

超軽量量産車実現のための リサイクル複合材料の開発と評価

指導教官:高橋 淳 助教授
学籍番号:30739
氏名:塩澤 大

アジェンダ

2

. 研究背景・内容

. 材料成形方法

. 試験結果・考察

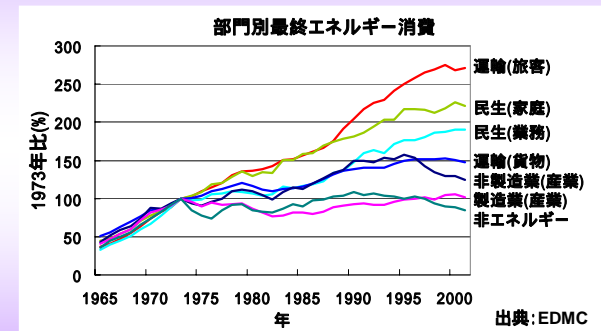
. 結言

. 研究背景・内容

研究背景・内容

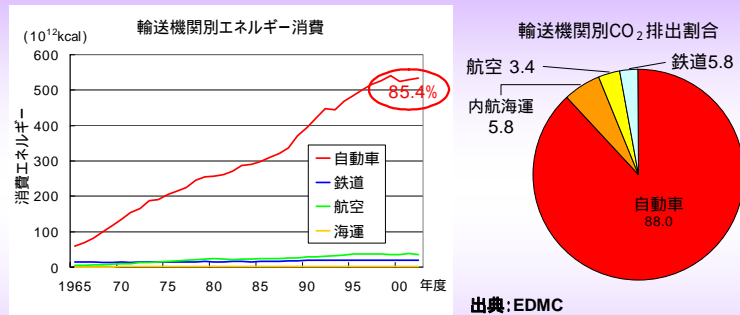
4

部門別最終エネルギー消費



エネルギー消費、CO₂排出を減らすには、運輸部門の伸びを抑えることが重要。

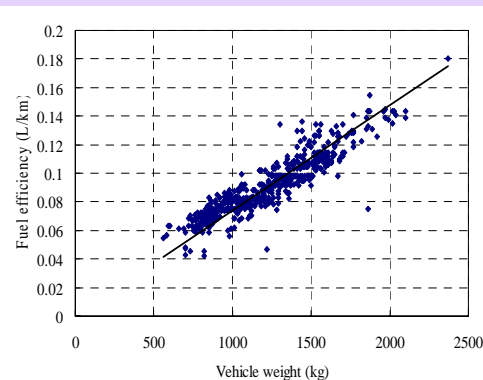
輸送機関別エネルギー消費推移、CO₂排出割合⁵



自動車の燃費改善が緊急課題

軽量化による燃費向上

6



車体重量と燃費はほぼ比例関係。つまり車体を半分に軽量化すると燃費は2倍に

↓

軽量化が省エネ、CO₂削減に有効!

軽量化素材

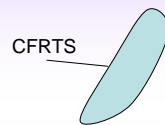
7

比強度

f/

40

比強度比剛性比較



軽量化素材として

CFRTS (Carbon Fiber Reinforced Thermo-Setting Resin): 炭素繊維強化熱硬化性樹脂が優れている!

CFRTSの長所

8

- 軽量 (密度: 1.4 Mg/m³: 鉄鋼の5分の1以下)
- 高強度 (700 MPa) 比強度: 47 鉄の9倍
- 高剛性 (46 GPa) 比剛性: 0.22 鉄の3倍



出典: Boeing社

出典: JAXA

出典: Olympus社

CFRTSの問題点

9

- 値段が高い
- リサイクルが難しい
- 成形に時間がかかる

量産車には不向き

安価で迅速な生産ができ、リサイクル性に優れた
CFRTP:炭素繊維強化熱可塑性樹脂
が注目される

CFRTPの研究課題

10

CFRTP連続繊維の量産化研究
の長寿命化(Reuse, Reduce)としてリペ
ア・品質保証の研究
のRecycle後の品質向上の研究

本研究では を扱った

RecycledCFRTPについて

11

研究対象とした材料

- 炭素繊維: 2種類
使用済みCFRTSを破砕してCFを取り出したもの
未使用の炭素繊維を6mmに切断したもの
- 樹脂
安価で安定した大量生産が可能。
リサイクル実績が豊富である。
PP(ポリプロピレン)を使用。

短繊維ランダム配向CFRPP(以下、ランダム材)

以下、 をCFRP/PP CFRPPとする

短繊維ランダム配向CFRPPの問題点

12

- CFとPPの界面接着性が悪く、繊維束に対する含浸性も悪い。
強度、剛性の発現率が低い
- 破壊が脆性的で吸収エネルギーが小さい

ランダム材を補強することが必要

研究背景のまとめ

自動車用軽量新素材であるCFRTPの開発が急務とされているが強度・剛性の発現が低く、吸収エネルギーが小さい。



そこで本研究では、PPをマトリックスに用いたCFRPP (炭素繊維強化ポリプロピレン)のランダム配向材の補強方法を開発することにより、リサイクル可能な量産車用超軽量素材の実現を目的とした。

目標値として曲げ弾性率20GPa、曲げ強度200MPaを設定した。

材料成形方法

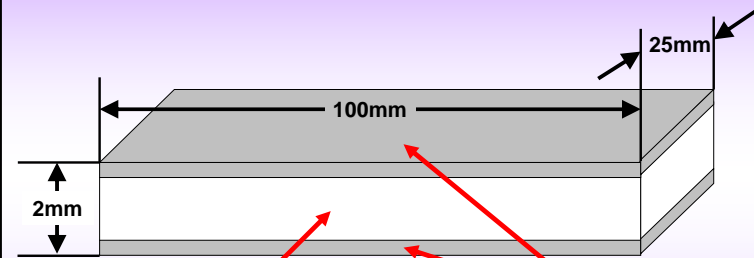
ランダム材



外側から亀裂が入る

剛性・強度発現率の弱いランダム材を中間層にし、その表面に発現率のよい一方向シートを貼りつけることで強化。

補強タイプ: 両面 片面(引張側) 補強なし

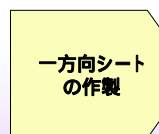
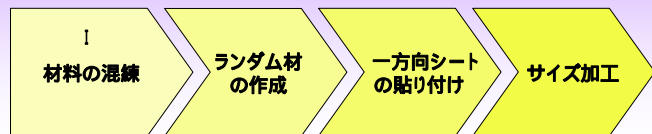


ランダム材:弱い

一方向シート:強い
シート厚:0.2mm

材料成形方法

17



ホットプレス機

ランダム材の成形方法

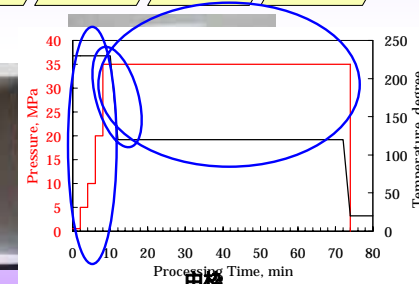
18



- 成形温度: 230
- ボイド抜き
- 加圧方法: 段階加圧法 (5MPa 10分ずつ)
- 冷却: 水冷による急冷
- アニール: 120度で60分



上板 下板

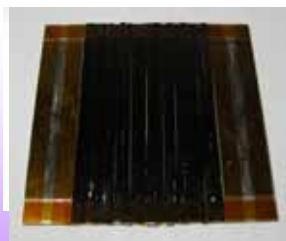


一方向シートの成形方法

19



- 使用機器: ホットプレス機
- ボイド抜き
- 成形温度: 230
- 加圧方法: 段階加圧法 (5MPa 10MPa 20MPa 35MPa : 1分ずつ)
- 冷却方式: 水冷による急冷
- アニール: 120度で60分



一方向シートとランダム材の貼り付け方法



- 使用機器: ホットプレス機
- 成形温度: 200
- 加圧方法: 15MPa 10分間
- 冷却方式: 水冷による急冷



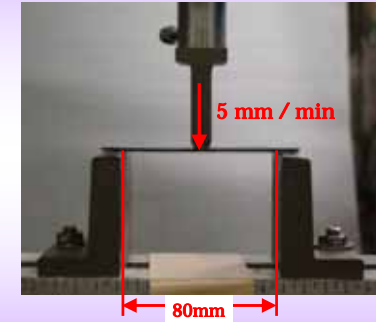
結果・考察

試験方法

22

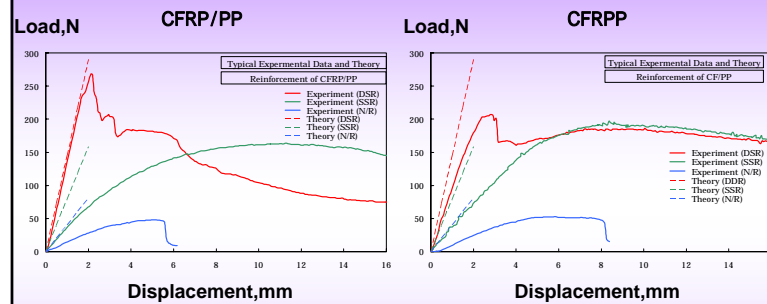
3点曲げ試験にて評価を行った。

- 支持スパン: 80mm
- クロスヘッドスピード: 5mm/min



荷重-変位曲線

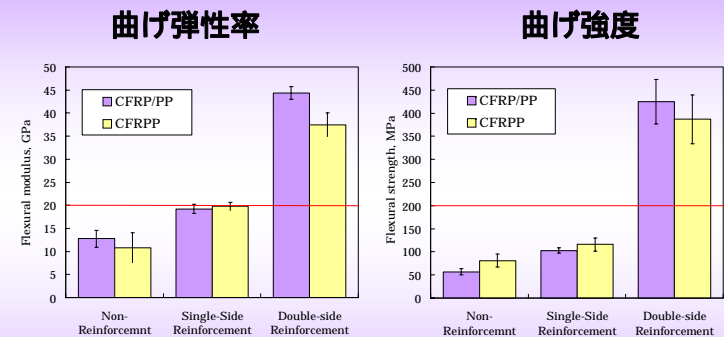
23



破壊形態が脆性から延性へと変化し、ピーク荷重後の吸収エネルギー(グラフの下の面積)は**数十倍**のオーダーで拡大

曲げ弾性率・曲げ強度

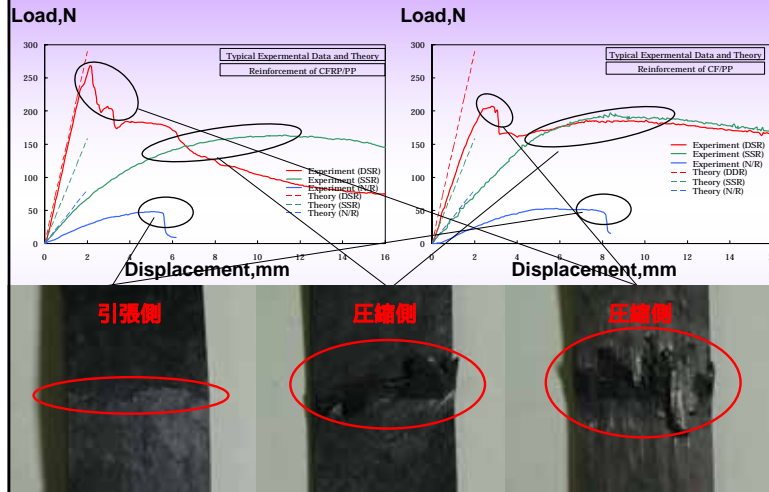
24



両面補強では、曲げ弾性率、曲げ強度共に、目標値(20GPa、200MPa)を越え、実用化に向けて大きく前進した。

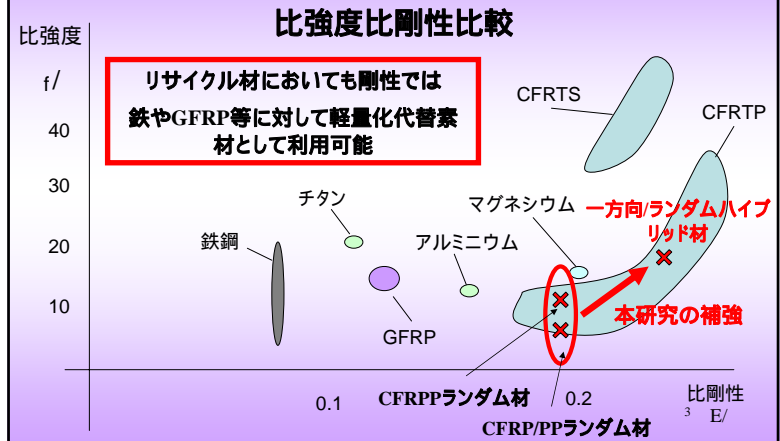
破断面の観察

25



物性MAP

26



考察・まとめ

27

- 非常に薄いシートだけで、大きな補強効果がある。
応力の最もかかる表面に、物性の高い一方方向シートを配したことが要因である。
- 両面補強と片面補強ともに、圧縮側シートから破壊が起きた。
圧縮側により強い補強をすることで強度および吸収エネルギーの増加が期待される。

・ 結言

結言

CFRPPランダム材と、CFRP/PPランダム材に、薄い一方向シートを貼る簡便な手法を開発し、エネルギー吸収、剛性、強度の向上に大きな効果があることを確認した。

本技術は、

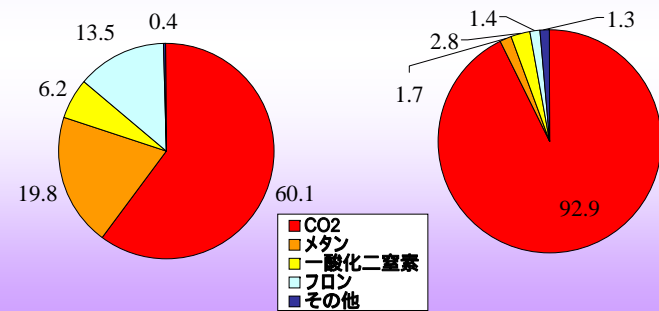
- ・超軽量量産車の実現
- ・CFRTP及びCFRTSのリサイクル確立に大きく寄与する技術である。

参考資料

地球温暖化の原因はCO₂である

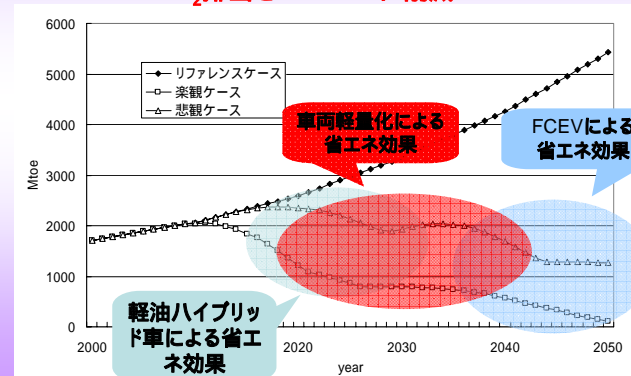
Degree of contribution to the global warming of greenhouse gas in Japan

MA Degree of contribution to the global warming of greenhouse gas in Japan



軽量自動車導入のシミュレーション結果(世界)

CO₂排出を2/3 ~ 1/4に削減



- ボイド抜きについて

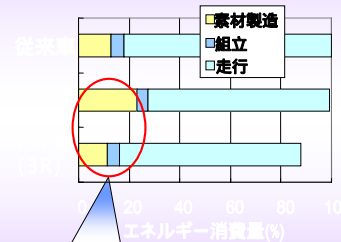
- アニーリングについて

材料特性比較と軽量化率

	Steel	High-tensile steel	CF/EP (Vf80%)	CF/PP (Vf30%)		
				Virgin	Recycle	Hybrid
Density	7.8	7.8	1.53	1.16	1.16	1.16
Strength (MPa)	400	1470	700	230	130	200
Specific Strength	5.2	19.2	46.7	20.2	11.4	17.6
Young's Modulus (GPa)	206	206	46	30	10.5	20
Specific Stiffness	0.077	0.077	0.218	0.273	0.193	0.239

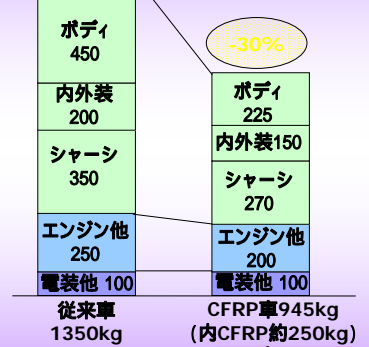
CFRPリサイクルの必要性

- ライフサイクル全体を通しての環境負荷の低減



素材製造段階での低コスト・省エネ化

- CFRPによる鉄鋼部品の代



自動車リサイクル法(リサイクル率95%)への対応

•目的

FEM解析で実証された軽量化効果によりどれだけ環境負荷を削減できるかを評価する。

•機能単位および基準フロー

乗車率30%、15年使用、43万キロ走行可能なバス1台

•システム境界

素材製造段階、車体組立段階、走行段階

•環境負荷項目

エネルギー消費量

	Energy intensity(MJ/kg)
Steel	33
CFRP	232

•素材製造原単位

•燃費

Steel製大型バス 2.34km/L を基準に車両重量から求めた

- 炭素繊維が1500～2,000円/kg、
- 母材に樹脂としてよく使われるエポキシは汎用で450～480円/kg、複合材料用で2,000～3,000円/kg
- PPIは、円/kg
- 鉄鋼の材料費は450円/kg、アルミニウム800円/kg