

	エヘ ケン仔
<b>氏 名</b>	<b>江部 憲一</b>
本籍（国籍）	山形県
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	連研第 667 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学
<b>学 位 論 文 題 目</b>	<b>混練型 WPC の耐候性に関する研究（The study of weatherability of wood plastic composites）</b>
学位審査委員	主査 岩手大学 教授 関野 登 副査 小藤田 久義(岩手 准教授)、高橋 孝悦(山形 教授)、石川 幸男(弘前 教授)

## 論文の内容の要旨

混練型 WPC（Wood Plastic Composites、以下 WPC）は、木粉と樹脂を溶融混練し、押出成形して得られる材料である。性能面に加え環境負荷の面からも、木材にくらべ優れた特徴を有している。性能面では、構成の約半分が樹脂であるため、木材に比べ耐候性が高い点があげられる。この利点を生かし、現在ではデッキ材として多く利用されている。また、木材では困難な中空材料を成形することもでき、部材の軽重化も容易に実現できる。さらに原料として、建築廃木材や廃プラスチックを活用できるため、環境の面でも優れている。しかし、WPC の長所とされる耐候性能に関して、未だに発生メカニズムが不明な表面劣化不良現象がある。したがって、これらの発生メカニズムを明らかにできれば、WPC のさらなる耐候性能向上を実現することが可能になると思われる。そこで本研究では、WPC の各種表面劣化現象に関する基礎的な研究に取り組んだ。

### 【研究①】WPC の表面劣化解析 ―屋外暴露により発生するチョーキングの解析―

WPC の表面劣化現象の一つに、チョーキング現象（表面に粉状の物質が発生する現象）がある。これについては、表面層に光安定化剤を導入することで問題は解決されているものの、光安定化剤の使用はコスト増につながるため、よりコストの低いチョーキング抑制技術を開発する必要がある。しかし、そもそもなぜチョーキングが発生するのか、その発生メカニズムがこれまで明らかにされていなかった。そこで、チョーキング発生メカニズムを明らかにすることを試みた。WPC（樹脂：ポリオレフィン（ポリエチレンおよびポリプロピレン））の全国屋外暴露試験を実施し、チョーキング量を評価した。気象因子による統計解析の結果、チョーキング発生は主に気温と日射量に大きく影響を受けることを明ら

かにした。加えて劣化表面層の機器分析から、チョーキングは、表面層の木材成分のリグニン成分の劣化および、ポリオレフィン特にポリプロピレン成分の酸化劣化と低分子化がともに生じることによって発生することを明らかにした。

#### 【研究②】WPCの表面生物汚染解析

WPCの耐候性に関するもう一つの問題が、表面生物汚染現象である。日本では主に濃色系の顔料でWPCを着色するため、これまでは大きな問題にならなかった。しかし、淡色系の製品を今後多く展開していく場合、生物汚染が問題となると思われる。にもかかわらず、WPCの表面にどのような汚染菌がどの程度繁殖するのかといった基礎的な検討は、これまでほとんど行われてこなかった。そこで、WPCの表面生物汚染に関する基礎的研究に取り組んだ。全国屋外暴露試験片を用い、画像解析および表面汚染菌種分析から発生メカニズムを検証した。画像解析により、黒色生物汚染は屋外暴露台の設置環境や気象因子に大きく影響を受けることを明らかにした。すなわち、WPCが地面に近い場所に設置されるほど、屋外設置初期から菌の繁殖が生じやすい可能性が示された。さらに、気温が高いほど菌もより繁殖するが、雨量が少なければ繁殖しにくい可能性も示された。さらに菌種分析から、表面黒色汚染菌は、*Aureobasidium pullulans* と *Phaeococcomyces* sp であることを明らかにした。

【研究③】WPCの表面劣化解析 ―チョーキングを再現する促進暴露試験法の提案―  
屋外暴露試験は、材料の耐候性能を評価するのに適した方法である。しかし今後、よりコストの低いWPC高耐候化技術を開発する場合、開発材料をその都度屋外暴露試験で評価しては、開発に長時間を要してしまう。そこで、工業材料では一般に、促進耐候性試験による評価が行われる。しかしWPCでは、屋外暴露試験と促進暴露試験の相関について検証した例は少ない。そこで、WPCのチョーキング現象に関して、促進暴露試験と屋外暴露試験の相関性を明らかにすることを試みた。キセノンランプ法による促進暴露試験を行い屋外暴露試験のチョーキング量と比較し、両試験法の相関性に関して解析した。解析の結果、本研究の条件による促進暴露試験を行った上で試験片を超音波洗浄すれば、屋外暴露とほぼ同様のチョーキング発生状態を再現できることを明らかにした。またその際の促進係数は8.1であり、塗装木材の表面変色に関する促進係数とほぼ同じ値であった。また各種機器分析から、木材成分の劣化に加えてポリプロピレンの劣化も激しいことが明らかとなり、これは屋外暴露試験の結果とほぼ同様の結果であった。すなわち、促進暴露試験によって、屋外暴露試験におけるWPC表面の劣化状態をある程度再現できることが、機器分析からも明らかとなった。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、木粉と樹脂を溶融混練して製造される混練型WPCの耐候性に関して、発生メカニズムが未解明な表面劣化現象を詳細に分析し、さらに耐候性評価のための促進劣化

試験方法の提案を行ったものである。まず、表面劣化である一つであるチョーキング現象（粉状物質の発生）を全国7地点における2年間の屋外暴露試験により調べ、その発生量は主に気温と日射量に支配されること、メカニズムとして木粉リグニン成分の分解およびポリプロピレンの酸化劣化と低分子化が大きく関与することを機器分析により明らかにした。続いて、屋外使用における黒色生物汚染を表面の画像解析により定量化し、土壌との遠近、気温、雨量といった使用環境との関係を明らかにするとともに、表面黒色汚染菌が *Aureobasidium pullulans* と *Phaeococcomyces sp* であることを明らかにした。さらに、キセノンランプ法による促進劣化試験において、超音波洗浄条件を加えると屋外暴露のチョーキング発生が再現できること示し、得られた促進係数 8.1 倍が塗装木材の表面変色に関する促進係数とほぼ同じ値であること、主たる劣化要因がポリプロピレンの酸化劣化であり、屋外暴露と同様の劣化メカニズムであることを機器分析により明らかにした。

申請者の研究成果は、混練型WPCの耐候性向上に資する数々の有益な知見を得ており、本審査委員会は本論文を博士（農学）の学位論文として十分に価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. Kenichi Ebe, Noboru Sekino (2015)

Surface deterioration of wood plastic composites under outdoor exposure, J Wood Sci 61 (2), 143 - 150.