

# 量産車用CFRTPのリサイクル方法の検討

10101111000101010001110100

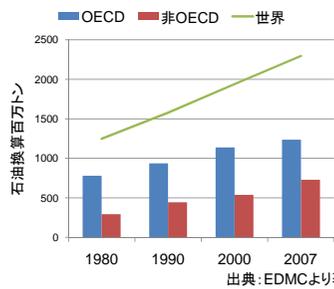
東京大学工学部 システム創成学科  
 環境・エネルギーシステムコース  
 川島知也  
 指導教員 高橋淳 教授  
 平成23年2月

## 目次

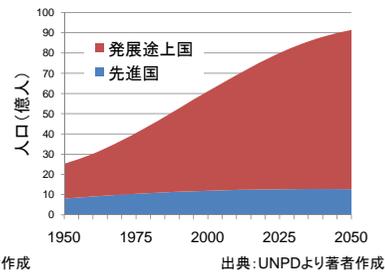
- 研究背景
- 研究の着眼点
- 評価方法
- 実験結果・考察
- 結論

## エネルギー問題

世界の運輸部門におけるエネルギー消費量



世界の人口の推移と予測



世界の運輸部門におけるエネルギー消費量は増加している  
 さらに、今後の発展途上国の人口増加を考えると、更なる増加が予測される

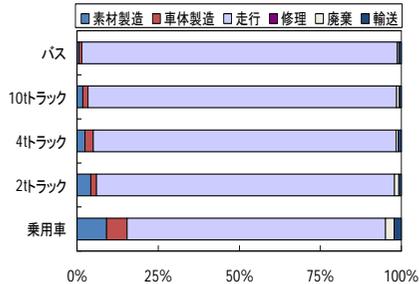


**省エネルギー対策が不可欠**

## 本研究の着眼点

- 運輸部門で最もエネルギー消費量が多いのは自動車

ステージ別エネルギー消費量LCA



走行時のエネルギー消費量が最も多い

つまり、自動車の省エネルギー対策は燃費向上が最も効果的  
 そこで**既存材料をCFRTPに置き換えて軽量化**することに注目！

出典: J. Kasai, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.5, No.5, p.316 (2000)

## CFRP



Carbon Fiber Reinforced Plastic  
強化プラスチック

— Vf (=繊維)




が変化する



優れ、錆びない  
できる

## CFRPの課題

CFRPの種類

X

CFRTS

現在のCFRPの大半を占める  
熱硬化性樹脂を使用  
リサイクルが困難

CFRTP

熱可塑性樹脂を使用  
リサイクル性に優れる

CFRTSの課題

- コストが高い
- 製造時間が遅い
- リサイクルが困難である

}

⇒

CFRTPにすることで改善

量産化において**致命的**

またCFRPは生産量の約半分が工場内で出るゴミ(インプラントゴミ)  
CFRTPを量産車に適用するためには**これらのリサイクル方法の確立が必要**

## 研究の目的

- 今後の大量導入をCFRPのリサイクルは必要不可欠  
よってCFRTPの利用が望ましい



- CFRTPの量産車への適用を見越して、工場内で発生する端材  
を想定した材料を用い、リサイクル材を作成してその性能評価  
を行う



- 各種リサイクル材の性能向上に向けた検討を行うと共に、将来  
市場から回収される廃棄部材も含めた望ましいマテリアルルー  
プを提言する

## 試料

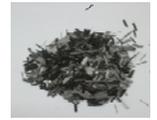
工場から発生する端材を想定して  
以下の変性ポリプロピレン(PP)が含浸された不連続繊維基  
材CFRTPを使用した

- Vf 20%のシート材
- Vf 40%の成形時にした端材



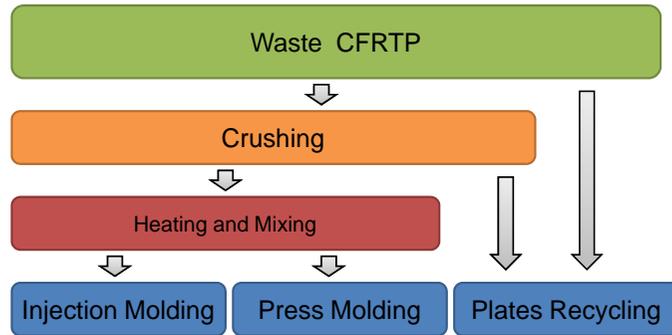

また、比較のため以下の材料も使用した

- 同グレードの炭素繊維
- 同グレードの変性PP
  - マレイン酸などを付加



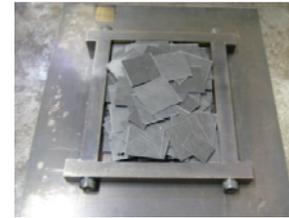

※これらに用いられる炭素繊維はいずれも航空機グレードのものである

## CFRTPのリサイクル方法



本研究では上記三つのリサイクル方法を検討した

## プレートリサイクル

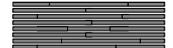


### ■ プレートリサイクル

- 材料を大きさに応じて破壊し型に並べ、ホットプレス機によって成形するリサイクル
- 主に工場で作品を作る際に出た端材などの劣化の少ないものが対象



### ■ 2種類作成

- すべてランダムに並べたもの
- 
- 最外層だけ大きなシートで覆い不連続部を表面に出ないようにしたもの
- 

## 混練プレス成形



### ■ プレス成形

- 破碎した材料を加熱・混練
- 混練には2種類のスクリューを使用
  - ・ 低せん断スクリュー
  - ・ 高せん断スクリュー
- 混練後型に入れてホットプレスで成形



### ■ 特徴

- 利点
  - ・ 原料選択の幅が広い
  - ・ 比較的高強度
- 欠点
  - ・ 複雑形状に弱い
  - ・ 成形速度が遅い



## 混練射出成形



### ■ 射出成形

- 破碎した材料を付属の小型混練機で加熱・混練
- 加熱したシリンダに混練物を移動
- 圧力をかけて射出
- 金型の中で冷却・固化



### ■ 特徴

- 利点
  - ・ 最も多く使われている成形方法
  - ・ 複雑形状に強い
  - ・ 成形速度が速い
- 欠点
  - ・ 成形品の不均一性
  - ・ 比較的低強度



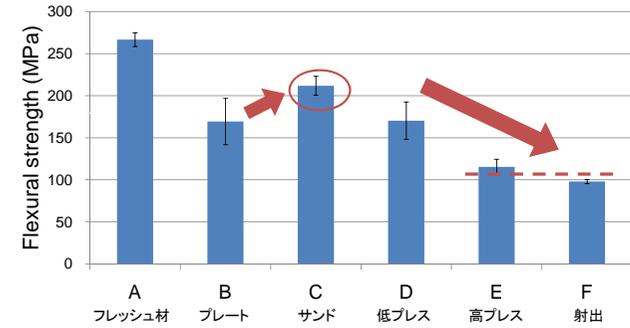
## 成形材料

以下10種類のVf 20%の材料を作成

		混練	材料	目的
材料A	型の大きさに切断したVf 20%材料を積層し、プレス成形 (フレッシュ材)	×	Vf 20%	比較対象
材料B	Vf 20%材料を裁断し型にランダムに並べてプレス成形 (プレートリサイクル)	×	Vf 20%	表面の不連続部
材料C	最外層にフレッシュ材の大きなシートを用い、内部は材料Bと同じにしてプレス成形 (サンドイッチ構造のプレートリサイクル)	×	Vf 20%	
材料D	Vf 20%材料を破壊し低せん断の条件で混練してプレス成形	低	Vf 20%	混練条件 繊維長 成形法
材料E	Vf 20%材料を破壊し高せん断の条件で混練してプレス成形	高	Vf 20%	
材料F	Vf 20%材料を破壊し混練して射出成形	射出	Vf 20%	異なる材料 (Vf 40%)
材料G	Vf 40%の端材に、同グレードの変性PPを加えてVfを20%とし、低せん断の条件で混練してプレス成形	低	Vf 40%	
材料H	材料Gと同じ材料を高せん断の条件で混練してプレス成形	高	Vf 40%	異なる材料 (フレッシュ材)
材料I	炭素繊維 (CF) に変性PPに加えてVfを20%とし、低せん断の条件で混練してプレス成形	低	CF, PP	
材料J	材料Iと同じ材料を高せん断の条件で混練してプレス成形	高	CF, PP	

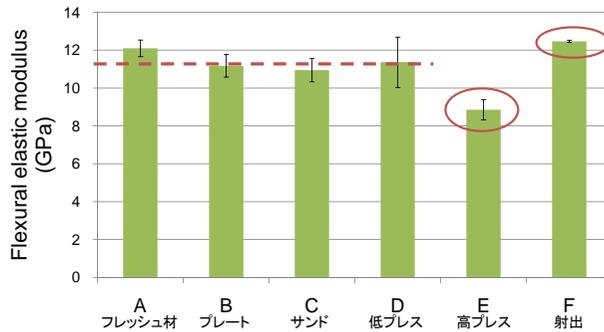
これらに三点曲げ試験・アイゾット衝撃試験を行って力学特性を比較した

## リサイクル方法別曲げ強度比較



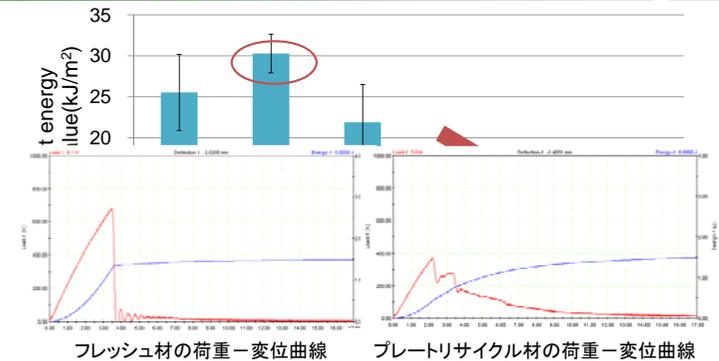
- プレートリサイクル材は表面処理により強度が上昇
  - 力点と破壊点のずれから未処理は不連続部が弱い
- 混練条件により強度が低下
  - 混練条件より繊維長が短くなる
- 高せん断混練プレス成形材と射出成形がほぼ同強度

## リサイクル方法別曲げ弾性率比較

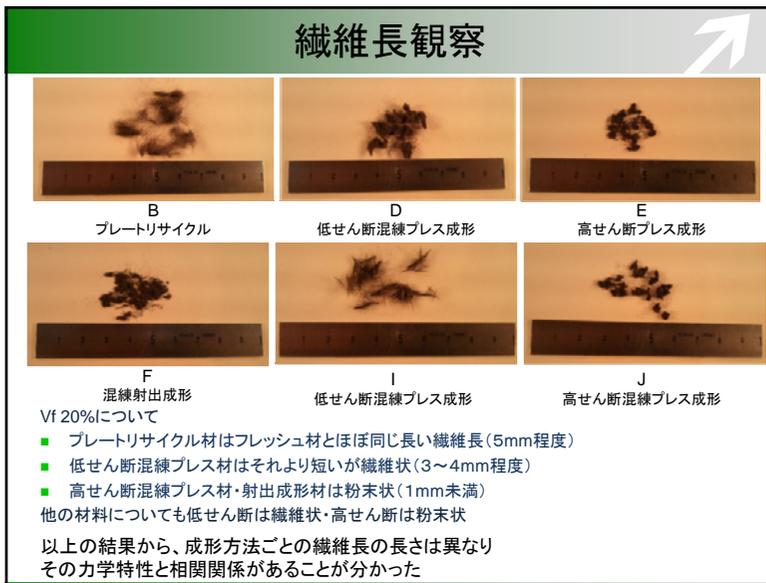
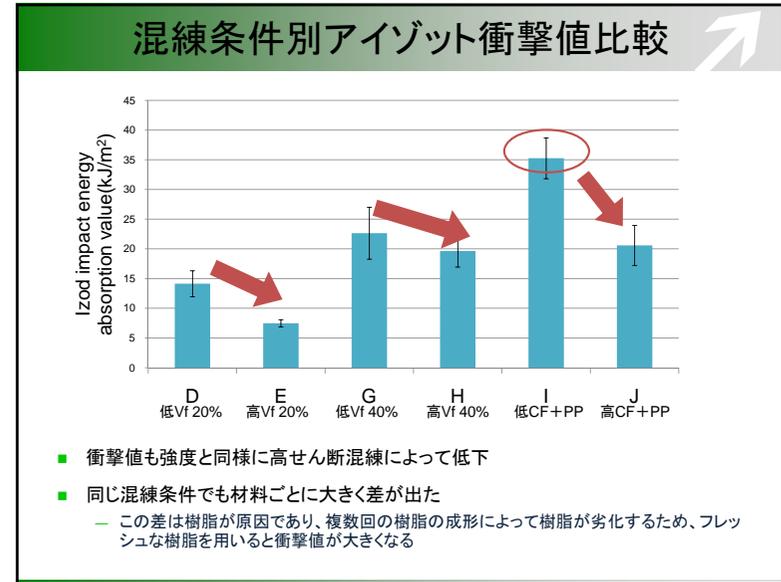
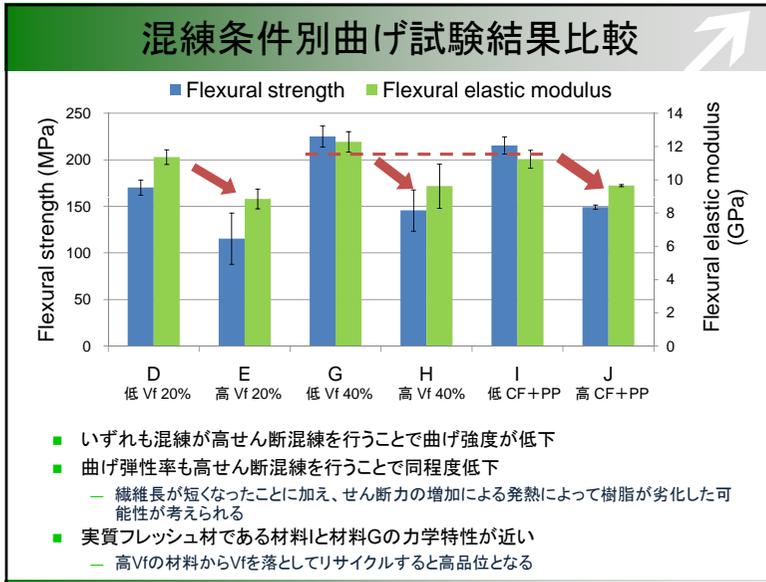


- 多くの材料は11~12GPa程度
- 高せん断混練プレス成形材が低い
  - 混練条件によって繊維が短くなる
- 強度の低かった射出成形材が高い弾性率
  - 繊維が方向性を持つことによって上昇する

## アイゾット衝撃値比較



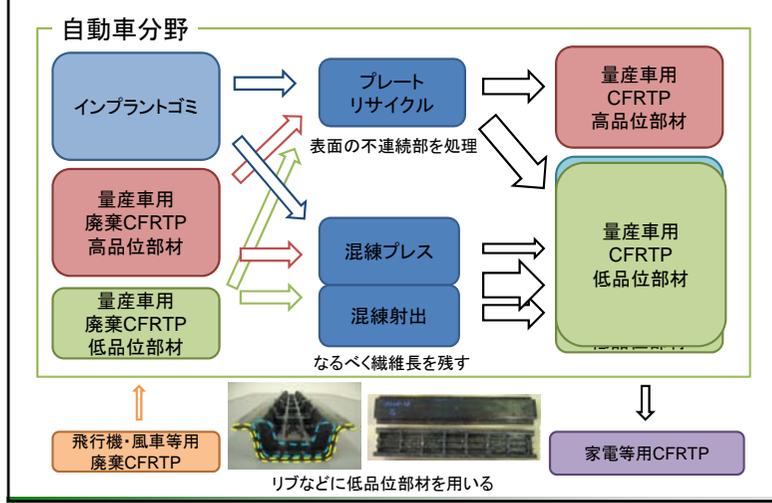
- 曲げ強度と同様の傾向
  - 混練条件によって繊維が短くなる
- プレートリサイクル材は高い衝撃値
  - 層ごとに複数回に分けて破壊されたため



### 結論

- 廃棄CFRTPにおいて、材料間の継ぎ目の部分の影響が出ないようにしたプレートリサイクルは手間もかからず力学特性も高い
  - インプラントゴミの有効利用が可能になる
- 混練するリサイクルは繊維長を残さなければ力学特性が大きく損なわれた
  - プレートリサイクルできないものは、なるべく繊維長が残るように混練して成形すべき
- 高いVfの廃棄CFRTPにフレッシュな樹脂を加えて低いVfの材料としてリサイクルをすると、通常のリサイクル材より力学特性が高くなる
  - 高品位のパーツの端材を低品位でもよいパーツの材料としてリサイクルすることなどが有効である
  - これは樹脂の劣化が原因であるため、複数回リサイクルしても劣化しない樹脂の開発が必要である
- 力学特性の安定度や、生産の効率性を考えると今後の大量導入に向けて、射出成形は必要である。しかし、現状では繊維長が非常に短くなってしまったため、力学特性が低下する
  - 長い繊維長を保ったまま射出成形ができるように改良しなければならない

# 結論



ご清聴ありがとうございました