

# バイオマス繊維を強化材に用いた 積層複合軽量素材

金沢工業大学

バイオ・化学部 応用化学科

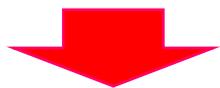
講師 附木貴行

2023年2月28日

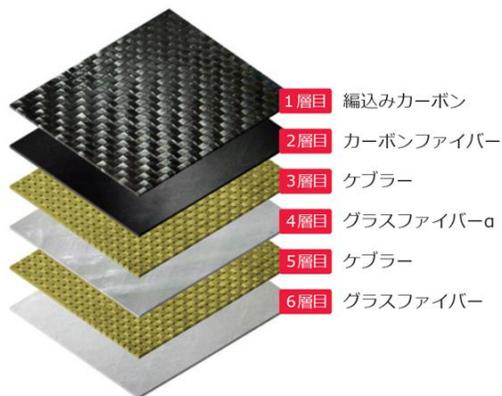
11:30-11:55

# 従来技術とその問題点

スポーツ用品やフルカウルバイクに複合材料が適応され、軽量化に向けた既往研究も存在する。重量が重いと身体負荷が大きく、不快感を感じる事が確認されている。



軽量化に向けた材料選定や開発が進められている。



積層構成の例

## 各素材の比重

ガラス繊維(GF):2.6 g/cm<sup>3</sup>  
 カーボン繊維(CF):1.8 g/cm<sup>3</sup>  
 アラミド繊維(AF):1.5 g/cm<sup>3</sup>  
 熱硬化樹脂:1.0 g/cm<sup>3</sup>

	コスト	物性	比重
CF	×	◎	○
GF	◎	○	×
AF	×	◎	◎

問題点

高強度かつ軽量な素材が必要

# 新技術の特徴・従来技術との比較

## 炭素繊維、アラミド繊維

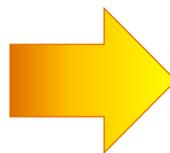
### 化石資源依存型社会

#### 資源安定確保の問題

- ・ 資源の枯渇
- ・ 資源供給国の政治情勢
- ・ 資源獲得競争

#### 温室効果ガスの削減問題

地球環境・経済面において  
脱却する必要性



## セルロース繊維

### 低炭素社会

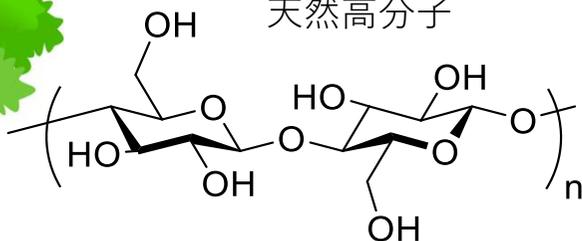
- 省エネルギー化
- 再生可能エネルギーへの転換
- バイオマス資源の利活用
  - ・ 再生可能資源
  - ・ カーボンニュートラル
  - ・ 軽量

世界的な動き



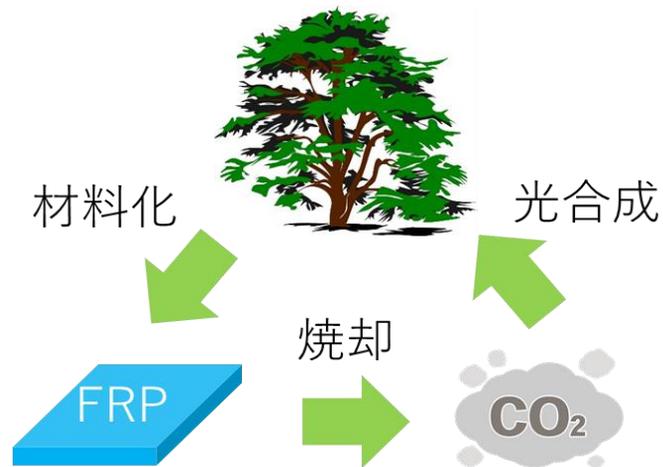
### セルロース

自然界に最も多い  
天然高分子



### 木質バイオマスの特徴

多孔性の組織を持つ親水性の素材  
高弾性・高強度・低熱膨張性 軽量



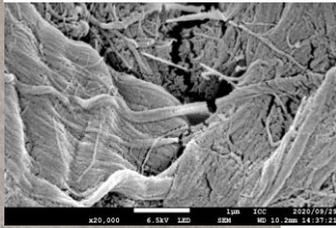
カーボンニュートラル  
循環型社会の形成に役立つ！

# 材料(繊維および樹脂)

## CNF混抄紙

A

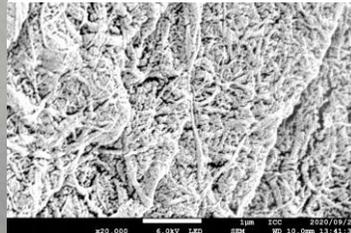
CNF No.9329



0.29 g/cm<sup>3</sup> 50 g/m<sup>2</sup>  
厚さ:0.29 mm

B

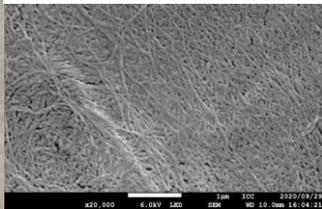
CNF No.9328



0.33 g/cm<sup>3</sup> 100 g/m<sup>2</sup>  
厚さ:0.33 mm

C

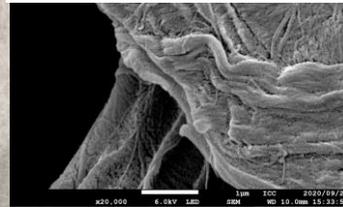
CNF No.9332



0.42 g/cm<sup>3</sup> 50 g/m<sup>2</sup>  
厚さ:0.12 mm

D

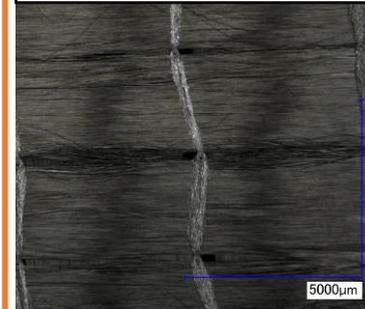
CNF No.9331



0.60 g/cm<sup>3</sup> 24 g/m<sup>2</sup>  
厚さ:0.04 mm

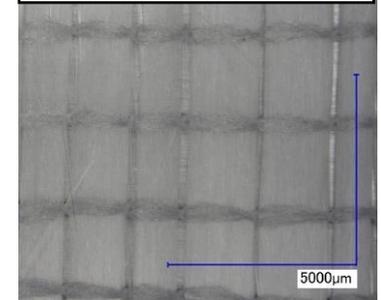
## 無機繊維

炭素繊維



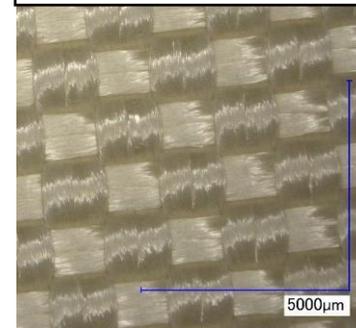
CF NCF  
目付量:300 g/m<sup>2</sup>

ガラス繊維



GF NCF  
目付量:430~440 g/m<sup>2</sup>

アラミド繊維



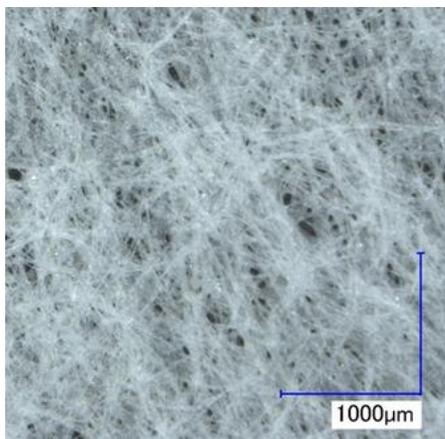
AF 平織  
目付量:510 g/m<sup>2</sup>  
※Non Crimp Fabric:NCF

## マトリックス (樹脂)

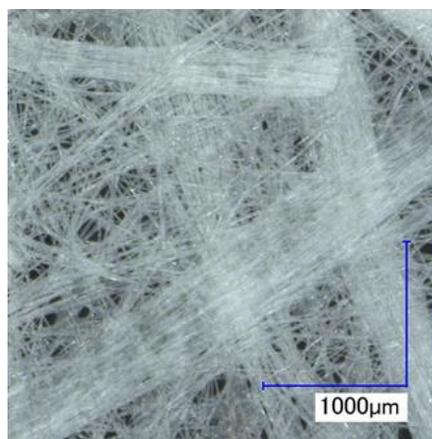
ビスフェノールA型エポキシ樹脂(日本シーカー株式会社)  
主剤:EPOLAM 5015 粘度:800 mPa · s/25 °C  
硬化剤:EPOLAM 5014 粘度:20 mPa · s/25 °C

# 和紙と和紙織物

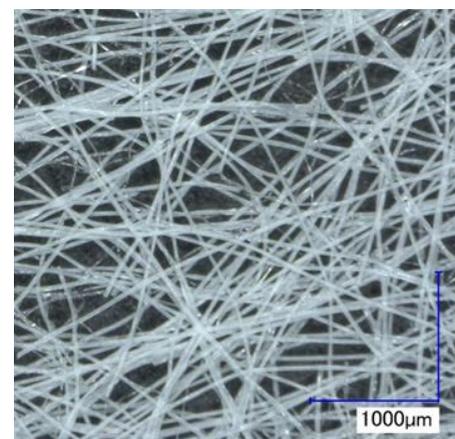
## 和紙



提灯原紙 目付:17 g/m<sup>2</sup>

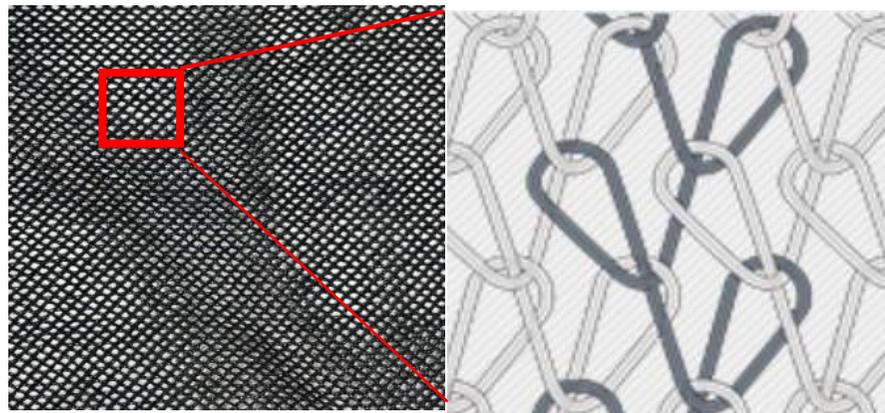


小倉紙目付:35 g/m<sup>2</sup>

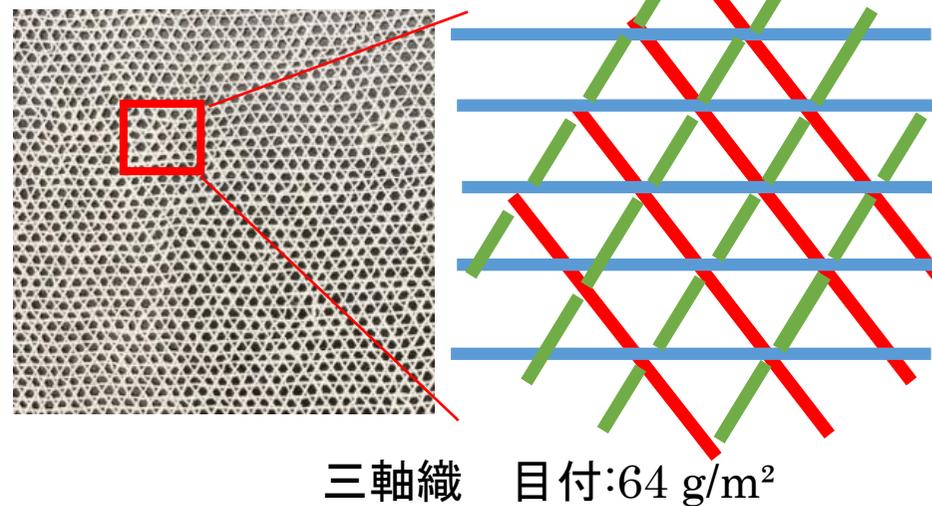


銀流紙 目付:25 g/m<sup>2</sup>

## 和紙織物



経編 目付:100 g/m<sup>2</sup>

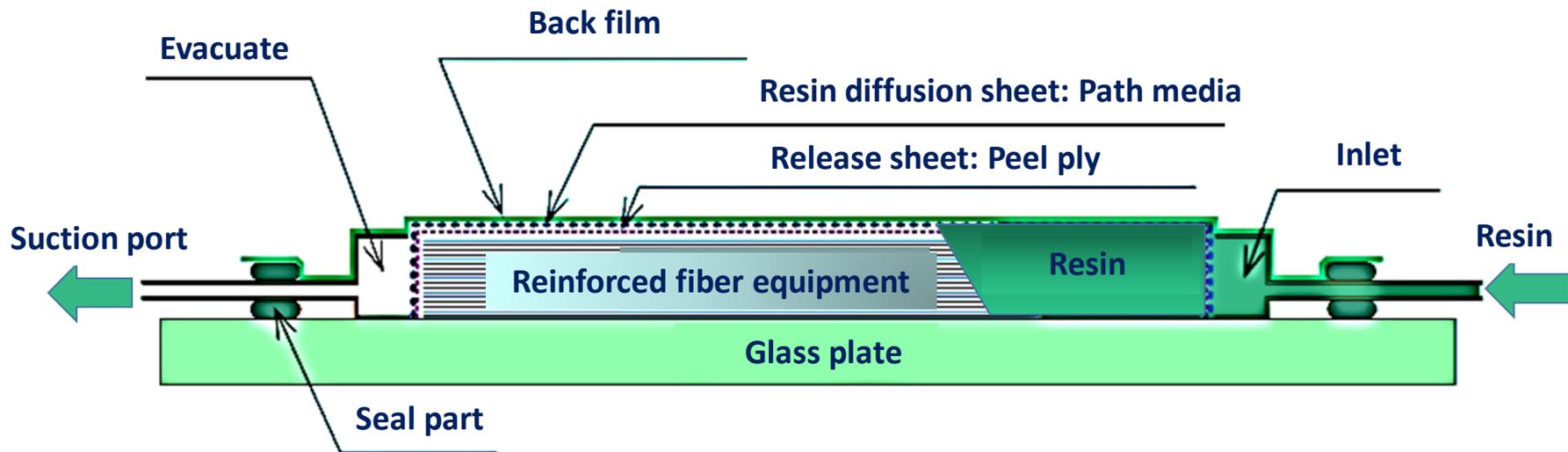


三軸織 目付:64 g/m<sup>2</sup>

# 成形方法

VaRTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding)

繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastics : FRP) の成形法の1つ  
繊維基材を真空環境下で液状の樹脂を注入→含浸→硬化のプロセスで  
FRPを成形する

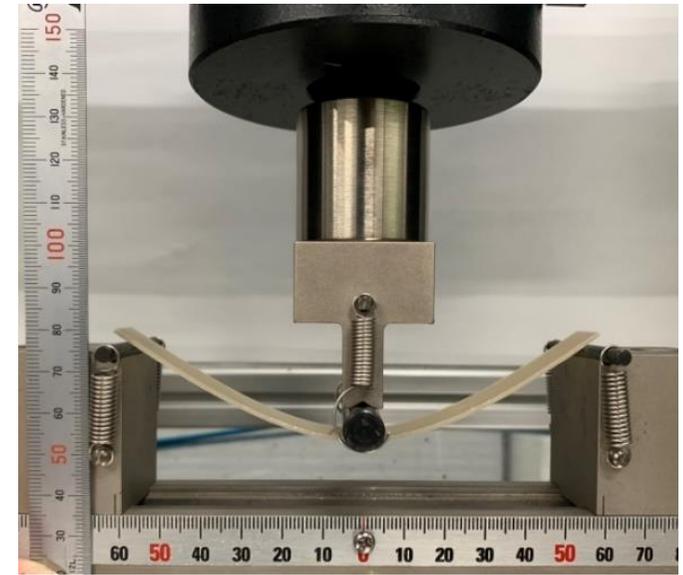
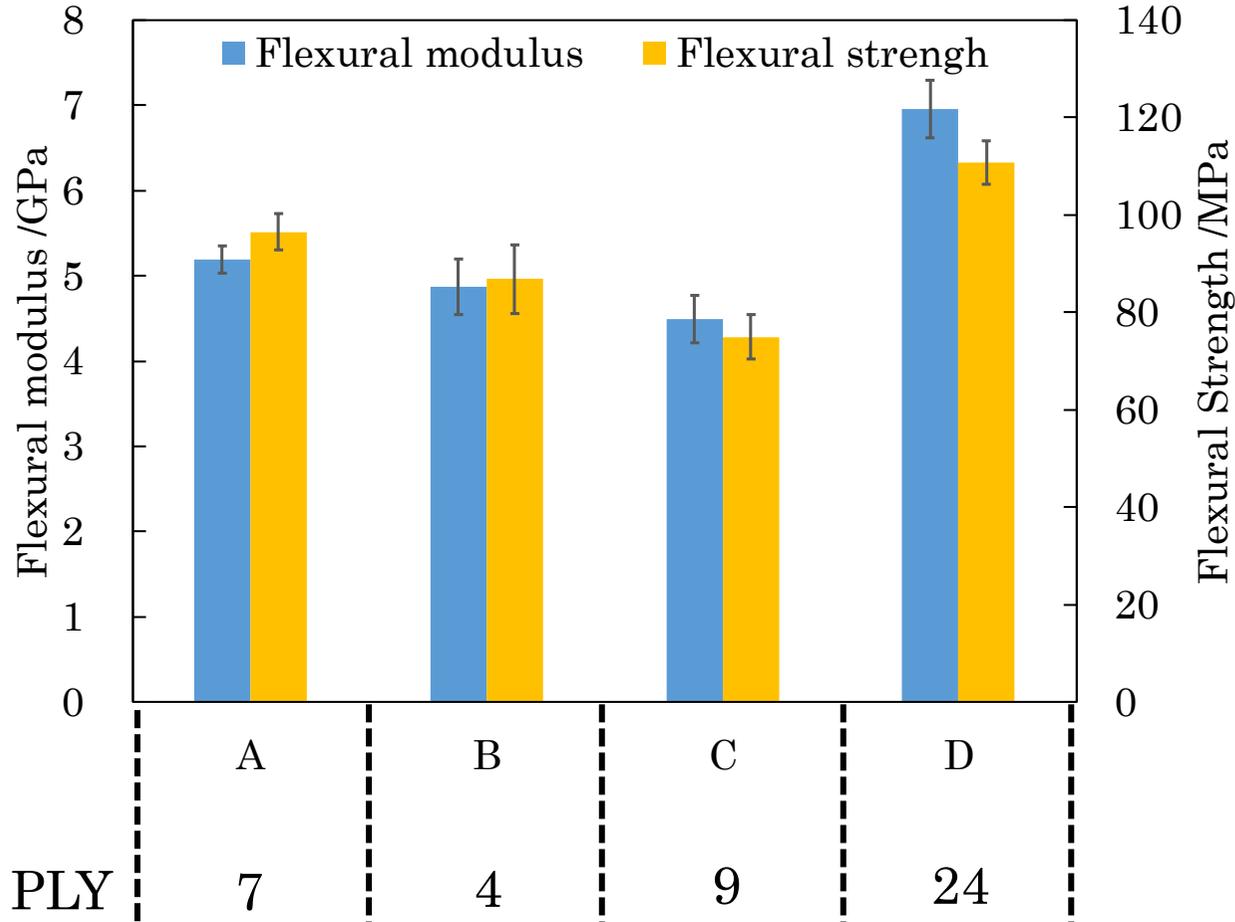


条件

雰囲気:真空(@-100 kPa) 一次硬化:40 °C、12時間(ガラス板上)

二次硬化: 50 °C、8時間(オーブン内)

# 曲げ試験結果



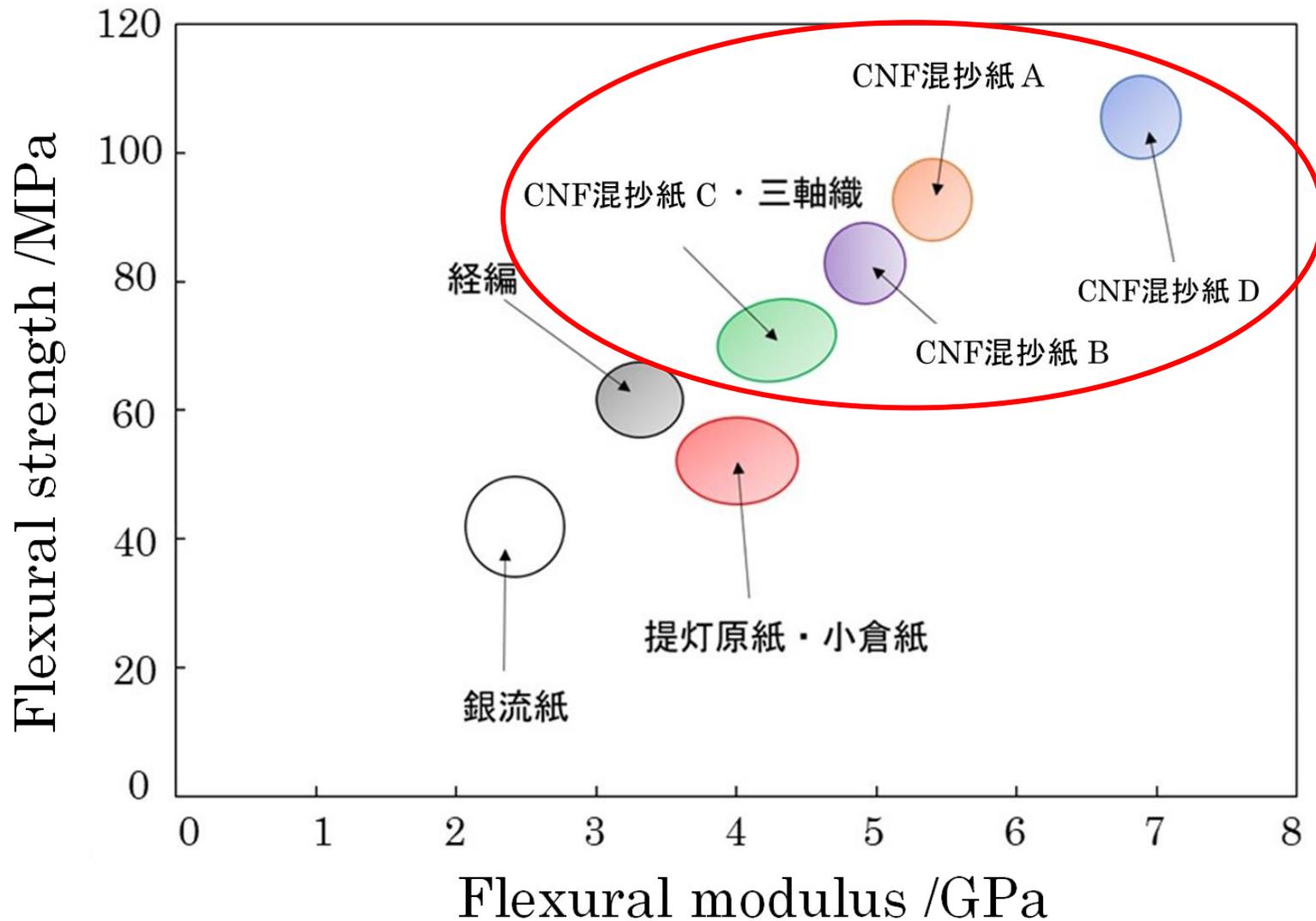
Bending test

Flexural strength and Flexural modulus  
of CNF non-woven sheet

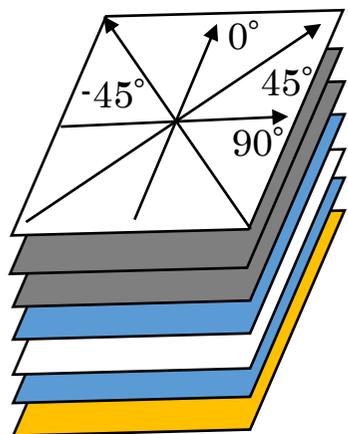
CNF混抄紙Dが最も力学物性が高い

PLY数と密度が力学物性に影響したと考えられる

# 新規積層構成に使用する基材



# 既存と新規積層構成



- CF
- GF
- AF
- CNF



model



Structure ①

Laminated structure

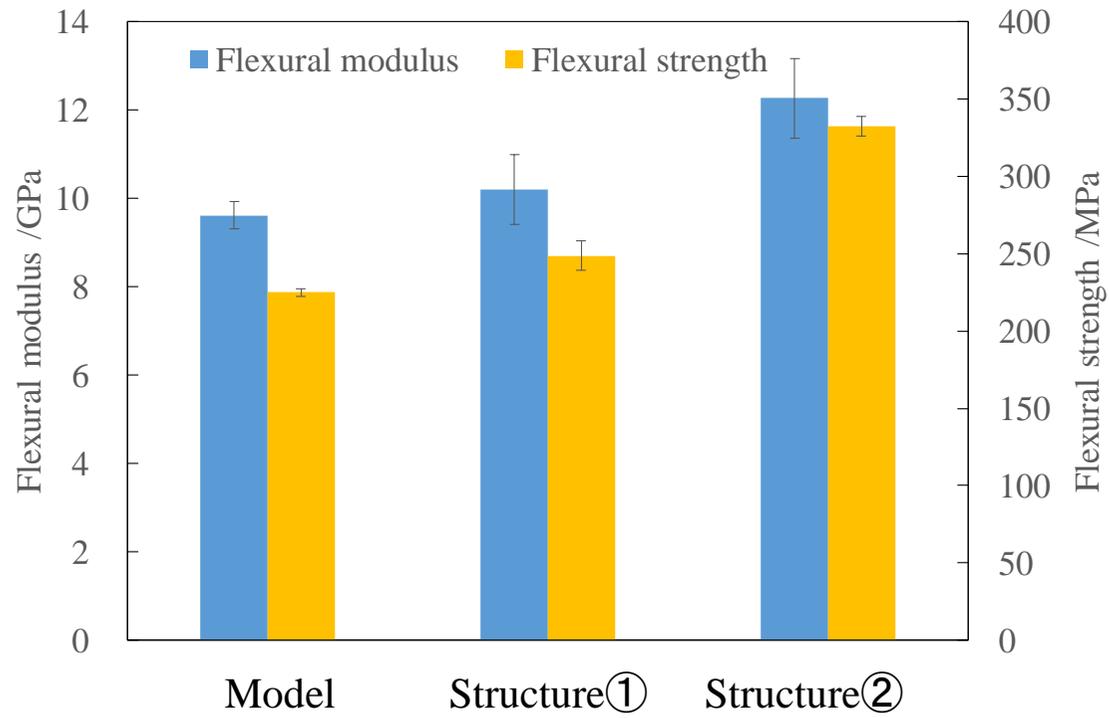
Angle configuration of each laminated structure

Laminated structure model			New laminated structure ①			New laminated structure ②		
PLY	Fiber	Angle configuration	PLY	Fiber	Angle configuration	PLY	Fiber	Angle configuration
1	CF	(-45/45)	3	CNF	/	6	CNF	/
1	CF	(90/0)	1	CF	(-45/45)	1	CF	(90/0)
1	GF	(45/-45)	1	CF	(90/0)	1	CF	(45/-45)
1	GF	(-45/45)	1	GF	(45/-45)	1	CF	(-45/45)
1	GF	(0/90)	3	CNF	/	1	CF	(0/90)
1	AF	(45/-45)	1	GF	(0/90)	1	AF	(45/-45)
/	/	/	1	AF	(45/-45)	/	/	/
thickness of sample(mm)	2.41		2.38			2.30		

# 新規積層構成

New laminated structure ③			New laminated structure ④			New laminated structure ⑤			New laminated structure ⑥		
PLY	Fiber	Angle configuration									
1	CNF		1	CF	(-45/45)	1	CF	(-45/45)	1	CF	(-45/45)
1	CF	(-45/45)	1	CF	(90/0)	1	CF	(90/0)	1	CF	(90/0)
1	CF	(90/0)	6	CNF		1	GF	(45/-45)	1	GF	(45/-45)
1	CF	(45/-45)	1	GF	(-45/45)	1	GF	(-45/45)	6	CNF	
1	GF	(-45/45)	1	GF	(0/90)	6	CNF		1	GF	(0/90)
1	GF	(0/90)	1	AF	(45/-45)	1	AF	(45/-45)	1	AF	(45/-45)
1	AF	(45/-45)									
New laminated structure ⑦			New laminated structure ⑧			New laminated structure ⑨					
PLY	Fiber	Angle configuration	PLY	Fiber	Angle configuration	PLY	Fiber	Angle configuration			
12	CNF		12	CNF		6	CNF				
1	GF	(45/-45)	1	CF	(45/-45)	1	CF	(90/0)			
1	CF	(-45/45)	1	CF	(-45/45)	1	CF	(45/-45)			
1	CF	(0/90)	1	CF	(0/90)	1	CF	(-45/45)			
1	AF	(45/-45)	1	AF	(45/-45)	6	CNF				
						1	AF	(45/-45)			

# 既存と新規積層構成の比較



Mechanical properties of each laminated structure

Weight of laminated Structures(200 × 200 mm)

Structure	weight(g)
Model	149
Structure①	139
Structure②	121

既存の積層構成と比較

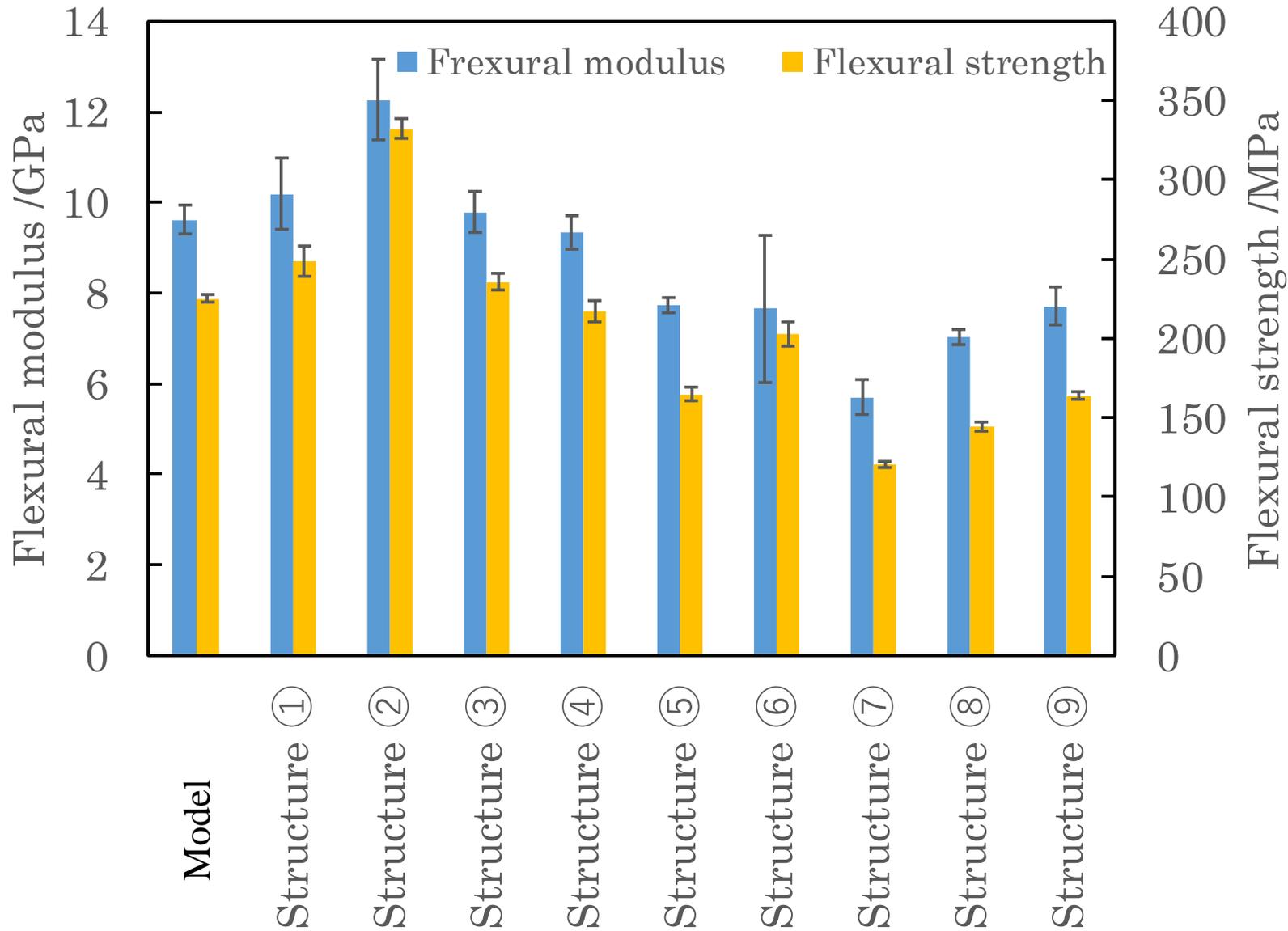
新規積層構成①

曲げ強度 **10%**増加  
 曲げ弾性率 0.2%増加  
 重量 **8%**減少

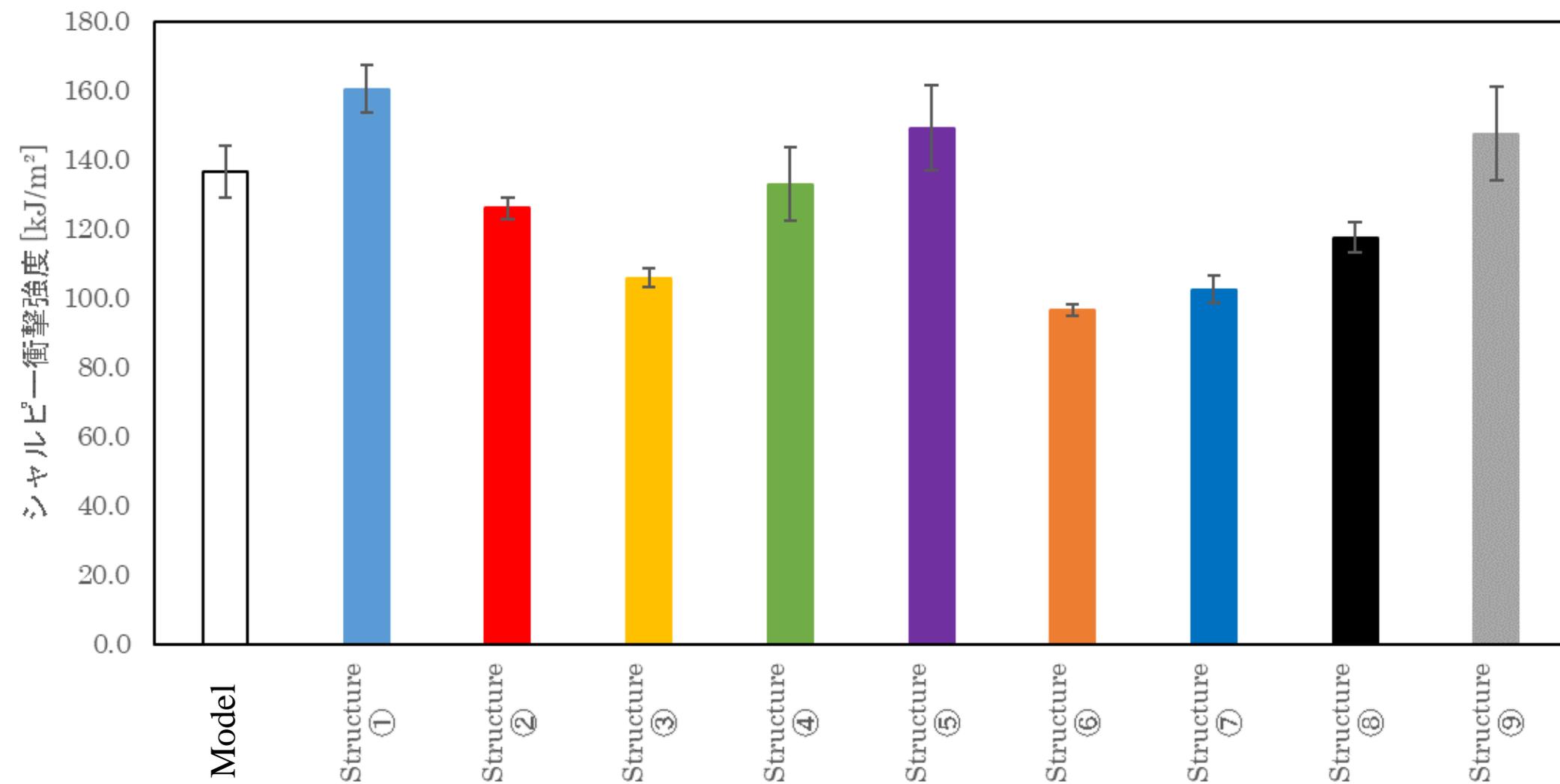
新規積層構成②

曲げ強度 **45%**増加  
 曲げ弾性率 **27%**増加  
 重量 **18%**減少

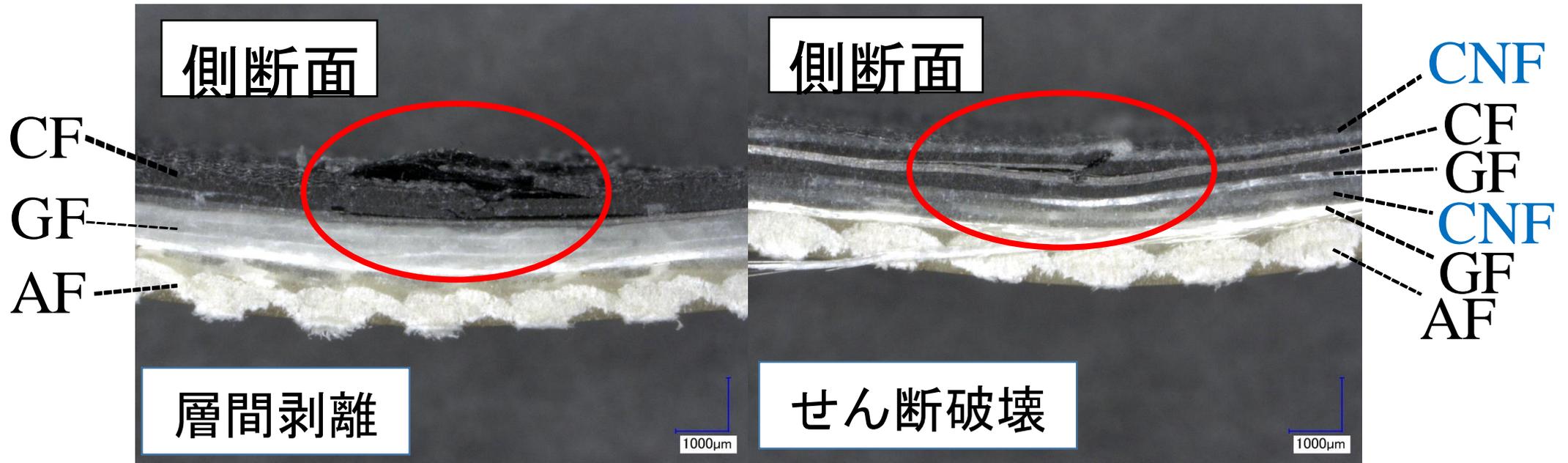
# 曲げ試験結果



# シャルピー試験結果



# 破壊形態観察



Model

Structure①

既存モデル → 層間剥離  
構成① → せん断破壊

CNFを表面(圧縮側)に配置することで  
破片の飛散を防ぐことができる

衝突時の人への安全性が確保できる

# まとめ

## セルロース繊維

セルロース繊維の中ではCNF混抄紙 Dが、  
曲げ弾性7GPa,曲げ強度110 MPaで最も力学物性に優れた。

## 新規積層構成

### 新規積層構成②

- 既存モデルよりも曲げ強度が45 %向上
- 曲げ弾性率が27%向上。
- 重量は18 %軽量化。

CNFの積層構成への採用は軽量化と強度の向上



更なる軽量化に期待

## 実用化に向けた課題

- 現在、CNFについて樹脂含侵による積層成形が他の繊維と変わらないところまで開発済み。しかし、成形加工の効率を上げるために、CNFのプリプレグ化の必要性は未解決。
- 今後、連続成形するためのCNFプリプレグを作製を検討する。

# 想定される用途

## 軽量かつ高強度の分野

- 輸送関係（自動車・二輪車、航空）
- ロボット部品、医療福祉器具
- ドローン、パワーアシストスーツ
- スポーツ用品（スケートボード等）
- 大学等の研究開発品等。

# 企業への期待

- 各繊維と樹脂含侵などのデータを構築し、統計学やデータ分析・データ解析などのアプローチを用い、データから科学や社会、ビジネスなどに役立つ技術により克服できると考えている。
- AIやデータサイエンスの技術を有するプラスチック成形・加工企業との共同研究を希望。

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : バイオマス繊維強化積層複合材
- 出願番号 : 特願2022-048129
- 出願人 : 金沢工業大学
- 発明者 : 附木貴行、松本大輝、吉村治

# お問い合わせ先

**金沢工業大学**

**産学連携局 産学連携東京分室 担当/高田**

**TEL 03-5777-1964**

**FAX 03-5777-1965**

**e-mail [iuctky@mlist.kanazawa-it.ac.jp](mailto:iuctky@mlist.kanazawa-it.ac.jp)**