

# ケナフ繊維束強化ポリ乳酸の力学特性評価と持続可能社会への貢献度評価

## Mechanical Property and Contribution to Sustainable Society of Kenaf Fiber Reinforced Polylactic acid

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 4年 30748 中村 美帆子  
指導教官 高橋 淳 助教授

本研究では、植物由来のプラスチックであるポリ乳酸と二酸化炭素の吸収効率が高いケナフを用いて複合材料を作ることによって枯渇性資源から作られる人工物用材料に代替させ、それによる持続可能性社会への貢献度を考察した。まずケナフ繊維束強化ポリ乳酸(以下ケナフ P L A)は引張強度で 151MPa、弾性率で 16GPa、アイゾット衝撃吸収値で 36J/m となり、力学的特性が大幅に向上した。また、全世界の鉄・プラスチックを可能な限りケナフ P L A によって代替した場合、何の対策も取らない場合と比較して 9% の化石燃料使用量を削減できる可能性があるということがわかった。

**キーワード:** ケナフ ポリ乳酸 持続可能社会 複合材料 植物由来材料

### 1. 緒言

私たちの文明はエネルギーによって支えられている。私たちは石油をはじめとした化石燃料に依存したエネルギーを利用することによって文明的といわれている生活を享受しているが、化石燃料は有限な枯渇性資源であり、いずれは枯渇してしまうことが危惧されている。この資源の枯渇という問題に一つの解決策を示しうるのが本論文で取り上げる再生可能資源を用いた複合材料である。ケナフ P L A は既存の材料である鉄鋼やプラスチックと異なり、人類が管理可能な時間で再生産が容易な材料であるため今まで材料を作るといった目的の下使用されてきた資源の消費を抑えることにつながる。本研究ではケナフ P L A についての力学特性を調べることで代替可能な範囲を特定し、その有効性について議論したい。

### 2. 力学的特性評価

#### 2.1 ケナフ繊維束の力学的特性

まずは強化繊維であるケナフ繊維束の特性を知る必要がある。ケナフ繊維束は紡績の際、表面に紡績機による油分が付着していることがあるためアセトンに約 15 分浸し、油分を除去した後、80 で 15 時間乾燥させたものを用いた。

まず、アセトンで洗浄した際に強度に影響が出ないかを確認するためアセトン洗浄したケナフ繊維束と未洗浄のケナフ繊維束の強度を比較したところ、大きな影響は認められないことが確認された。次に、繊維の長さを 2cm から 10cm まで 1cm ごとに変え引張試験を行った。試験結果は図 1 の通りである。グラフより繊維束長さが 5cm 以下とそれ以上で引張強度に大きな差があることがわかる。このことは 5cm 以下では繊維自体が破断する強度

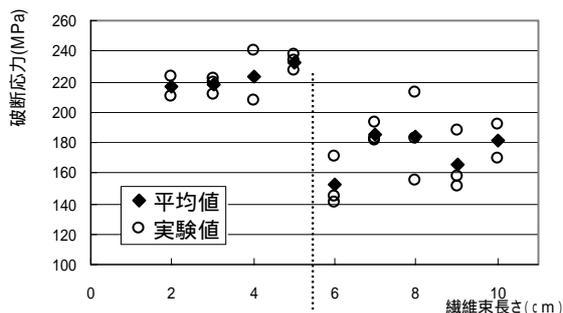


図 1 ケナフ繊維束の長さ別引張強度

で破断し、それ以上では絡まっていた繊維が抜けることによって破断していると考えられる。これより繊維自体が破断するときの強度は 219MPa、繊維が抜けるときの強度は 174MPa であることがわかった。

また、ケナフ繊維束を加熱して強度を測定したところ、200 以下では大きな影響を与えないことも確認された。

#### 2.2 ケナフ繊維束強化プラスチックの力学的特性評価

複合材料のマトリックスとしてよく用いられている熱硬化性樹脂である不飽和ポリエステルと、汎用プラスチックとしても使用量が多い熱可塑性のポリプロピレン、そして植物由来の生分解性樹脂であるポリ乳酸の 3 種類をケナフ繊維束で強化し、比較した。また、樹脂が結晶化した場合とそうでない場合について物性が異なるので P L A については結晶化した場合とそうでない場合についても考慮した。ケナフ P L A 板はペレットを薄いシート状に加工し、その上に体積含有率が 40% になるようにケナフ繊維束を巻くことによって作成した。

試験は引張、圧縮、曲げ、アイゾット衝撃強さについて実施した。図 2 は引張試験における各試験片の代表的な応力・ひずみ線図である。また、全試験結果を表 1 に示す。

試験結果からケナフ繊維束で強化することによって全体的に力学的特性が向上していた。強度・弾性率の高さからみると U P、P L A、P P の順に高いが、強度・弾性率の上昇度合いからす

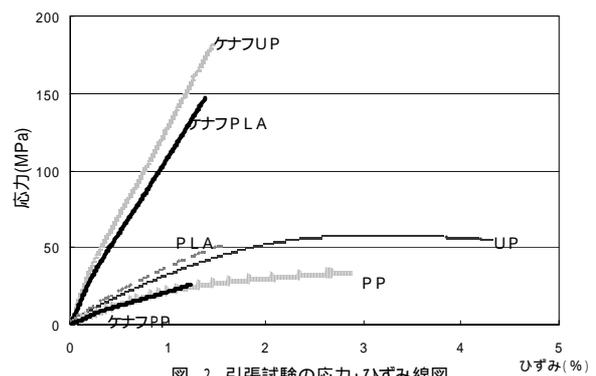


図 2 引張試験の応力・ひずみ線図

表1 ケナフ繊維束強化プラスチックの力学的特性試験結果

		UP		PP		PLA			
		ケナフ強化	樹脂のみ	ケナフ強化	樹脂のみ	ケナフ強化		樹脂のみ	
						結晶	非結晶	結晶	非結晶
引張	強度MPa	183	57.6	26.2	32.4	151	151	20.9	47.6
	ひずみ%	1.54	2.96	1.25	1.69	1.36	1.10	0.43	1.48
	弾性率GPa	17.3	3.35	2.64	2.65	15.8	16.6	4.84	3.59
圧縮	強度MPa	96.6	83.1	95.5	66	93.7	140	112	92.0
	ひずみ%	2.04	3.76	6.04	7.90	2.67	*1	2.73	3.37
	弾性率GPa	14.2	3.15	13.1	2.63	15.0	15.3	4.91	3.68
曲げ	強度MPa	175	93.9	119	64.6	135	*2	31.9	89.3
	ひずみ%	5.47	2.40	6.46	1.26	3.96	*2	0.65	2.19
	弾性率GPa	13.2	6.35	8.86	5.58	11.3	*2	3.75	7.45
衝撃	衝撃吸収 J/m	45.5	10.5	24.0	4.40	34.1	*2	3.90	13.9

注: \*1 部のデータは得られなかった。\*2 部の測定は本実験では行わなかった。

るとPLAが最も高かった。

図4の断面図を見るとPLAは十分含浸していたが、UPは繊維束の中心部にポイドが見られ、PPでは樹脂と繊維束の境界面にポイドが見られた。このことから樹脂と繊維の相性のよさはPLA、UP、PPの順になっており、それが強度の上昇率にも現れたのだと考えられる。

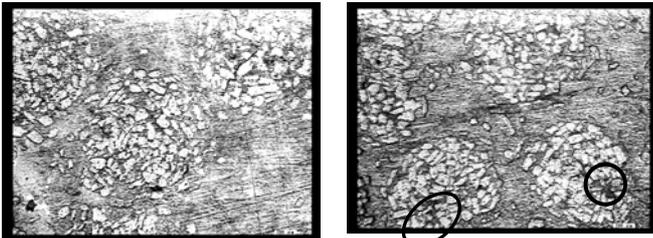


図3 ケナフ繊維束強化プラスチック断面(倍率400倍)  
左上 PLA 右上 UP  
左 PP 部分がポイド

以上の結果をもとに、他の材料とケナフPLAの比強度、比曲げ剛性のグラフに合わせて比較すると図4のようになる。これより比強度、比面曲げ剛性で見た場合、ケナフ繊維束強化

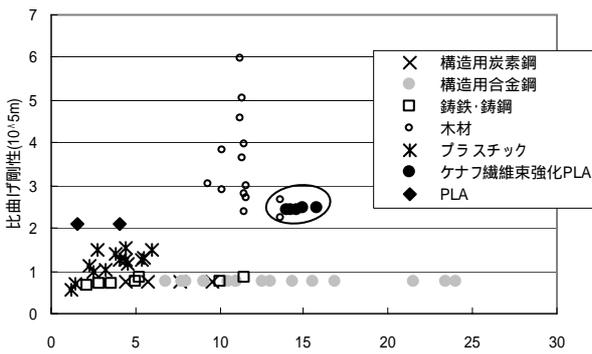


図4 既存材料とケナフPLAの比強度・比曲げ剛性

ポリ乳酸はプラスチックの代替はもちろん鉄の代替も可能なのがわかる。また、ケナフ繊維束で強化することで、従来ポリ乳酸でネックとなっていた耐衝撃性・耐熱性についても大幅に改善させることができた。

### 3. 持続可能性評価

鉄鋼・プラスチックの現在の使用例からケナフPLAで代替可能な量を求めると鉄鋼10%、プラスチック50%となった。これをプラスチック・鉄鋼の生産量の将来予測の図6に当てはめてみると以下ようになる。

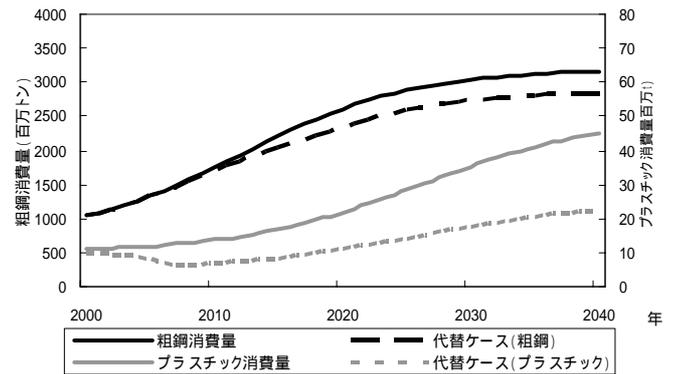


図6 粗鋼・プラスチックの消費量とケナフPLAによる代替量予測

ケナフPLAの代替量はロジスティック曲線と、ケナフPLAが代替可能な鉄鋼・プラスチックの量から求めた。これを節約することができる石油の量に換算すると図7の通りになる。

将来予想されるエネルギー消費のうちその約4分の1を占める鉄やプラスチックといった人工物は現在、先進国にはある程度蓄積しており、リサイクルという方法も可能ではあるが、発展途上国が先進国並みに発展するためには、どうしても新たな構造材が必要となる。その需要量は現在の約3倍にも達する。ケナフ繊維束強化ポリ乳酸はその構造材として大きく貢献することが期待できる。

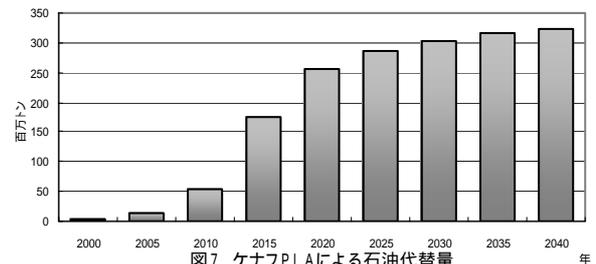


図7 ケナフPLAによる石油代替量

### 4. 結論

ポリ乳酸はケナフ繊維で強化されることによって強度、剛性が上昇した。特にポリ乳酸導入の際のネックとなっている耐衝撃性については3.90J/mから34.1J/mと大幅に改善された。

ケナフPLAは現在の鉄鋼使用量の10%、プラスチック使用量の50%を代替することができ、将来的には素材分野における石油使用量を現状のままと比較すると9%削減することができる。ケナフPLAを効果的に導入するためには途上国への利用が鍵となる。(紙面の都合上参考文献は省略する。)