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium, 2011.9.26, Biarritz (France)
- ④ Masahiko Kobayashi, Yutaka Kataoka, Sumire Kawamoto, Makoto Kiguchi, Effects of additives derived from wood components on physical properties of wood-plastic composites (WPCs), 5th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium, 2011.9.26, Biarritz (France)
- ⑤ Masahiko Kobayashi, Makoto Kiguchi, Yutaka Kataoka, Sumire Kawamoto, Effects of Compatibilizers Derived from Wood Chemical Components on Viscoelastic Properties of Wood-Plastic Composites, 11th International Conference on Wood & Fiber Plastic Composites, 2011.5.16, Madison (USA)

- ⑥ 小林正彦、混練型 WPC の物性に及ぼす木材の加溶媒分解生成物の添加効果、日本木材学会、2011. 3. 19、京都大学百周年記念館（京都市）

〔図書〕（計 1 件）

- ① 木口実（共著）、サイエンス&テクノロジー、材料の表面機能化設計テクノロジー、2010、410-417

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木口 実 (KIGUCHI MAKOTO)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域機能化研究室・室長

研究者番号：50353660

(2) 研究分担者

片岡 厚 (KATAOKA YUTAKA)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域・チーム長

研究者番号：80353639

松永浩史 (MATSUNAGA HIROSHI)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域木材保存研究室・主任研究員

研究者番号：80391184

小林正彦 (KOBAYASHI MASAHIKO)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域機能化研究室・主任研究員

研究者番号：00397530