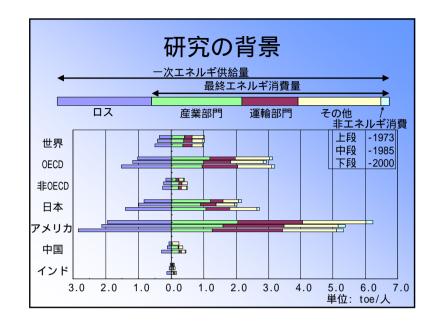
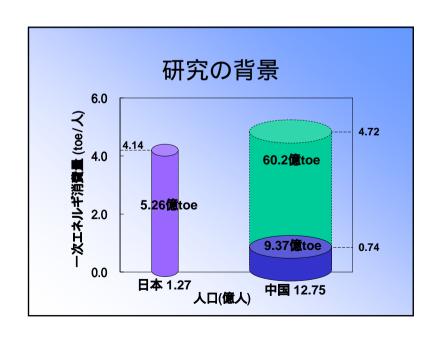
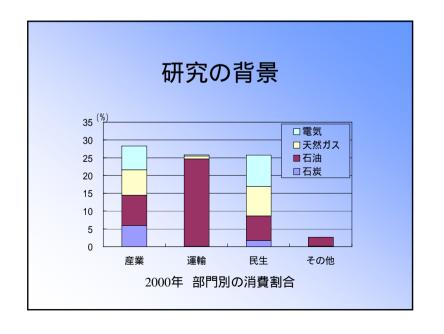
再生可能資源を用いた 環境調和型複合材料の創成及び評価 指導教官 高橋 淳 助教授 26291 森本 晋介







本研究の目的

大目標:持続可能な社会を築くこと



枯渇性資源依存からの脱却



素材原料に使用されている資源消費を抑制する



一案として再生可能資源を用いて構造部材の代替となる なり得る 環境調和型複合材料を創成する

外部動向

企業

トヨタ自動車: ケナフとポリ乳酸で自動車の内装品に使用 NEC: ケナフとポリ乳酸、今後2年以内に電子機器向けに実用化 松下電工: ケナフでボード及びシート

etc 大学

同志社大学: 竹とポリプロピレン、シート材 京都工芸繊維大学: ラミーとポリ乳酸、シート材 京都工芸繊維大学: 絹とポリプロピレン、シート材

etc

今までは、薄板など非構造部材しか研究されていない

適用範囲が狭い

本研究の流れ

再生可能資源で何処まで強くなるか力学的特性を調査

新素材を用いた場合の三次元格子構造体について解析

新素材の環境負荷評価

用いた再生可能資源

繊維:ケナフ繊維

樹脂:ポリ乳酸樹脂





ポリ乳酸とは

- Poly Lactic Acid

乳酸を化学的に重合させたもの 乳酸の原料は植物中に豊富に含まれるシュークロース、 グルコースなどの糖質 原料となる植物を問わない

ポリ乳酸樹脂の特徴

- 1.生分解性を有する
- 2. 高弾性
- 3.透明性を有する
- 4.耐熱性が弱い
- 5.加工性が悪い

ケナフとは





ジュート&ケナフホームページより

NAGANOケナフの会ホームページより

アオイ科フヨウ属の一年草 繊維作物として熱帯から温帯にかけて古くから栽培 非木材紙の原料として近年注目 光合成能力に優れ二酸化炭素の吸収量が多い 繁殖力旺盛なので痩せた土地でも栽培可能 若葉は食用にもなる

本研究の流れ

再生可能資源で何処まで強くなるか力学的特性を調査

新素材を用いた場合の三次元格子構造体について解析

新素材の環境負荷評価

FRP作製方法

ポリ乳酸樹脂はペレット状 板状に加工(中間材) FRP作製

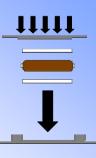






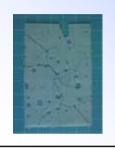
ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂 試験片母体作製方法

ケナフ繊維を撚りあわせた疑似連続繊維 一方向強化・繊維体積含有率40% 内寸:200mm×130mm×3mmの金型を使用 気泡を除去する為に真空引きを行った 設定温度185 、3.8MPaで加熱加圧成型 水分の影響を除去する為に100 で20分間保持 急冷(3分間で130)



ポリ乳酸樹脂板作製方法

内寸:200mm×130mm×1mmの金型を使用 気泡を除去する為に真空引きを行った 設定温度185、3.8MPaで加熱加圧成型 急冷(3分間で130)





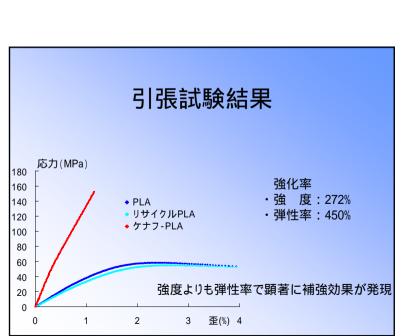


試験片の種類について

ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂

- 一度の加熱で成型したポリ乳酸樹脂単体
- 二度の加熱で成型したポリ乳酸樹脂単体





引張試験結果

		強度	弾性率	破断歪
		MPa	GPa	%
PLA	平均	58.1	4.2	-
	変動係数	0.3	3.6	-
リサイクルPLA	平均	55.3	3.6	-
	変動係数	0.8	3.2	-
ケナフ-PLA	平均	151.4	16.6	1.1
777-PLA	変動係数	3.1	2.8	3.3

発現率について

ケナフ繊維束の引張試験結果及び文献値より発現率を求める

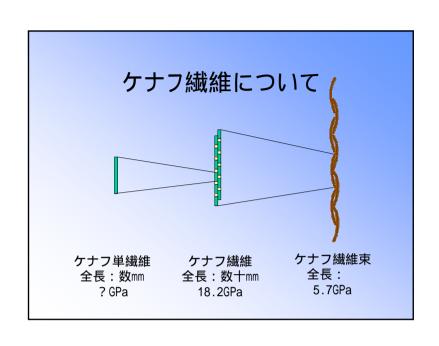
・ケナフ繊維束弾性率(実験値): 5.7GPa ・ケナフ繊維弾性率 (文献値): 18.2GPa

・ポリ乳酸樹脂弾性率(実験値): 3.6GPa

文献值出典:松下電工技報

$$E = V_f \times E_f + (1 - V_f) \times E_m$$

	理論値	発現率
ケナフ繊維束より	4.8GPa	348%
ケナフ繊維より	9.5GPa	176%





複合則を用いて剛性・強度を逆算

・発現率:100%

・樹脂弾性率:3.6GPa ・FRP弾性率:16.6GPa ・破断ひずみ:1.1%

$$E_f = \frac{E}{V_f} + (1 - \frac{1}{V_f}) \times E_m$$

ケナフ単繊維弾性率:36GPa ケナフ単繊維強度:415MPa



各試験片母体からダイヤモンドカッタで切出 繊維強化プラスチックは繊維方向に沿って切出

幅:15mm

ゲージ間長:8mm(全長:48mm) クロスヘッドスピード:0.5mm/min

ロードセル:2t

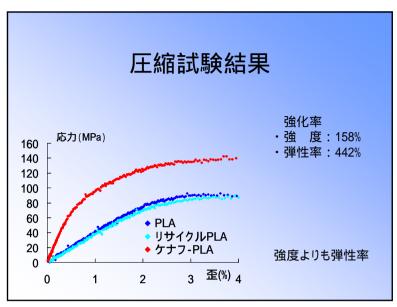
ひずみゲージを使用

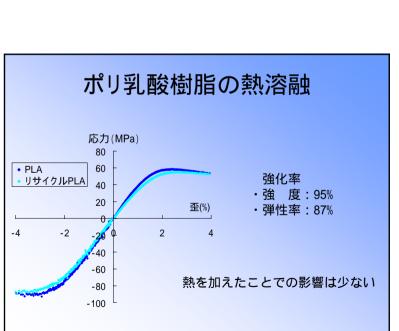


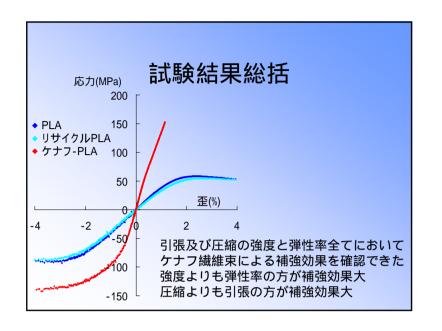


圧縮試験結果

		強度	弾性率	破壊樣式
		MPa	GPa	
PLA	平均	92.8	4.0	圧壊
PLA	変動係数	1.7	2.4	工 场
リサイクルPLA	平均	88.5	3.5	厂+赤
	変動係数	0.8	6.3	圧壊
ケナフ-PLA	平均	140.1	15.3	Г.
	変動係数	2.5	6.8	圧壊



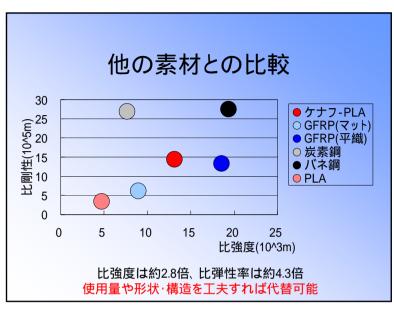




他の素材との比較

一方向強化ケナフ繊維東強化ポリ乳酸樹脂(V_f = 40%) チョップドストランドマット強化GFRP(V_f = 19.2%) 平織強化GFRP(V_f = 42.1%) 炭素鋼(S40C) バネ鋼

	比強度	比弾性率
ケナフ-PLA	100%	100%
GFRP(マット)	68%	42%
GFRP(平織)	141%	92%
炭素鋼	58%	186%
バネ鋼	147%	190%





本研究の流れ

再生可能資源で何処まで強くなるか力学的特性を調査

新素材を用いた場合の三次元格子構造体について解析

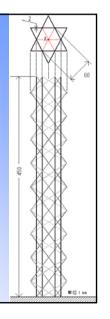
新素材の環境負荷評価

有限要素法解析

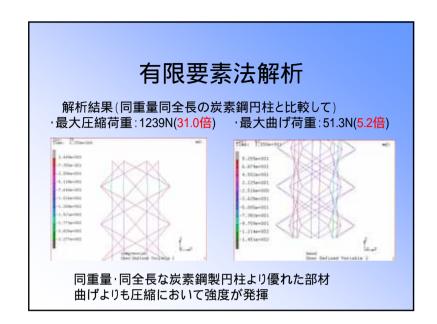
解析モデル

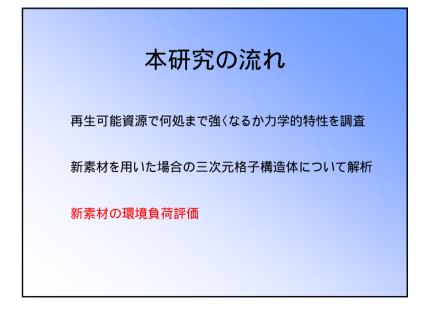
- ・ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂製
- ・正六角形の外接円の直径:60mm
- ・全長:450mm (9スパン)
- ・軸:直径2mmの円形断面
- ・ポアソン比:0.3 ・重量:49.9g

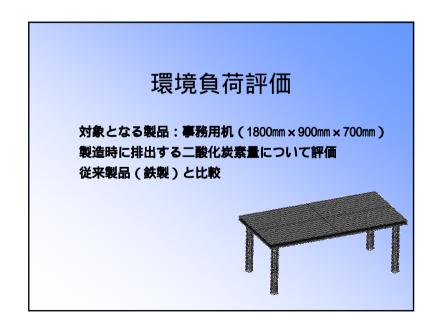
圧縮及び曲げについて解析



有限要素法解析 解析結果 ・最大圧縮荷重: 1239N ・最大曲げ荷重: 51.3N 「最大曲げ荷重: 51.3N 「最大曲げ荷重: 51.3N 「最大曲げ荷重: 51.3N 「最大曲げ荷重: 51.3N 「最大曲で記す」 ・ 最大曲の記す ・ 最大曲の記す ・ 最大曲の記す ・ 最大曲の記す ・ 最大曲の記す ・ またをの記す ・ またをの記す







二酸化炭素排出量

	kg-CO₂/台
輸送	1.61
PLA製造	9.20
繊維束製造	2.10
FRP製造	4.24
机組立	35.06
流通	0.42
合計	52.62



ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂製:52.6kg-CO₂/台

まとめ

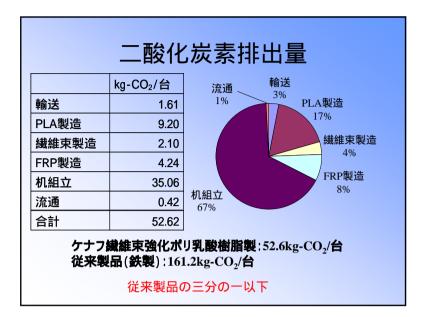
ポリ乳酸樹脂に対するケナフ繊維束の補強効果を確認した。 ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂を用いて三次元格子構造体を 作製するとした場合、同重量、同全長の炭素鋼製円柱よりも 圧縮・曲げ共に勝ることがわかった。

構造部材に用いられている鉄やGFRPの一部を代替し得る。

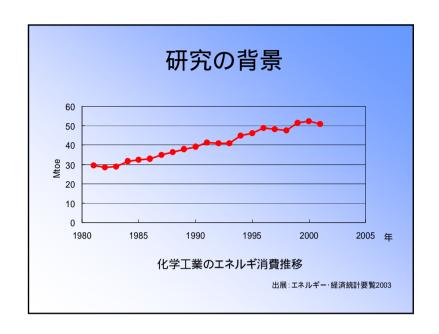
事務用机の製造における二酸化炭素排出量を調査した結果、 従来の鉄製机に比べて約30%程度であった。

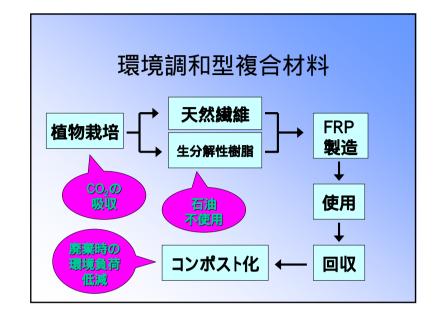
環境調和型複合材料と言えることが示された。

基礎素材製造部門における大幅な省資源化が可能









供給能力について

ケナフ

·砂漠化面積:6万km²/年

・ケナフ繊維収量:536t/km²/年 ・ケナフ繊維収穫高:3216万t/年

全てケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂に使用する場合・・・ ケナフ繊維束強化ポリ乳酸樹脂:約9000万 t

供給能力について

ポリ乳酸樹脂

- ・あらゆる糖質から生産可能
- ・トウモロコシと米の残滓から生産する場合、理論上ポリ乳酸 樹脂は約4億トン生産可能

	可食部収量	残滓収量	理論糖質収量	ポリ乳酸
トウモロコシ	6.00	6.00	3.23	2.20
*	5.96	4.68	2.61	1.78

単位:億トン/年 第20回グリーン購入研究会資料より

穀物生産量

植物資源	世界収量	糖質理論収率	糖質換算両量	ポリ乳酸
	億トン/年	%	億トン/年	億トン/年
小麦	5.83	60	3.50	2.38
トウモロコシ	6.00	60	3.60	2.45
*	5.96	60	3.58	2.43
馬鈴薯	2.94	15	0.44	0.30
キャッサバ	1.68	20	0.34	0.23
サツマイモ	1.35	25	0.34	0.23
サトウキビ	12.74	15	1.91	1.30
ビート	2.63	15	0.39	0.27
合計	39.1		14.1	9.58

ポリ乳酸の力学的特性

三井化学製レイシアH-100

・結晶性で透明性に優れる

・融点:164

・ガラス転移温度:57 位

・メルトフローレート: 8g/10min (190 、2.16kg)

・強度:73MPa ・弾性率:3.3GPa ・伸び率:5%

三井化学レイシアパンフレットより抜粋

ケナフ繊維束の引張試験



一束につきケナフ繊維は約80本 直径の平均は0.505mm 比重は1.05g/cm³ 水分の影響をなくす為100 で24時間

	直径	引張強度	弾性率
	μm	MPa	GPa
ケナフ繊維束	500	153	5.7
ケナフ繊維	82	479	18.2
ガラス繊維(E)	10	2500	76.0

(注1):松下電工技報 (注2):複合材料の事典(朝倉書店)

ケナフ繊維東強化 不飽和ポリエステル樹脂 試験片母体作製方法





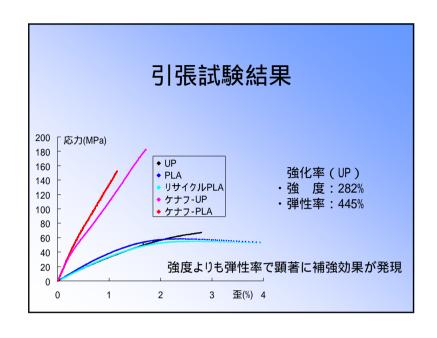


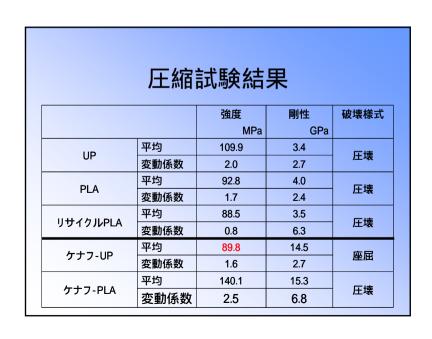
内寸: 200mm × 130mm × 5mmの金型を使用 繊維が真っ直ぐになる様にアルミ板に巻き付けた

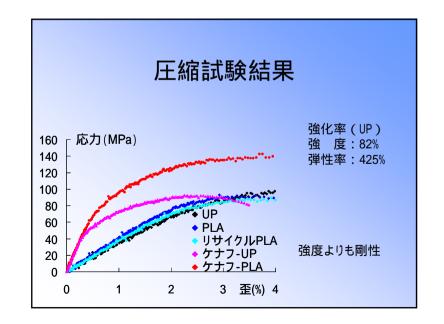
繊維体積含有率: 40% 3.8MPaで加圧成型

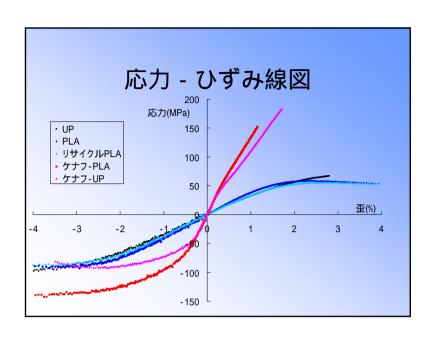
室温で硬化させた後、40 で16時間の後硬化

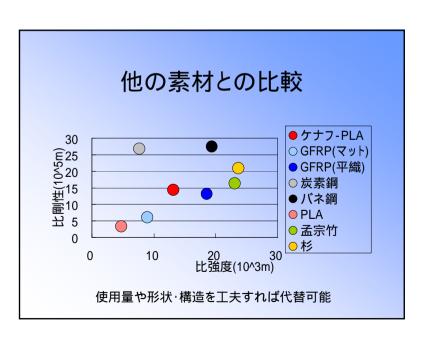
引張試験結果 破断応力 弾性率 破断歪 GPa MPa 平均 62.0 3.8 2.3 UP 変動係数 7.7 3.1 18.1 平均 58.1 4.2 PLA 变動係数 3.6 0.3 平均 55.3 3.6 リサイクル PLA 变動係数 0.8 3.2 _ 平均 174.7 16.8 1.6 ケナフ-UP 変動係数 5.1 24.0 4.5 平均 151.4 16.6 1.1 ケナフ-PLA 変動係数 3.1 2.8 3.3



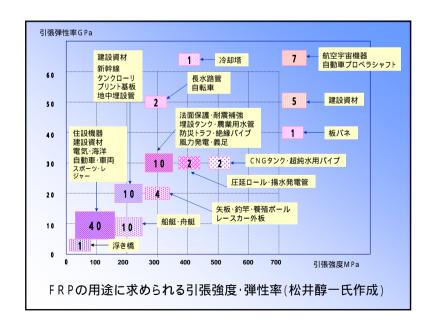


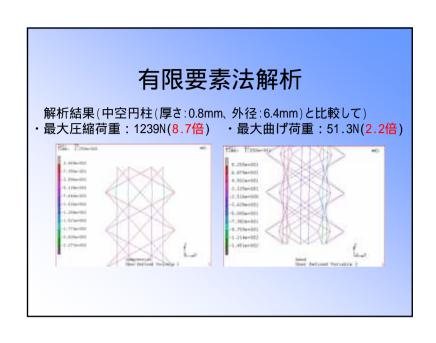




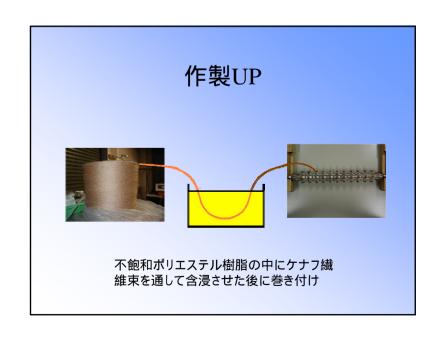












アンケート結果

	設定価格	全体平均	知識のある層
ボールペン	150	160.4	164.6
机	10000	10399.3	11191.7
PC	150000	145977.0	150898.3
ハンガ	500	471.8	506.0

単位:円