

セルロースナノファイバー射出成形材料の カバー部品への適用

Application of Cellulose Nanofiber Injection Molding Material to Cover Parts

益子 徹也 井上 かおり 高橋 宏明 藤井 豊彦 大石 武司

Abstract

Currently, environmental pollution caused by the problem of marine micro and waste plastics is an issue that needs to be solved on a global scale. In the Yamaha Motor Group Environmental Plan 2050^[1], Yamaha Motor has set the goals the Company aims to achieve by 2050 in the areas of climate change, resource recycling, and biodiversity. Cover products such as exteriors parts are made of resin materials derived from petroleum and the recyclability has been an issue, especially for composite resin containing glass fiber or talc for strength reinforcement. The authors have focused on cellulose nanofibers (hereafter CNF), a plant-derived component, to address the issues of petroleum-based plastics, and began collaborating with pulp and paper manufacturer Nippon Paper Industries Co., Ltd (hereinafter Nippon Paper Industries) since 2015. Continued development led to its adoption for the 1,900 cm³ engine cover of the WV (Water Vehicle) in 2023. This is the world's first CNF adoption^[2] as a transportation equipment manufacturer, and this paper introduces this initiative accordingly.

1 はじめに

現在、海洋マイクロプラスチック問題や廃プラスチックの問題による環境汚染が地球規模で解決すべき課題となっている。『ヤマハ発動機グループ環境計画2050^[1]』においても、“気候変動”“資源循環”“生物多様性”を重点取り組み分野として2050年までに目指す姿を設定している。

外装などのカバー製品は石油由来である樹脂材料を適用しており、特に強度補強のためにガラス繊維やタルクが入った複合樹脂についてはリサイクル性が課題となっていた。筆者らは、2015年から石油由来のプラスチックの課題について植物由来成分であるセルロースナノファイバー（以下 CNF）に着目し、パルプ製紙メーカーである日本製紙株式会社（以下日本製紙社）と協業を開始した。開発を継続することで2023年に WV（Water Vehicle）の1,900cm³エンジンカバーに採用された。これは輸送機メーカーとして世界初の CNF 採用^[2]であり、本稿ではこの取り組みについて紹介する。

2 セルロースナノファイバーとは

木材は、セルロース・ヘミセルロース・リグニンから構成されており、鉄筋コンクリートに例えるとセルロースとヘミセルロースが鉄筋となりリグニンがコンクリートの役割を果たしている。この木材を処理方法によって異なる幅数 nm ～数百 nm に解繊することで高性能な性質が得られることが分かったため、食品用途だけでなく工業用途に期待されている。以下に CNF の特徴を示す^[3]。

- 植物であるため成長過程で光合成により CO₂ を吸収する。
- 鋼鉄の 1/5 の軽さで、その 5 倍の強度を有している。
（繊維単体にて）
- 熱膨張係数はガラスの 1/50
- 可視光波長（400～800nm）に比べ十分に細いため可視光の散乱を生じない。

WV のエンジンカバーはポリプロピレン樹脂（以下 PP）をベースに鉱物のタルクを混ぜた複合材を使用しており、強度および剛性を必要とする部品である。今後の横展開も視野に入れて本取り組みでは汎用材であるベース材の PP で開発を進めることにした。原材料は食品用途などでセルロースナノファイバーの製造実績のある日本製紙社に協力いただき、ペレットとして提供いただいた（図1）。



図1 セルロースナノファイバー強化樹脂
「Cellenpia Plas®（セレンピアプラス）」

3 取り組み内容

3-1. 開発目標

WV は、船外機同様に海水と熱による過酷な環境下で使用されることから必要な要求機能を確保することを前提とし開発目標を以下に定めた。

1. 現行材料と同等の材料物性であること
2. 必要な材料強度と目標コストの達成
3. 現行部品と同等形状の成形性が確保できること
4. 100%リサイクル使用での5回繰り返し成形にて強度低下10%以内であること
5. 従来のエンジンカバーを刷新し、軽量感、素材感を表現できること

3-2. 材料特性

ISO ダンベル試験片金型、短冊試験片金型を用いて射出成型機(川口機械80ton 油圧機)にて、成形した。

比重(JISK7110)、引張試験(JISK7161)、曲げ試験(JISK7171)、シャルピー衝撃試験(JISK7111、ノッチ入り)を行った。

開発材と現行材を比較した結果を図2に示す。

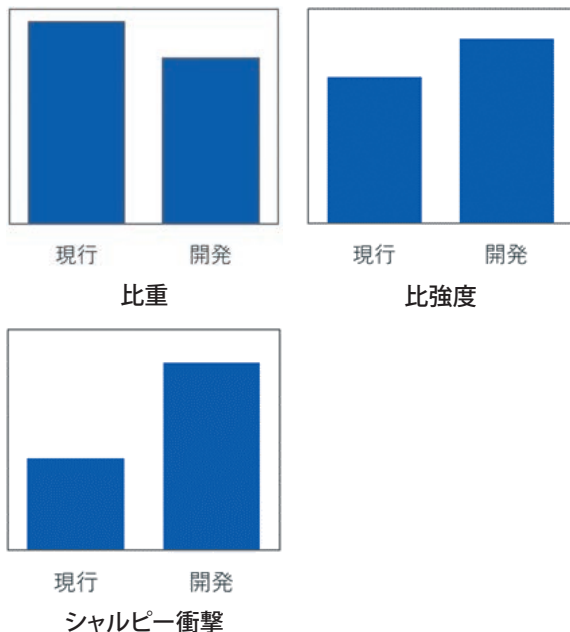


図2 現行材との比較

CNF はタルクよりも比重が低いので開発材の比重を低くすることができ、比強度にて現行材に対し25%向上、アイゾット衝撃値は2倍となり、現行以上の物性を得ることができた。

3-3. 成形性

開発材の成形性に関しては、スパイラルフロー型(図3)での流動長調査を行った。その結果通常の成形条件範囲内の調整で同様の流動長(図4)を得ることができた。よって成形上問題無いことを確認できた。



現行材

開発材

図3 スパイラルフロー型

図4 流動長成形比較

次に開発材の吸湿による成形性の影響を調べた。

150×120mm(板厚3mm)の金型を使用しホッパーへ投入前のペレット乾燥条件を変えて、射出成形後の外観を目視評価で調べた。

観察結果を表1に示す。通常の乾燥工程では表面に銀色の筋状のシルバーストリークが発生してしまう。乾燥条件が不十分であったと考え、乾燥温度や時間を適正に設定することでシルバーストリークを抑えることができた。

表1 乾燥条件によるシルバー発生有無

乾燥一般	水分率管理
シルバー発生	シルバー無し

3-4. リサイクル性

リサイクル材料の成型の際には通常はバージン材に混ぜて使用するが、材料の性状を確認するため、粉碎機(シュトルツ SX-340)にてISO 物性試験用成形品を粉碎し、100%リサイクル材で、成型を5回繰り返し、曲げ強度を確認した。結果、バージン材に対し曲げ強さの低下を10%以内に抑えることができた(図5)。

今後、バージン材と同等の強度を得るためには、さらなる材料開発が必要である。

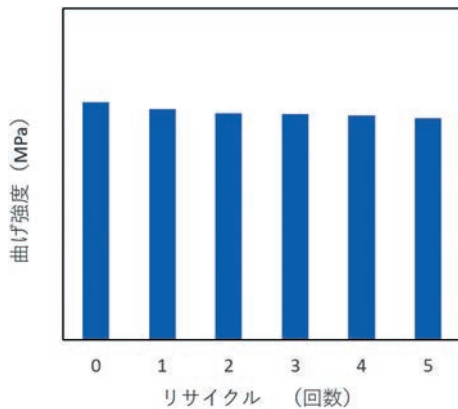


図5 曲げ強度に及ぼすリサイクル性

3-5. 製品設計とデザイン

スケッチ段階よりデザイン選定に関わったことから、早期にCMFG(カラー、マテリアル、フィニッシュ、グラフィック)開発や2分割部品構想、設計製造要件も取り入れ、デザインと設計意図双方に沿った外観に仕上げることが可能となった。

デザインは、従来の全体を覆ってエンジンを隠すエンジンカバーから脱却し、よりE/G(エンジン)を積極的かつ魅力的に見せる構成を考え、ストラットタワーバーをイメージしたクロスバーコンセプトを訴求している(図6)。



図6 設計構想

・環境を意識した素材

軽量に見せながらも、上に乗るクロスバーを要所でしっかりと支えられる形状(ヘキサゴンシェイプ)で構成したベース(図6 COVER,1)の部分にCNFを業界で初めて採用し、環境対応視点からのアプローチを試みた。

・軽量化

従来モデルからエンジンカバーのデザイン刷新と材料変更をすることで、軽量化にも寄与している。

・セルロースナノファイバーの刻印(図7)

拭き取りの際のウエスの引っかかりや、また手で触った際に

平滑に感じるようにし、文字を凹み形状で彫り込むことで、メンテナンス性に配慮しつつもその存在をアピールするようにしている。



図7 刻印

・繊維(ファイバー)をイメージしたテクスチャー

エンジンヘッドカバーには比較的粗い梨地シボが施されており、その上に乗る部品として全体のカラーでは馴染ませながらも素材感での差異やコントラストを出すように意識した。ファイバー感を押し出すために、部品全体がファイバーの凝集によって構成されたようなイメージを想起させることを狙い、テクスチャーを厳選した。

・着色樹脂との組み合わせ(図8)

燃費の向上や新しいエンジンのイメージを想起させるように、クロス部分のベースカラーにはホワイトを採用した。さらに新規性を醸し出すよう偏光ブルーを織り交ぜた表現とした。ベースのヘキサゴンシェイプ部とはカラーをしっかりと分けてXを強調することで、これまでのエンジンカバーとは異なる新しさを押し出している。



図8 採用部品(クロスバー)

図9に搭載したモデルを示す。

環境材を採用することでなるべく早く社会貢献を行うことを目指し、必要材料物性、目標コストを満足し、重量含めて許容できる環境材料開発ができたことから、新規開発の1,900cm³エンジンからの搭載とした。



図9 搭載モデル「FX Cruiser HO」

■ 著者



益子 徹也
Tetsuya Mashiko
マリン事業本部
開発統括部
艇体開発部



井上 かおり
Kaori Inoue
マリン事業本部
開発統括部
艇体開発部



高橋 宏明
Hiroaki Takahashi
生産技術本部
生産技術部

4 おわりに

環境適応材料の開発としてCNFに着目して開発を進めてきた。工業用途への適用が少ない中、汎用材料であるPPにCNFを添加することで材料物性と成形性を従来材と同等にするための開発を継続してきた。新型WVの1,900cm³エンジンのエンジンカバーの部品開発では、環境性と意匠性の両立が可能となり、新たな価値も提供することができたと考えている。

今後、材料開発と生産性の開発を継続することで他商材への展開を目指していく。

■ 参考文献

- [1] ヤマハ発動機グループ環境計画2050
- [2] 2022年11月16日広報発表 当社および日本製紙社調べによる
- [3] 2010年12月13日 セルロースナノファイバーの製造と利用 京都大学生存圏研究所 矢野浩之



藤井 豊彦
Toyohiko Fujii
生産技術本部
生産技術部



大石 武司
Takeshi Oishi
生産技術本部
材料技術部