

リサイクルCFRTPの高性能化に関する研究

Research on developing high-performing recycled CFRTP

平成24年2月
 東京大学 工学系研究科 システム創成学専攻
 学生証番号 37-106328
 桐原 貴大
 指導教員 高橋 淳 教授

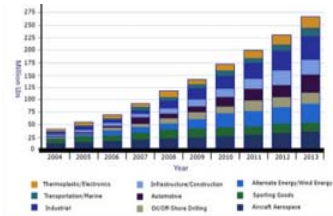
発表構成

1. 研究背景
2. 研究着眼点
3. 実験対象材料(インプラントゴミと市場ゴミについて)
4. インプラントゴミを対象としたリサイクル
5. 市場ゴミを対象としたリサイクル
6. 繊維長と各物性の関係
7. 結論

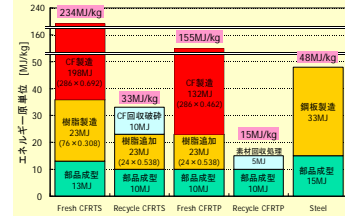
研究背景

～炭素繊維/CFRPを巡る現状～

炭素繊維の需要量



製造エネルギー原単位



量産性が必要

リサイクル性が必要

CFRTP(熱可塑性CFRP)の開発を目指す

Source: Zoltek Homepage, <http://www.zoltek.com/>
 鈴木敏也, 運輸部門のエネルギー消費構造分析に基づく材料関連省エネルギー技術の効果に関する研究, 2005年度東京大学博士論文 (2005.12)

研究着眼点

～CFRTSとCFRTP～

CFRTSとCFRTPの違い

	CFRTS	CFRTP
樹脂	熱硬化性樹脂	熱可塑性樹脂
量産性	×	○
リサイクルプロセス	煩雑	容易

CFRTSとCFRTPのリサイクルプロセス

CFRTS

- ケミカルリサイクルが多い。
- 繊維と樹脂の分離・回収が必要。
- 化学的処理が不可欠。
- 処理時間と手間を要する。

CFRTP

- マテリアルリサイクルが可能。
- 再加熱/再プレスで成形可能。
- 迅速且つ簡便なプロセス。
- リサイクル材の物性評価が必要。

CFRTPマテリアルリサイクル材料の物性評価・物性回復を目指す

実験対象材料

2種類のリサイクル原料



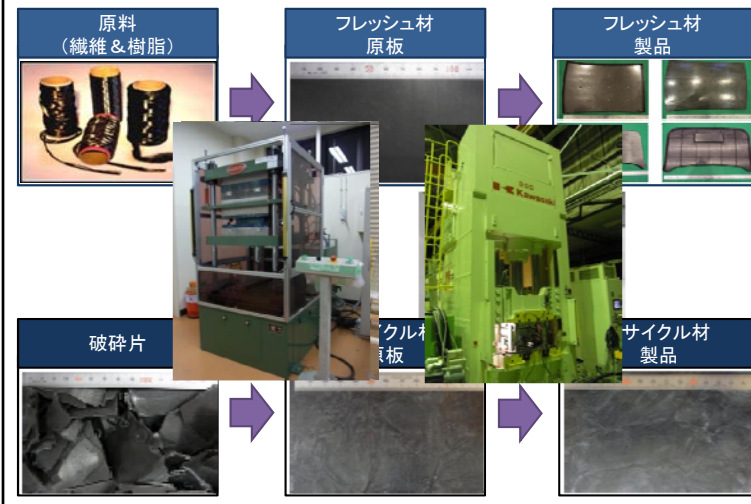
Source: Jun Takahashi, "Strategies and Technological Challenges for Realizing Lightweight Mass Production Automobile by using Thermoplastic CFRP", 12th Japanese-European Symposium on Composite Materials - Composites for automobile and other transportation -, (2011.8)

5

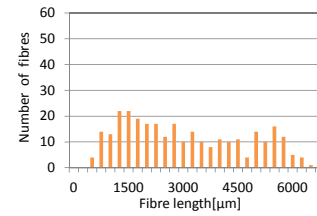
インプラントゴミを対象としたリサイクル

6

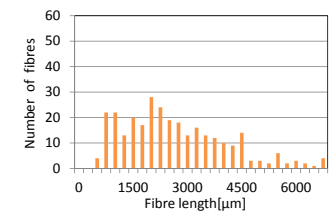
リサイクルフロー図



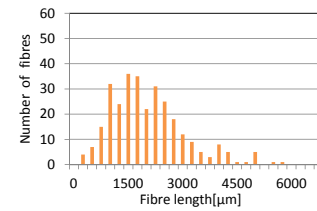
繊維長分布



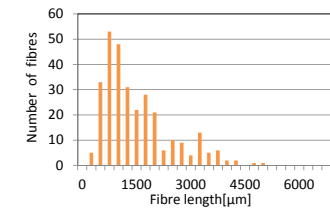
A: フレッシュ材原板 (平均繊維長2961 μm)



B: フレッシュ材製品 (平均繊維長2539 μm)

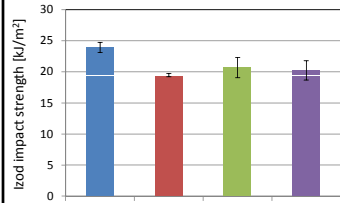
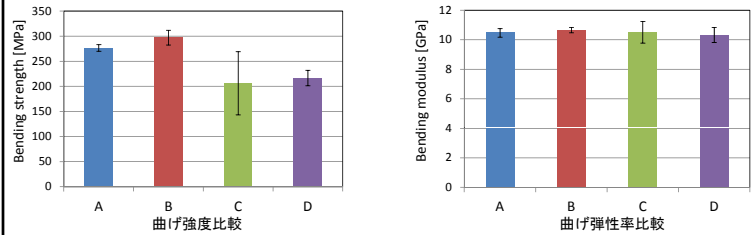


C: リサイクル材原板 (平均繊維長1919 μm)



D: リサイクル材製品 (平均繊維長1386 μm)

力学特性試験結果



試験片A	フレッシュ材 原板
試験片B	フレッシュ材 製品
試験片C	リサイクル材 原板
試験片D	リサイクル材 製品

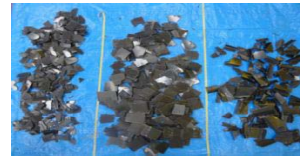
リサイクル材の曲げ強度・衝撃値回復を目標とする試験片作製

リサイクル材の物性回復を目指した試験片作製

長繊維を有する試験片作製を目的とした2種の試験片

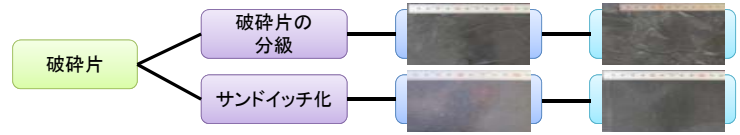
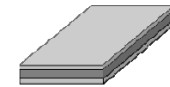
破砕片分級後に
大きい破砕片のみを取り出して成形

•破砕片を大サイズ、小サイズ、立体形状を有する破砕片、の3つに分級した。

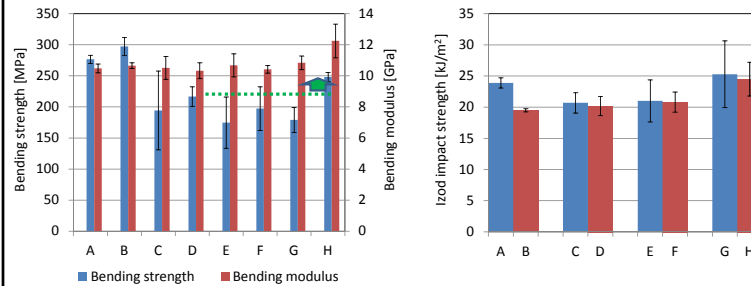


リサイクル材原板の作製時に
サンドイッチ構造として成形

•原板作製時、金型中にフレッシュ原板-破砕片-フレッシュ原板の順に材料を投入して成形。
•原板作製後の板厚が順に1,3,1mmとなるように投入量を調整した。



力学特性試験結果

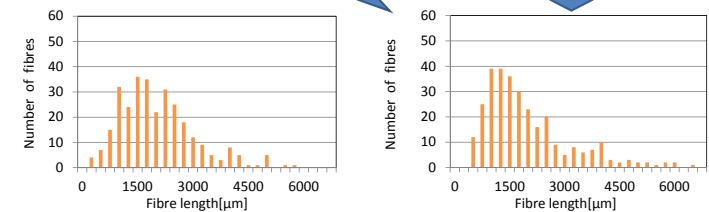
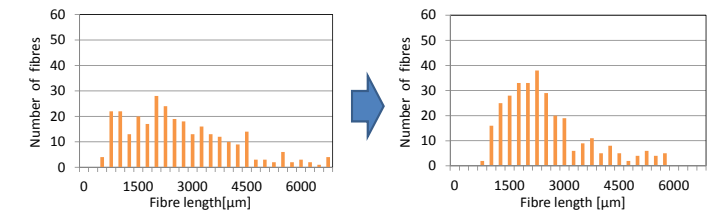


- 曲げ弾性率は全ての試験片でフレッシュ材の物性値を保持。
- サンドイッチ構造の試験片で曲げ強度・衝撃値共に上昇。
- 分級後の試験片では変化が認められない。

サンドイッチ化は有効だが、分級は不要!?

A	フレッシュ材 原板
B	フレッシュ材 製品
C	リサイクル材 原板
D	リサイクル材 製品
E	破砕片分級後に原板作製
F	破砕片分級後に製品作製
G	サンドイッチ構造の原板
H	サンドイッチ構造の製品

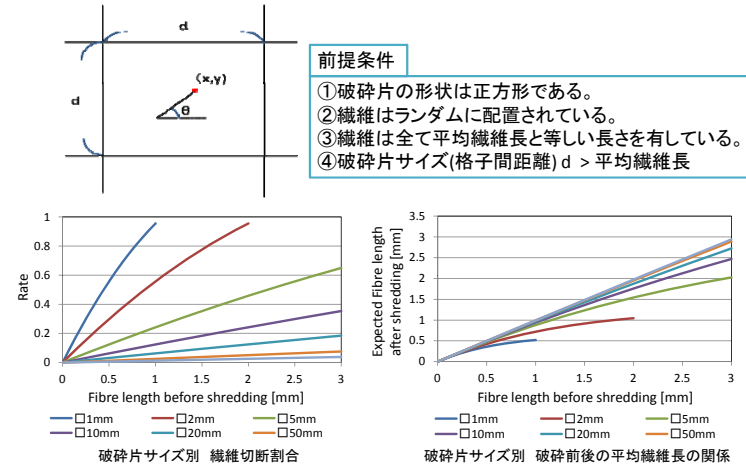
分級後試験片の繊維長分布



リサイクル原板(=分級無し) (平均繊維長1919 μm) 大サイズ破砕片による原板 (平均繊維長1834 μm)

分級の要否に関する検討

Buffonの針モデルを用いた破碎前後の繊維長予測



市場ゴミを対象としたリサイクル

インプラントゴミを対象としたリサイクルー結果まとめ

- リサイクルで繊維長が短くなり、曲げ強度および衝撃値においてリサイクル材の物性低下が著しい。
- フレッシュ材を表皮に配置し、リサイクル材をコアに配置したサンドイッチ構造とすることで物性は大幅に回復する。
- 破碎片に対して短い繊維を含む材料に対しては、分級の必要性が小さい。
- 熱履歴の影響は限定的で、繊維長の影響が大きい。

短繊維を有するリサイクル材を模擬する材料の準備

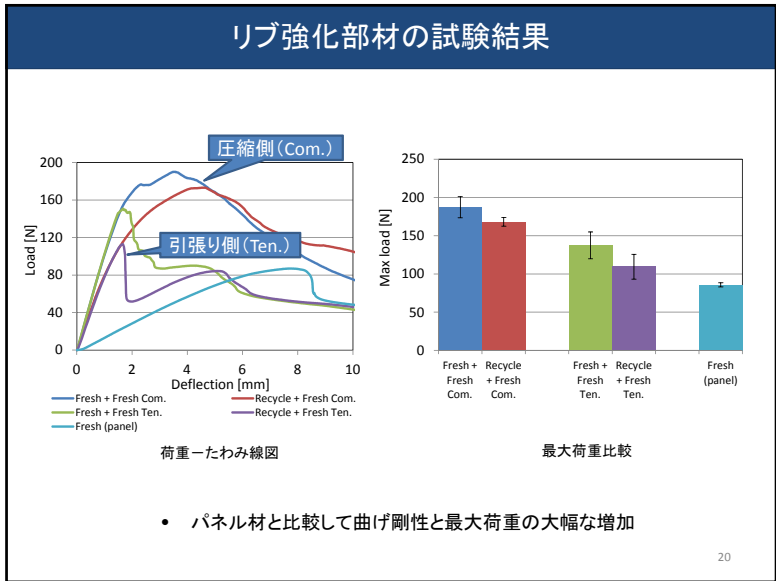
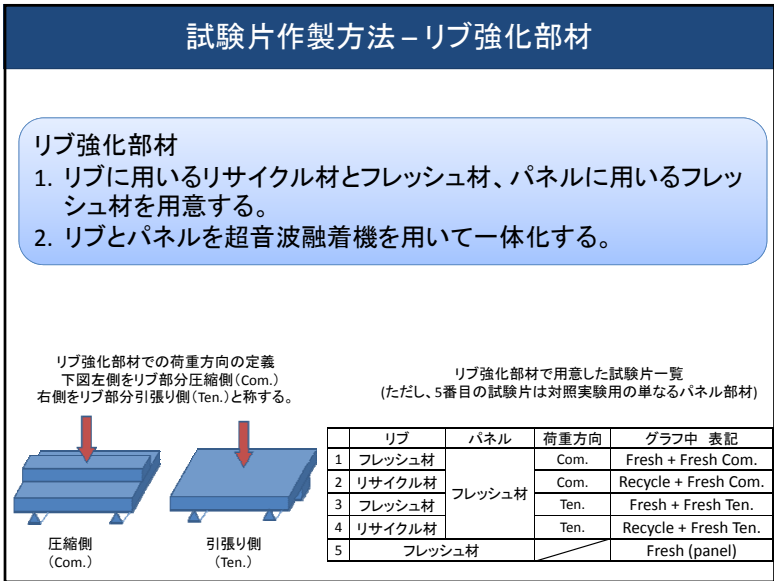
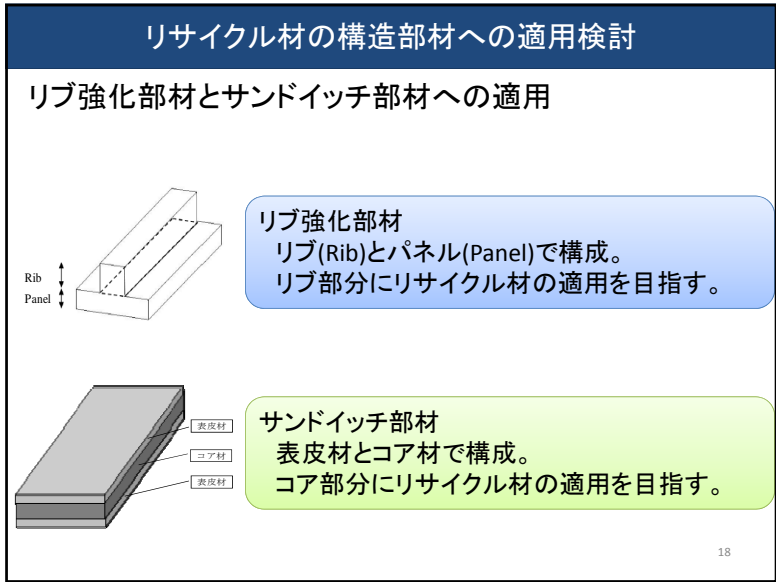
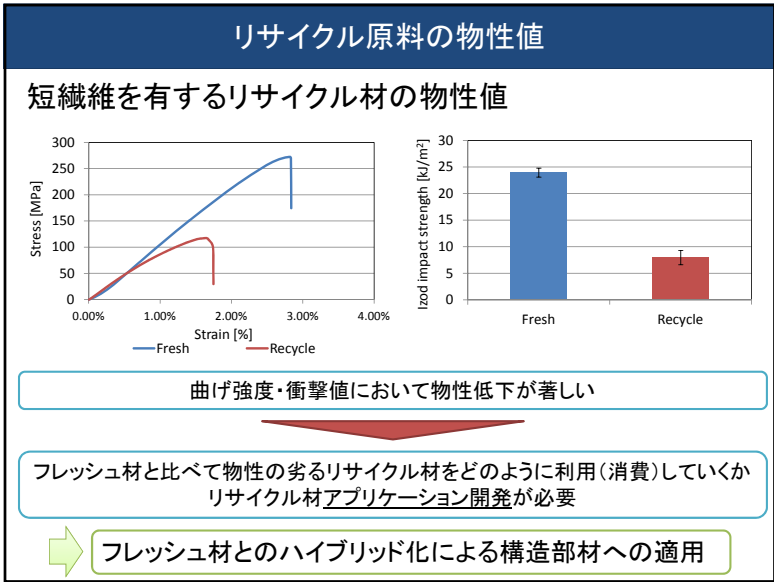
フレッシュ材

企業からテスト用として譲り受けたCFRTPを使用。
 (Vf=20%、樹脂は接着性を向上させてあるポリプロピレン)

リサイクル材

フレッシュ材を破碎し、混練機で混練したものをプレス成形。

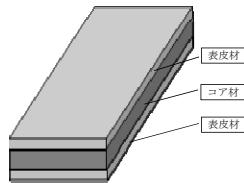




試験片作製方法 – サンドイッチ部材

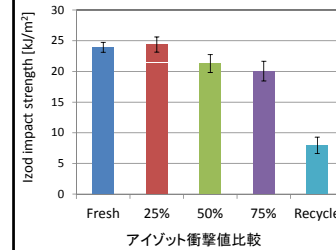
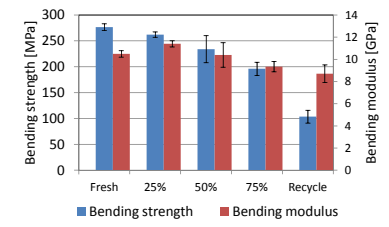
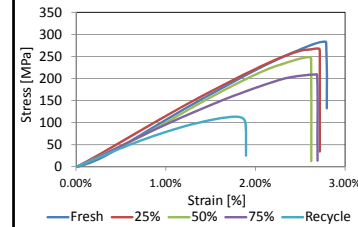
サンドイッチ部材

1. 表皮部分に用いるフレッシュ材、コア部分に用いるリサイクル材を用意する。
2. コア部分の体積割合(リサイクル率)を変化させて、熱とプレスにより両者を一体化させる。



Spec. No.	表皮材 (上面)	コア材	表皮材 (下面)	リサイクル率
1	4mm (Fresh)			0%
2	1.5mm (Fresh)	1mm (Recycle)	1.5mm (Fresh)	25%
3	1mm (Fresh)	2mm (Recycle)	1mm (Fresh)	50%
4	0.5mm (Fresh)	3mm (Recycle)	0.5mm (Fresh)	75%
5	4mm (Recycle)			100%

サンドイッチ部材の試験結果



リサイクル率	曲げ強度回復率	アイゾット衝撃値回復率
0% (Fresh)	100%	100%
25%	92.4%	102%
50%	81.0%	89.1%
75%	70.9%	84.1%
100% (Recycle)	37.5%	33.3%

- リサイクル率に応じた物性の回復

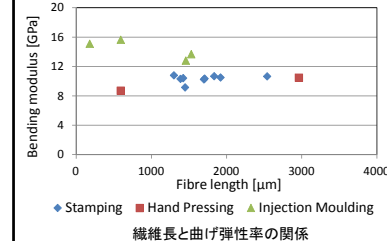
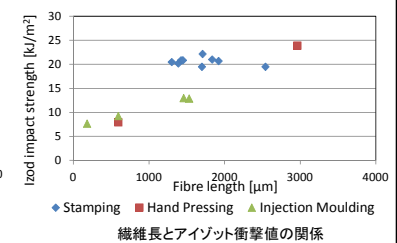
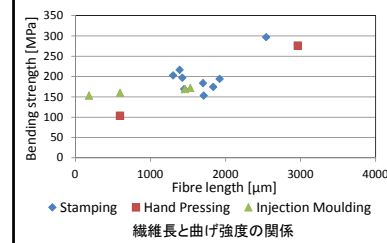
22

市場ゴミを対象としたリサイクル—結果まとめ

- リブ強化部材ではリブ材料がリサイクル材の場合でも、パネル材の曲げ剛性および最大荷重を大幅に増加させることが可能。
- サンドイッチ部材では表面に薄くフレッシュ材を積層するだけで物性は大幅に向上する。完全な物性回復にはリサイクル率の検討が必要。

23

繊維長と各物性の関係

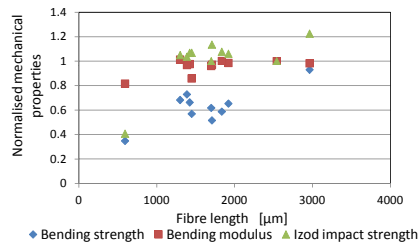


- 曲げ弾性率が最も繊維長の影響を受けない。
- 曲げ強度と衝撃値はそれぞれ強い繊維長の影響を受ける。
- 射出成形では特に曲げ弾性率において物性を過大評価している。

24

繊維長による各物性の発現性

フレッシュ材の各物性を1とした値を示す。



- 各物性で、十分な性能を発揮するために必要な繊維長は異なる。
- 必要繊維長が最も短いのは曲げ弾性率、次に衝撃値、最後に曲げ強度である。
 - ✓曲げ強度を発現させるためにはフレッシュ材とほぼ同じ繊維長が必要
- 製品毎に求められる要求性能を念頭に繊維長設計を行う必要がある。

25

結論

- 曲げ強度およびアイゾット衝撃値に関しては、リサイクル段階を経て繊維長が低下するにつれて**劣化の度合いが顕著**であった。従って、繊維長が保持可能な条件下でリサイクルを行う必要がある。
- 繊維長低下の要因としては破砕片サイズ、プレス成形時の成形圧力が挙げられる。破砕片サイズと同等の繊維長を有する材料の場合には、破砕による繊維破断の影響が大きくなるため、**繊維長に応じた破砕片サイズ**が得られるようにしなければならない。
- リブ強化部材とサンドイッチ部材の一部にリサイクル材を使用した試験片は、フレッシュ材のみで作製した試験片と**遜色ない結果**を示し、リサイクル材の使用量を変化させることで所望の物性値を有する部材の作製が可能である。
- リサイクルCFRTPはカスケード利用のみならず、**構造部材としての再利用**も可能であることが示され、安く入手できるリサイクルCFRTPの有効活用、需要拡大が期待できると言える。

26

ご静聴ありがとうございました。

27