

CFRTPの力学特性に及ぼす成形法と 繊維長の影響

*Influence of Method and Fiber Length on Mechanical Properties of
Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics*

指導教官：高橋 淳 助教授

システム創成学科 環境・エネルギーシステムコース

20761 松塚 展国

発表の流れ

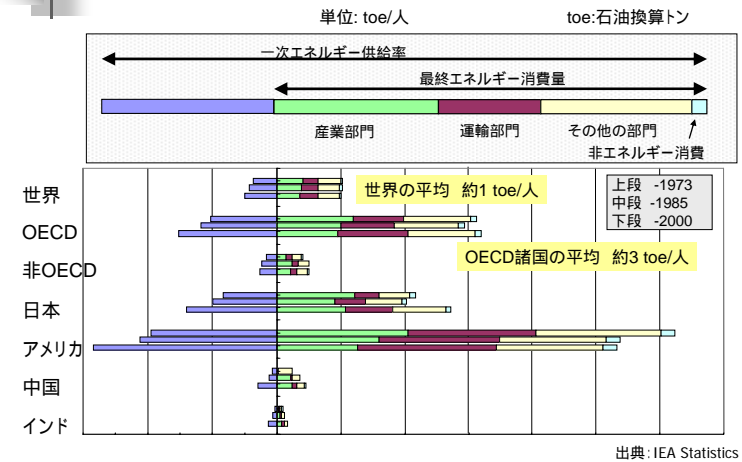
- 研究背景
- CFRTP成形法
- 実験 考察
- 結論

研究背景

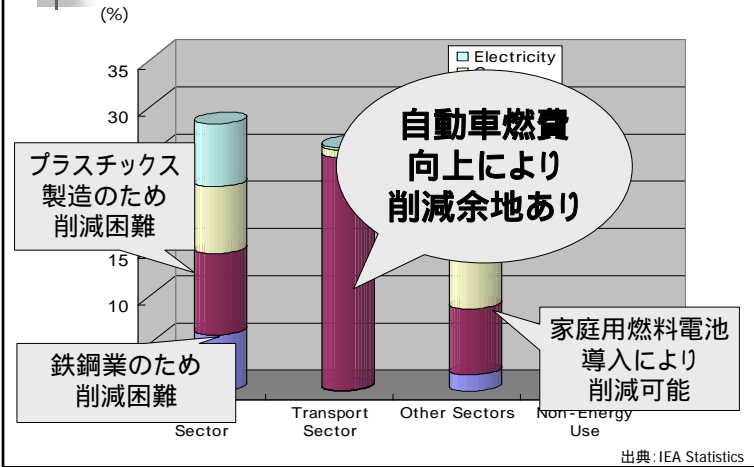


Carrera GT (CFRP Body) : Porsche

世界のエネルギー事情

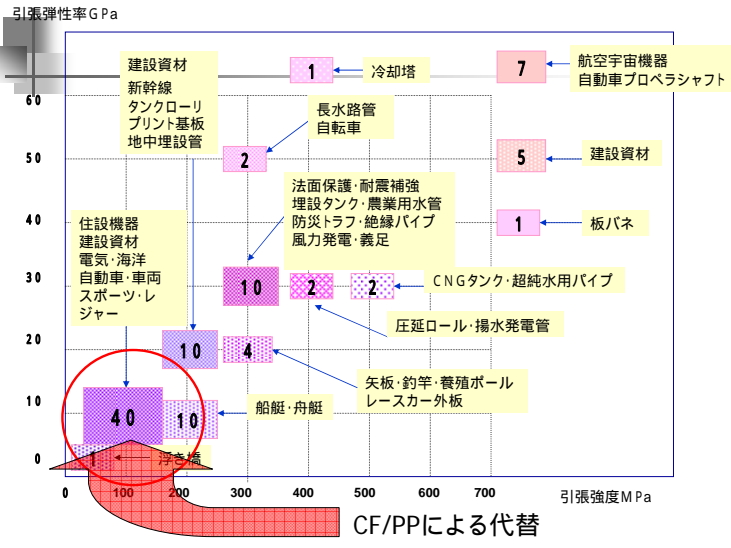


世界の部門別エネルギー消費量

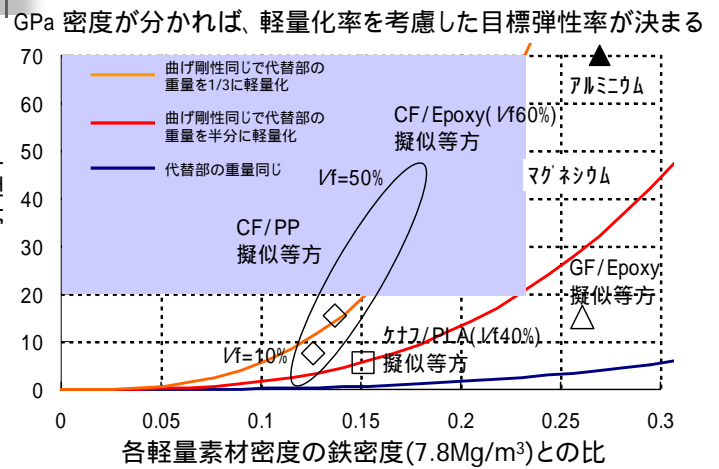


燃費向上策

- **軽量化** → CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)
 - エンジン効率アップ
 - 燃料電池技術
 - ハイブリッド技術
 - 空気抵抗の低減
 - 走行抵抗の低減
- 比剛性、比強度が大きい
軽量素材



目標弾性率 (パネル材)



量産車用CFRPに求められる事

| | CFRTP (CF/PP) | CFRTS (CF/Epoxy) |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| | 炭素繊維強化熱可塑性樹脂 | 炭素繊維強化熱硬化性樹脂 |
| 強化繊維 | カーボン | カーボン |
| 繊維形態 | 不連続 | 連続/積層板 |
| マトリクス樹脂 | ポリプロピレン | エポキシ |
| 量産車用CFRP評価・検討項目 | | |
| リサイクル性 | 実績豊富 再溶融可能 省エネルギー | リサイクル時の エネルギー 消費が大 |
| 迅速成形性 | 成形のインフラ 利用可能 幅広い成形法 | 理論的に困難 エポキシの 硬化速度制御 |
| 低コスト化 | 樹脂が安価 成形法が安価 | × 樹脂が高価 |

短繊維CF/PPの必要性

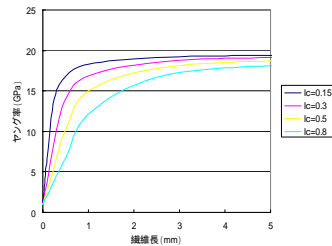
CF/PP成形のキーワード

CF/PPは成形の難しい材料

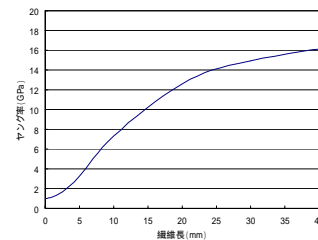
- 含浸性 繊維と樹脂の絡みつき
スクリュレス混練機の開発
- 界面接着性 物理的接着、化学的接着
樹脂、繊維の改質
- 繊維長 長い繊維長でないとも力学特性を發揮しない
繊維長ごとの力学特性の実証

繊維長に対する力学特性グラフ

界面接着性による影響

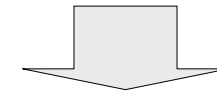


含浸性による影響



本研究目的

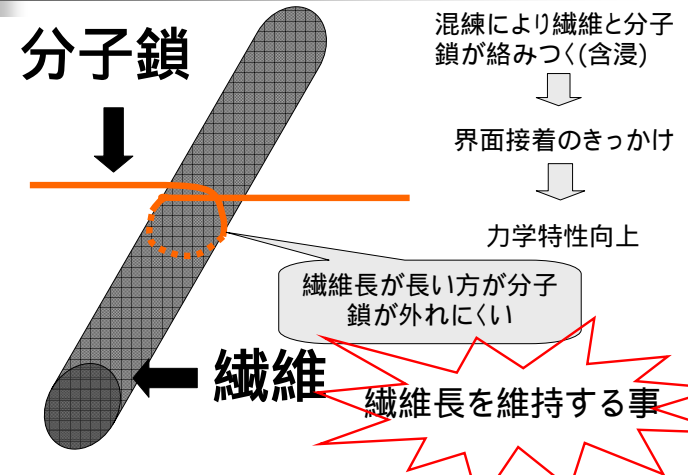
- 従来の成形法の見直し
- 繊維長ごとの力学特性を明らかにする



CF/PPの実用化についての検討

CFRTP成形法

混練の重要性



従来型混練機

- 迅速成形
- × 繊維長維持
- 10mmの繊維を投入してもスクリュのせん断により1mm程度になる



自作のノンスクリュ混練機



実験



実験条件1 - 混練 -

- CF
 - 汎用CF ACF
 - PP用改質CF MCF
- 繊維長
 - 4, 6, 8, 10, 20mm
- V_f
 - 26.8%(理論値)
- ポリプロピレン
 - 汎用PP (出光石油化学製Y-6005GM) PP
 - マレイン酸1%変性PP MPP

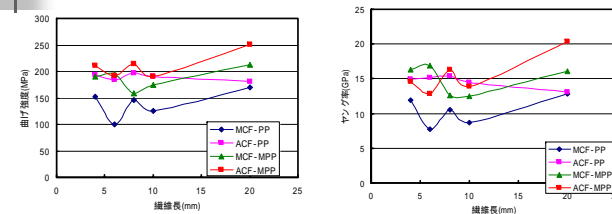
| | PP改質 | ノーマルPP |
|--------|--------|--------|
| CF改質 | MCFMPP | MCFPP |
| ノーマルCF | ACFMPP | ACFPP |

実験条件2 - プレス成形 -

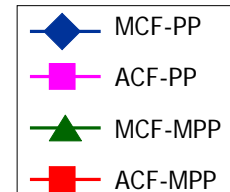
- 試験片サイズ
 - 引張用12 × 200 × 1.2(mm) 20種類 × 2本
 - 曲げ用12 × 40 × 1.2(mm) 20種類 × 5本
- 設定温度200
- 急冷方式



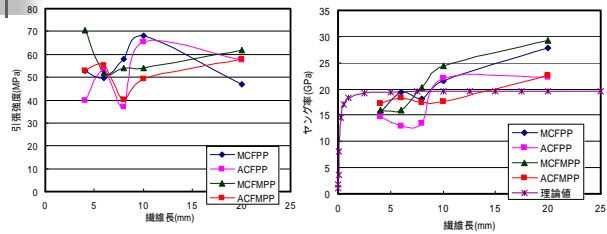
試験結果 - 曲げ試験 -



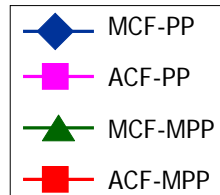
- マレイン酸変性の効果あり
- CF側の改質効果が見られない
- 20mmでは繊維の補強効果が顕著
- 4mmでも十分な力学特性を発現する



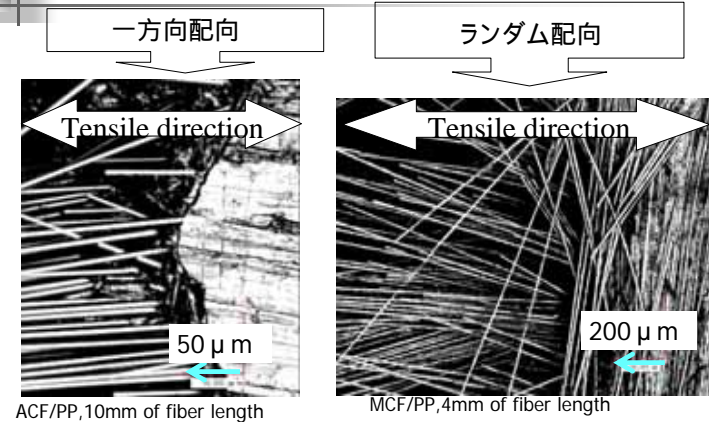
試験結果 - 引張試験 -



- 10mm以上で理論値を超える値
- 曲げに比べて強度が低い
- 10mm以下では理論値の付近に集中

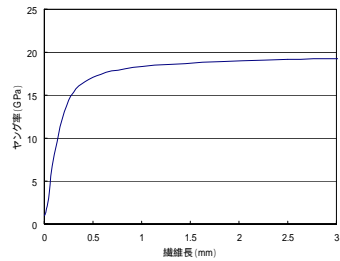


破断面観察

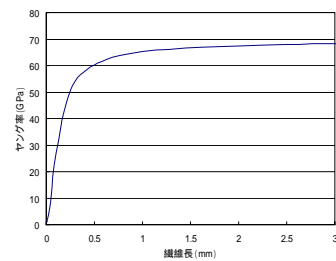


配向性の相違からくる力学特性の影響

ランダム配向性材料



一方向性材料



結論

結論

- 量産車用超軽量素材への適用に必要とされる低コスト、リサイクル性、迅速成形性、力学特性を満足すべく混練機を開発し、以下の結論を得た。
- リサイクル材を使用して長繊維の中間基材(ペレット)を成形することができた
CFRPのリサイクル性の可能性が広がった
- 安価なPPと4mmの繊維長のCFで鋼鉄に代替することのできる力学特性を得た
力学特性は目標をほぼ達成、さらなる性能向上が見込める
迅速成形性は長繊維用射出成形機を用いることで達成可能
低コストはほぼ達成

今後の展望

- 本研究の混練法により、短い繊維でありながら連続繊維強化複合材料に近い力学特性の材料成形を目指す。
- 本研究における混練法の応用として、繊維長を維持したまま成形できる射出成形機の開発が挙げられる。



CF/PPの本格量産が望める

End

CFRPによる超軽量化自動車

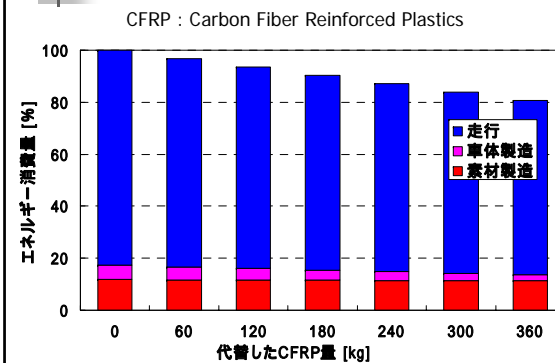
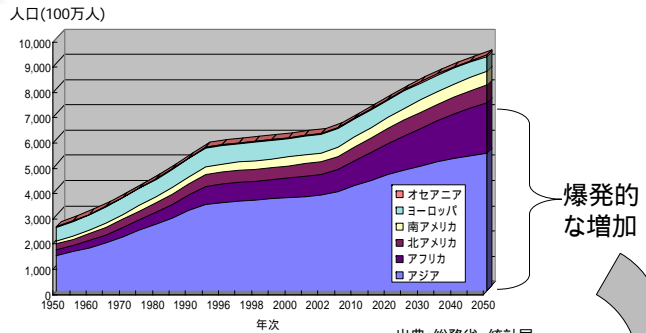


Fig. Change of the amount of energy consumption
(Recycling CFRP)

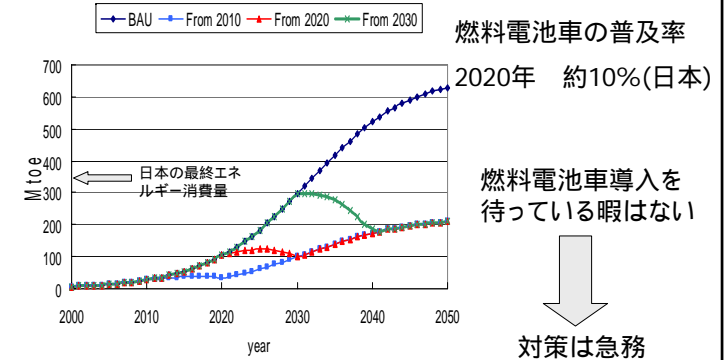
世界の人口の推移



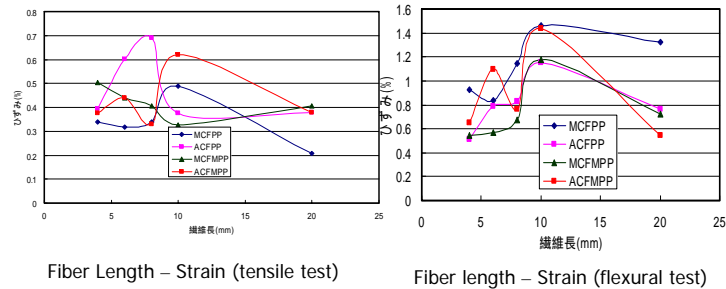
爆発的な増加

エネルギー消費の増大が予想される

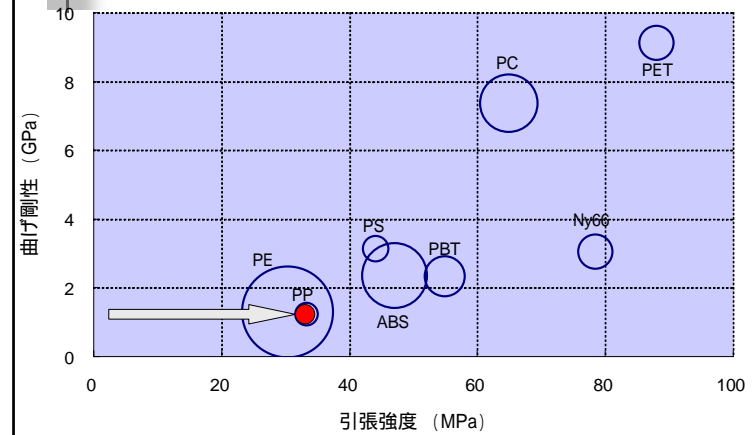
中国のモータリゼーション



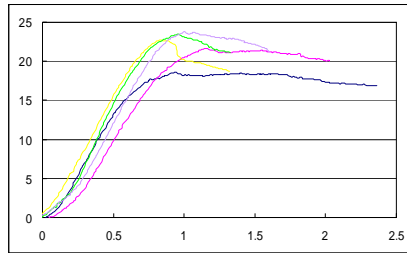
試験結果 - ひずみ -



PPの力学特性



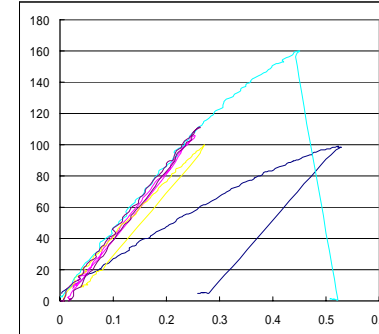
応力ひずみ線図 - 曲げ試験 -



ACF/MPP,4mm of fiber length

応力ひずみ線図 - 引張試験 -

青: 4mm、ピンク: 6mm、黄: 8mm、水色: 10mm、紫: 20mm



MCF/PP

キーワード対策

- 含浸性 スクリュレス混練機の開発
- 界面接着性 樹脂、繊維の改質
- 繊維長 スクリュレスの混練機の開発
ホットプレス成形
繊維長ごとの力学特性の実証