

リサイクル材の分析

～ガラス繊維強化ナイロンの強度低下要因解析～

リサイクル材を使用する場合、ポリマーの変性や異物の混入等により、成形品強度低下や外観不良、成形不良等が生じる可能性がある。今回、ガラス繊維強化ナイロンのリサイクル材を使用した際に、バージン材に比較して、引張強度が低下した要因を調べたので、その事例を紹介する。

試料

■ ガラス繊維 (GF) 強化ナイロン

試料名	配合比率 (%)	引張強度
バージン材	バージン : 70 リサイクル : 0 GF : 30	187 MPa
リサイクル材A	バージン : 19 リサイクル : 51 GF : 30	137 MPa

繊維強化複合材料の強度影響因子

■ Fukuda-Chouの引張強度予測理論式

$$\sigma_c = \underbrace{\sigma_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) v_f \eta_\theta}_{\text{強化繊維由来}} + \underbrace{\sigma_m (1 - v_f)}_{\text{マトリックス樹脂由来}} \quad (l > l_c) \quad l_c = \left(\frac{d \sigma_f}{2\tau_i}\right)$$

σ_c : FRP引張強度、 σ_f : 繊維強度、 v_f : 繊維体積分率、
 η_θ : 繊維配向係数、 σ_m : マトリックス樹脂強度、 l : 繊維長、
 d : 繊維径、 τ_i : 界面せん断強度

各試料について、ダンベル試験片を作成の上、強度低下がどの強度影響因子に起因するかを調べる。

繊維およびマトリックス樹脂の強度

■ ナノインデンテーション

複数個所の測定を行い、弾性率の平均値を算出

	平均弾性率 (GPa)	
	繊維	樹脂
バージン材	55.7 (8.5)	2.7 (0.4)
リサイクル材A	56.0 (8.8)	2.8 (0.6)

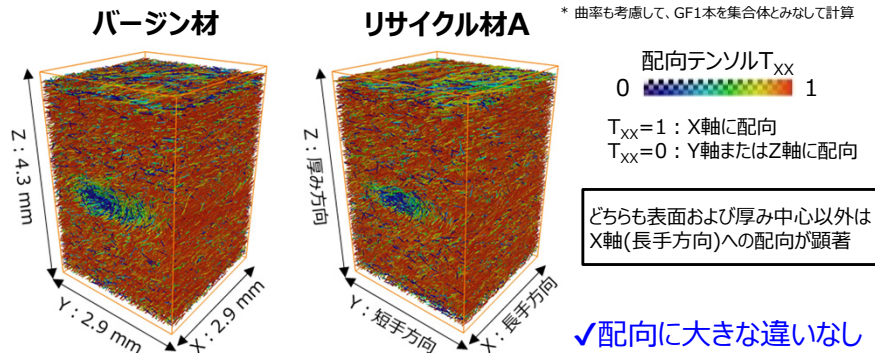
() 内: 標準偏差

✓ 繊維、樹脂ともに強度に大きな違いはなし

繊維の配向評価

■ X線CT

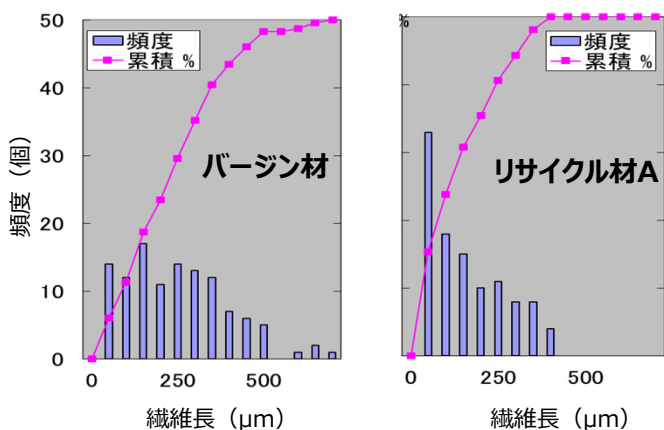
三次元形態を取得し、GF1本毎の配向テンソル*を算出して立体像で表示



繊維長の評価

■ GF抽出+顕微鏡観察

ナイロンを溶媒で除去後、GFを顕微鏡観察し、繊維長を算出

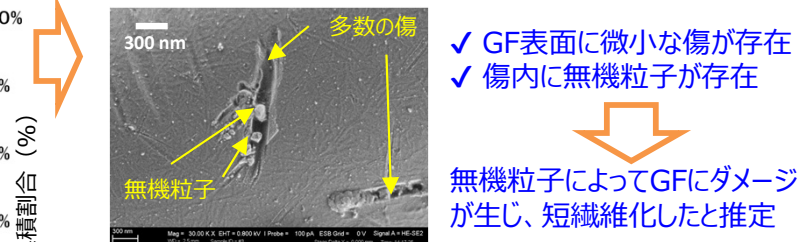


✓ リサイクル材Aで短繊維の割合が多い傾向

リサイクル材A表面の観察

■ SEM観察

短繊維化したリサイクル材AのGF表面のSEM観察を実施



分析結果より、無機物による短繊維化が強度低下原因と推定 → 原因がわかることにより、ペレットの初期繊維長変更、無機不純物の低減、成形条件・金型ゲート形成など、様々な対策を取ることが可能になる