

氏名	はりま いっせい <b>播摩 一成</b>
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第815号
学位授与の日付	平成28年9月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	<b>自動車構造体に適用可能な生産性の高い射出成型用複合樹脂材料の機械的特性向上の研究</b>
審査委員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 教授 横山敦士 長岡国際技術士事務所社長 長岡 猛 東華大学準教授 陽 玉球

### 論文内容の要旨

世界各国のCO2規制に対して各自動車メーカーは、あらゆる手段で燃費の向上に向けて技術革新を実施している。その大きな手段である樹脂複合材料を用いた軽量化技術において、複合材料の機械的特性の向上が重要な課題である。本研究の目的は、生産性の高い射出成形用の樹脂複合材料の機械的特性を向上させる技術を開発し、自動車構造部品に幅広く展開することである。

本論文は、6章で構成されており、第1章においては、自動車業界での技術革新と現状について述べ、本研究の意義を示した。以下に各章の要約を示す。

第2章では、射出成形用の長ガラス繊維/ポリプロピレン(GF/PP)、長炭素繊維/ポリプロピレン(CF/PP)の成形品の射出成形後の繊維長を測定し、機械的特性との関係を検証し、曲げ特性における最適な繊維長を見出した。繊維長は成形時のせん断抵抗、流動抵抗によりGF/PPにおいては元のペレット長に比較して46~60%に低減したが、CF/PPは元のペレット長に関係なく、一様に3.2mm程度になった。GF/PPの場合、短繊維ペレットを10%配合する事により、長繊維の配向が流動方向に整列され、かつ繊維長が25%も長くなる現象を発見した。また、繊維長が長くなれば曲げ強度は向上し、逆に曲げ弾性率は低下する事が分かった。最大の曲げ特性を得るために、曲げ弾性率と曲げ強度を係数化して検討し、その結果、繊維長がGF/PPで5.0mm、CF/PPで3.0mm以上で特性値が一定になることが分かり、これを最適繊維長と定義付けた。

第3章では、強化繊維とマトリックス樹脂の界面せん断強度と機械的特性の関係を検証し、界面せん断強度を向上させるサイジング剤を検討した。界面せん断強度を測定する手法として、マイクロドロップレット法を用いた。その結果、界面せん断強度が高いほど曲げ強度、引張強度は高くなり、その関係は直線的である事が判明した。また破断部のSEM観察では、繊維とマトリックスの接着状態が良いほど界面せん断強度が高くなるのが検証できた。そして界面せん断強度を向上させるため、4タイプのサイジング剤の評価を行った結果、シランカップリング剤、マレイン酸変性PPエマルジョン、テルピン剤の混合タイプが、ベース材に比較して、界面せん断強度が12%、曲げ弾性率では4%、曲げ強度で33%向上した。

第4章では、2種類のサイジング剤のCF/PP材料を使用して、マイクロドロップレット法の有効性を確認するため、Kelly-Tyson 強度予測式により求めた界面せん断強度と比較検討した。その結果、双方とも界面せん断強度が高くなると引張強度が高くなることが確認できた。また引張強度とAEカウント数との関係も検証した。引張強度が高いほど、AEカウント数は多くなり、破断歪値も高くなる事がわかった。これより界面せん断強度が高くなるにつれて繊維の引き抜けがし難くなり、繊維破断数が増加した事により、引張り強度が高くなると考察された。

第5章では、GF/PPとCF/PP複合材のさらなる機械的特性向上の検討のため、繊維含有率と繊維長と曲げ特性の関係を検証した。またGF繊維とCF繊維のハイブリット繊維複合材の機械的特性も検証し、最適配合材料を検討した。成形品の繊維長は、GF/PP、CF/PPともに含有率が高くなるにつれて短く分断されて繊維長は低下する事が判明した。また曲げ弾性率と繊維含有率の関係は、GF/PP、CF/PPともに繊維含有率が多くなると曲げ弾性率は高くなるが、曲げ強度と面衝撃性に関しては含有率に関係無い事が確認できた。GF/CF繊維のハイブリット複合材においては、曲げ弾性率はGF/PPの配合量が多くなるにつれて低下し、曲げ強度はGF/PP50%の配合率までは上昇し、それ以降は低下した。また、曲げ特性における係数は、GF/PPの配合率0~50%までが、高い係数を示し、それ以上になると低下して行く事がわかった。よって、原価的にも強度的にも最適なハイブリット材料の配合比率はGF/PP 50%とCF/PP 50%であり、GF/PPに比較して、曲げ弾性率で65%、曲げ強度で19%も向上した。第6章では、結果を総括し、それを用いることにより具体的な軽量化を示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、射出成形における長繊維GF/PP、CF/PPの機械的特性の向上を繊維長、界面せん断強度、繊維強度の3点から研究をしている。その中で、短繊維含有ペレットを使って繊維長を伸ばす手法はユニークであり独自性もあり工学上意義が大きい。また独自のサイジング剤の研究結果も界面せん断強度を向上させる事が出来、新たな有機系添加剤等のブレンドも検討する事により、さらなる向上の期待が持てる研究成果となり、複合材料界面科学研究の分野では大いに注目されるものである。そして、GF/CFハイブリット複合材の研究においては、コストを抑え、かつ最大曲げ特性の配合が判明した事により、自動車構造体の複合材料による軽量化が80~90kg達成できることが明らかになり、これは工業上、極めて大きい成果と言えよう。

本論文の内容は次の4報に報告されている。

### 1. Mechanical properties prediction of the grass fiber reinforced injection composite material

Xujie Kong, Issei Harima, Hiroaki Yamada, Nobuyoshi Kajioka, Tatsuya Koyaishi,  
Yuqiu Yang, Hiroyuki Hamada

*The JISSE-14 Symposium to be held in Kanazawa, Ishikawa, Japan, in December 6-9,  
2015, (受理NO. 0108)*

### 2. Influence of hybrid pellets on the mechanical properties of injection molded fiber reinforced thermoplastic

Issei Harima, Mengyuan Liao, Xujie Kong, Yuqiu Yang, Nobuyoshi Kajioka,  
Hiroyuki Hamada

*Technical textiles, 2016, accepted to be published on 21th June*

3. **炭素繊維強化ポリプロピレンの界面せん断強度と機械的特性**  
播摩一成、山田浩明、梶岡信由、高垣有紀、仲井朝美、大谷章夫、濱田泰以  
*科学・技術研究 (Studies in Science and Technology)*、第5巻、第2号、2186-4942

4. **Mechanical Material Properties of Long Glass Fiber Reinforced Plastic Foams Including Matrix Poly-Propylens**

Shingo Okamoto, Yusuke Fukuba, Issei Harima, Shinji Gasami, Toshiki Miyachi,  
Takahiro Tochioka, Mitsuharu Kaneko, Junichi Ogawa

*16th International Conference on Composites/Nano Engineering (ICCE-16),  
Kunming, Volume 1, 2008*

(参考) 以下、審査中

1. **繊維複合材料における射出成形品の繊維長分布が機械的特性に及ぼす影響**

播摩一成、山田浩明、梶岡信由、高垣有紀、藤和久、松田祐之、森脇健二、小川淳一、  
濱田泰以、*成形加工学会誌 (審査中、NO. 10-65)*

2. **Effect of hybrid pellet form and fiber type on mechanical properties of injection molded fiber reinforced polypropylene composites**

Yuqiu Yang, Mengyuan Liao, Xujie Kong, Issei Harima, Hiroaki Yamada, Nobuyoshi Kajioka,  
Tatsuya Koyaishi, Hiroyuki Hamada、*Composite part B (審査中、JCOMB\_2016\_50)*

3. **Prediction of interfacial shear strength of the Glass fiber reinforced Injection composite material**

Xujie Kong, Issei Harima, Hiroaki Yamada, Nobuyoshi Kajioka, Yuqiu Yang,  
Hiroyuki Hamada、*日本機械学会 (審査中、JOURNAL-JSME-D-16-00168)*

4. **Interfacial shear strength and mechanical properties of carbon fiber reinforced polypropylene**

Issei Harima, Nobuyoshi Kajioka, Hiroaki Yamada, Yuki Takagaki, Hiroyuki Hamada,  
Akio Ohtani, Asami Nakai、*日本機械学会 (審査中、JOURNAL-JSME-D-16-00409)*

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。