



地方独立行政法人

京都市産業技術研究所



NCJ
Nanocellulose Japan
Est. 2020

ナノセルロースジャパン

温暖化ガス排出量削減に向けた CNF強化バイオPEの開発

(地独) 京都市産業技術研究所
野口 広貴

----中間報告----

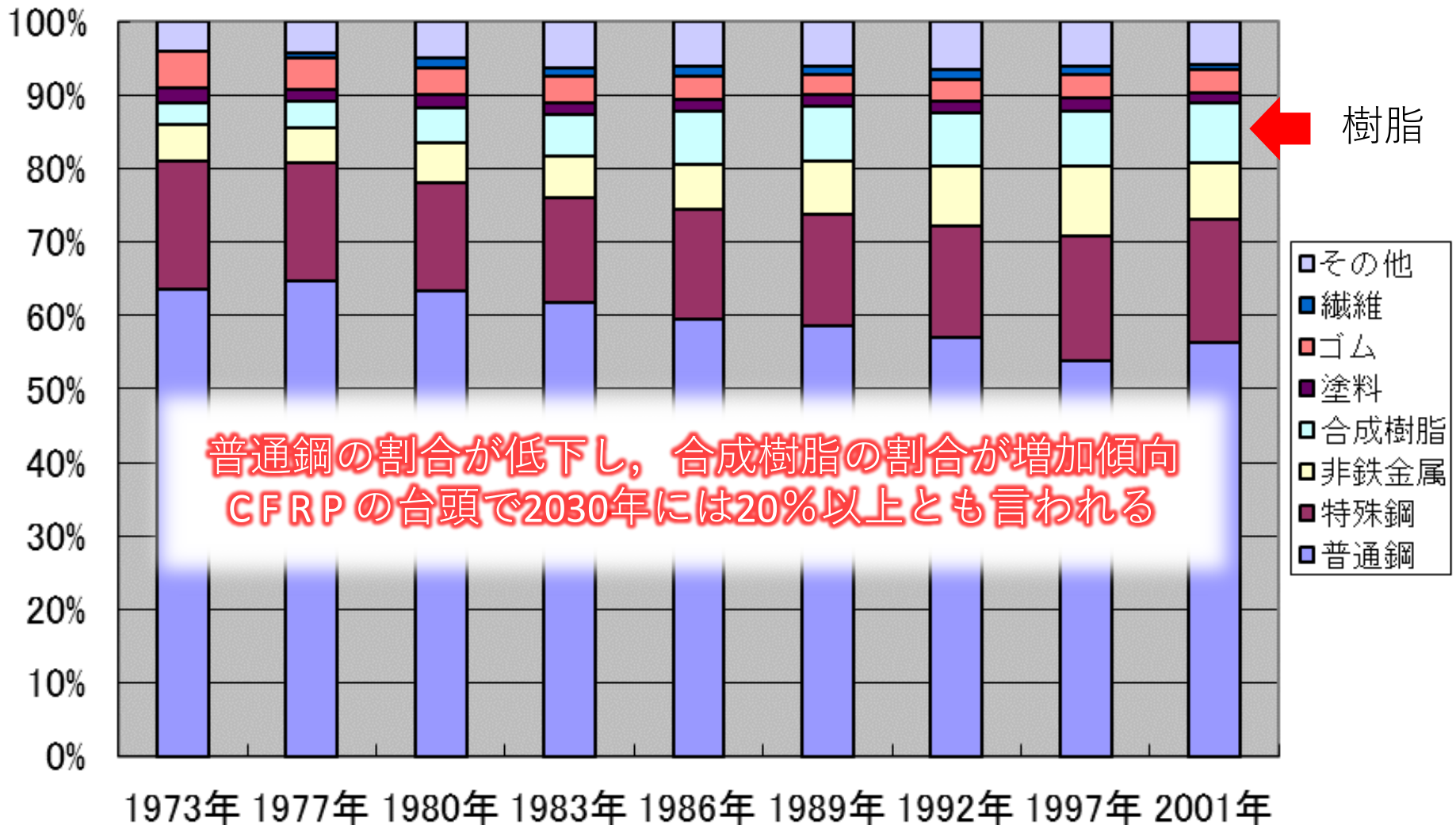
令和元年度環境省委託事業

京都プロセスで製造したアセチル化セルロースナノファイバー強化バイオPEの社会実装評価

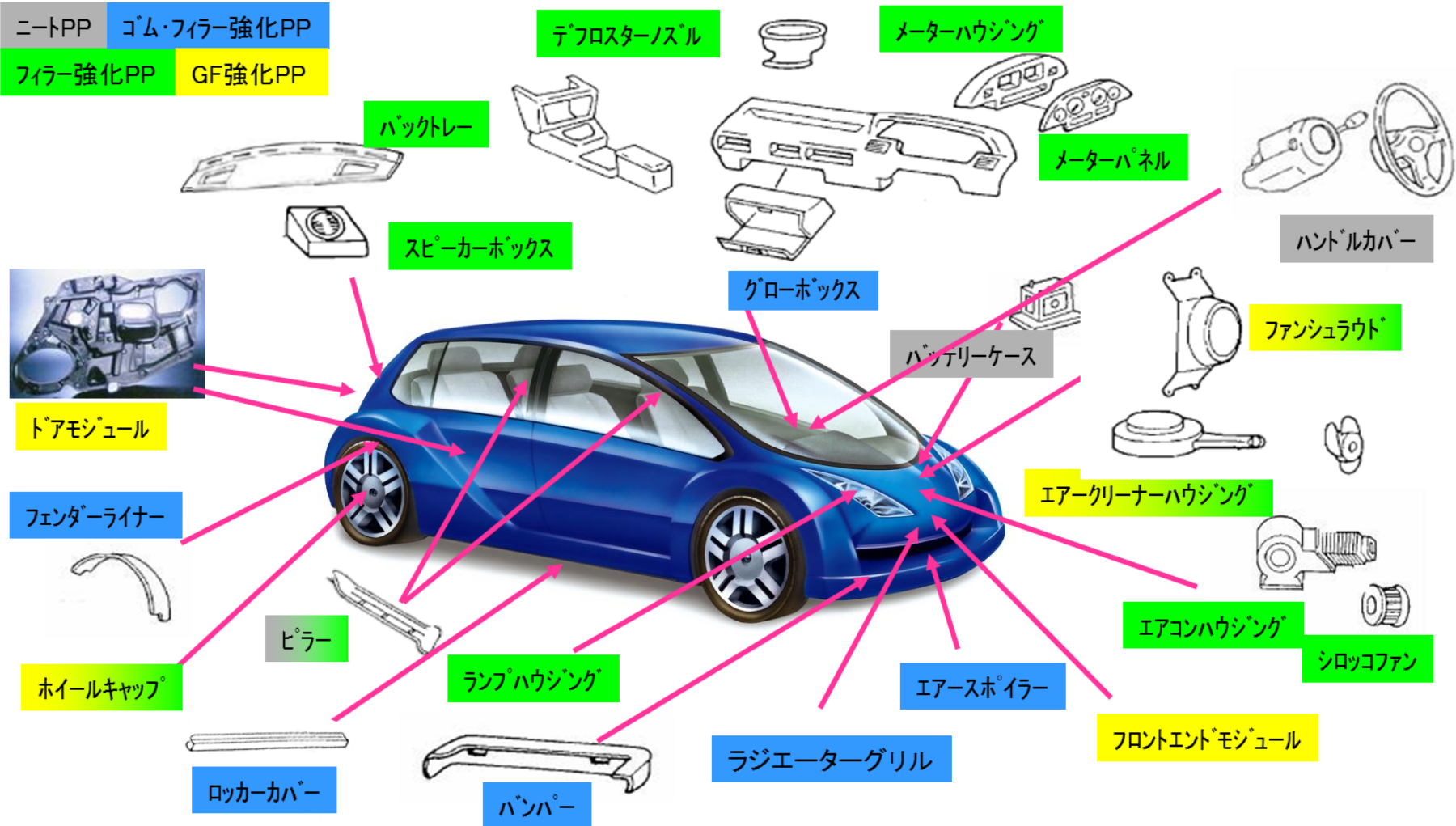
共同実施者: 京都大学, 豊田通商(株), (株)デンソー, 東京大学

自動車用途としての樹脂

自動車部材の構成比重変化

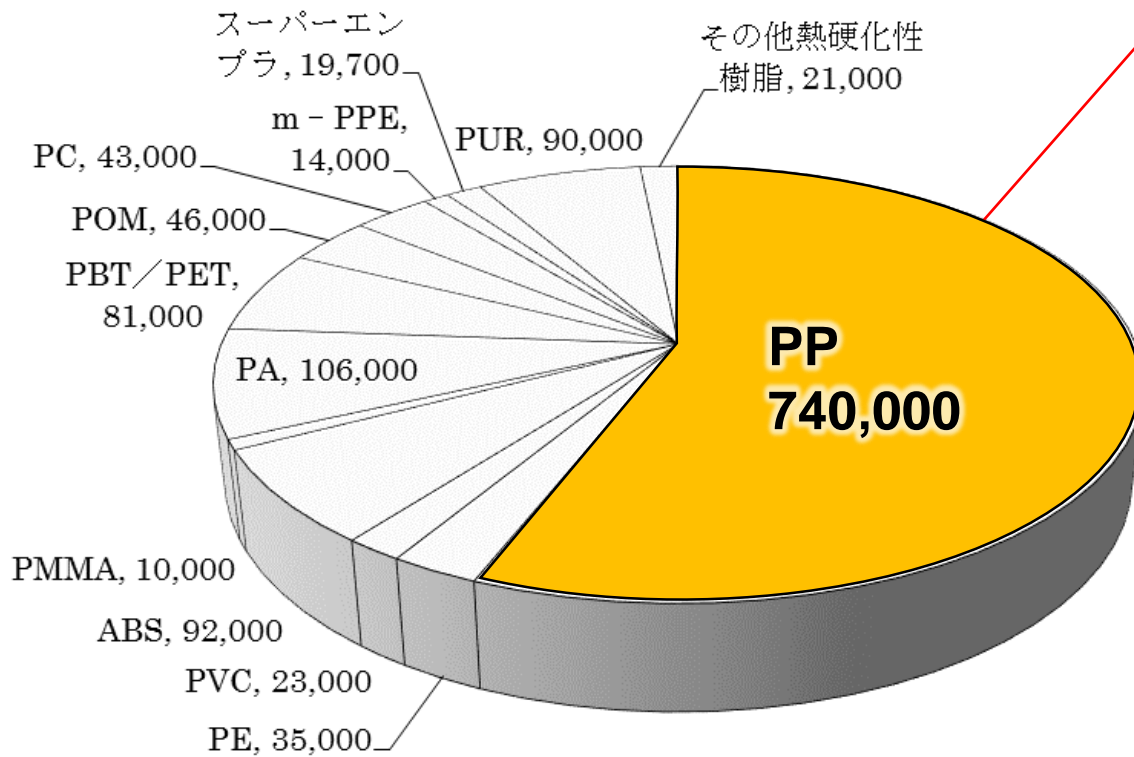


自動車用途としてのポリプロピレン(PP)



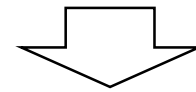
自動車用途としてのポリプロピレン(PP)

国内における各樹脂の自動車用需要量 (t, 2016年) ref)



ポリプロピレンが最も
多く利用されている。
(74万トン, 全体の56%)

PP 1kg あたりのCO₂排出量
→ 5 kg/kg



年間, 自動車用途PPだけで
370万トン

車体の軽量化と環境への配慮の両立が必要

バイオポリエチレン (PE)

バイオPE



植物資源
(サトウキビなど)

従来のPE



化石資源
(ナフサなど)

① 温室効果ガス，化石資源使用量の大幅削減

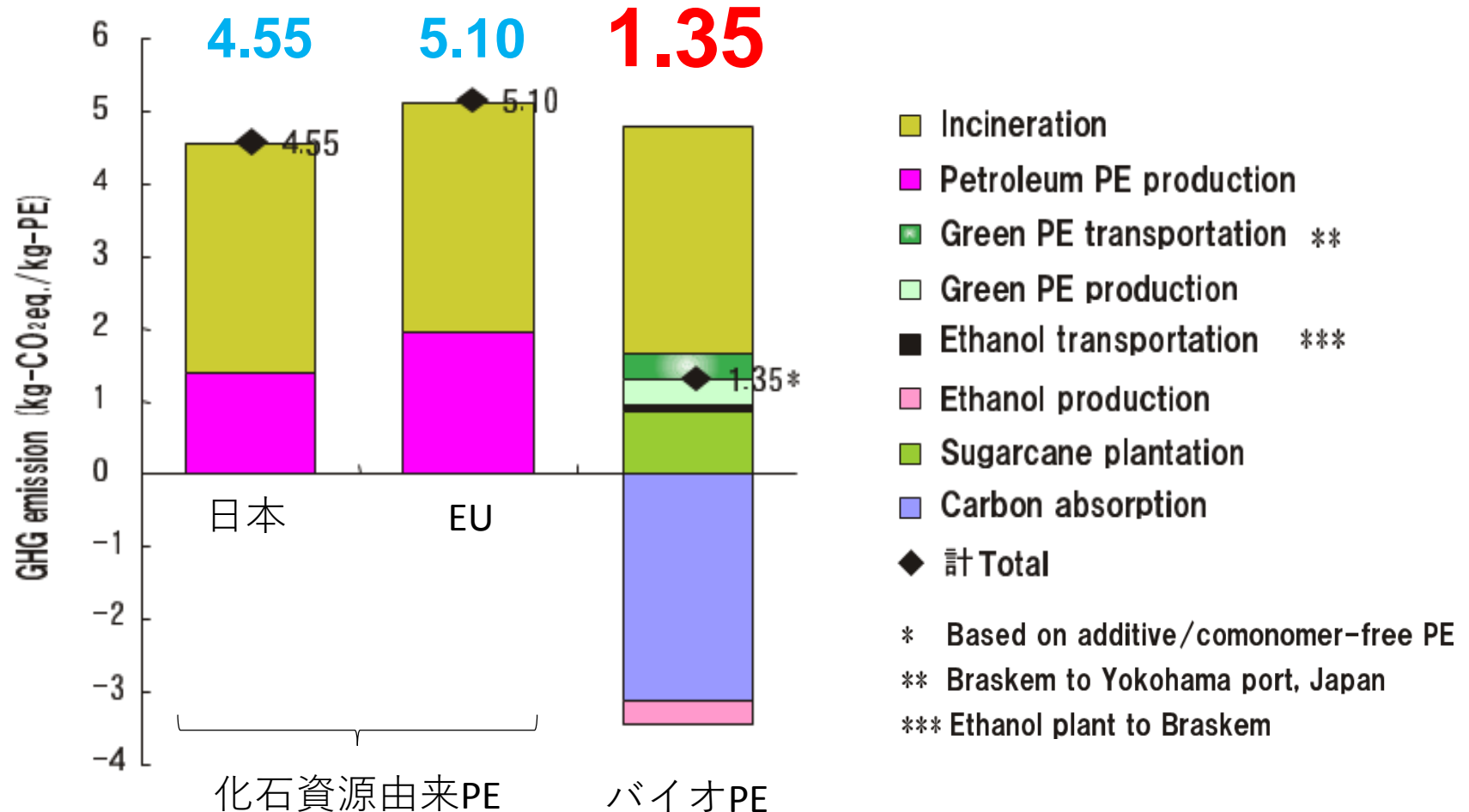
原料植物のCO₂吸収により，製造までの実質的なCO₂排出量が少ない。
(石油資源PE比)

② 化石資源由来ポリエチレンからの代替が容易

化学特性は同じであるため，従来の設備・技術を利用できる。

バイオPEのライフサイクル評価

CO₂排出量を 73%削減（石油資源由来PE比）



日本におけるバイオPE利用例



バイオPEは従来のPEと同様の化学特性

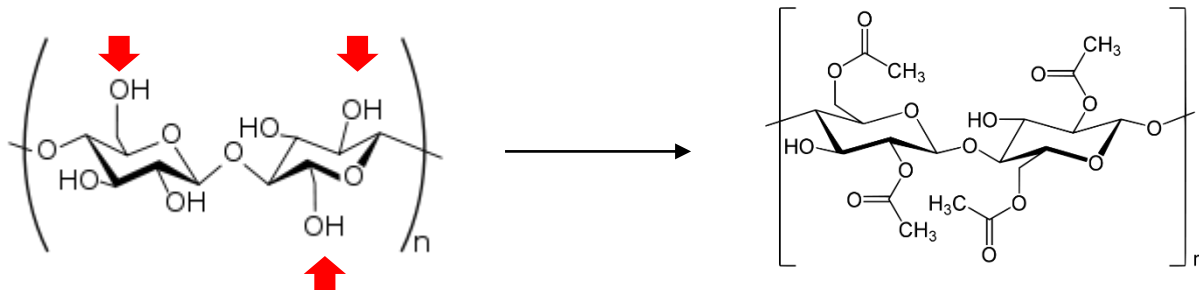
- 従来の設備・技術で加工ができるため、様々な企業・団体が化石資源由来のPEから置き換えを進めている
- △ 強度や耐熱性の点から、利用範囲は石油資源由来のPEからの代替に限定される。

京都プロセス



化学変性

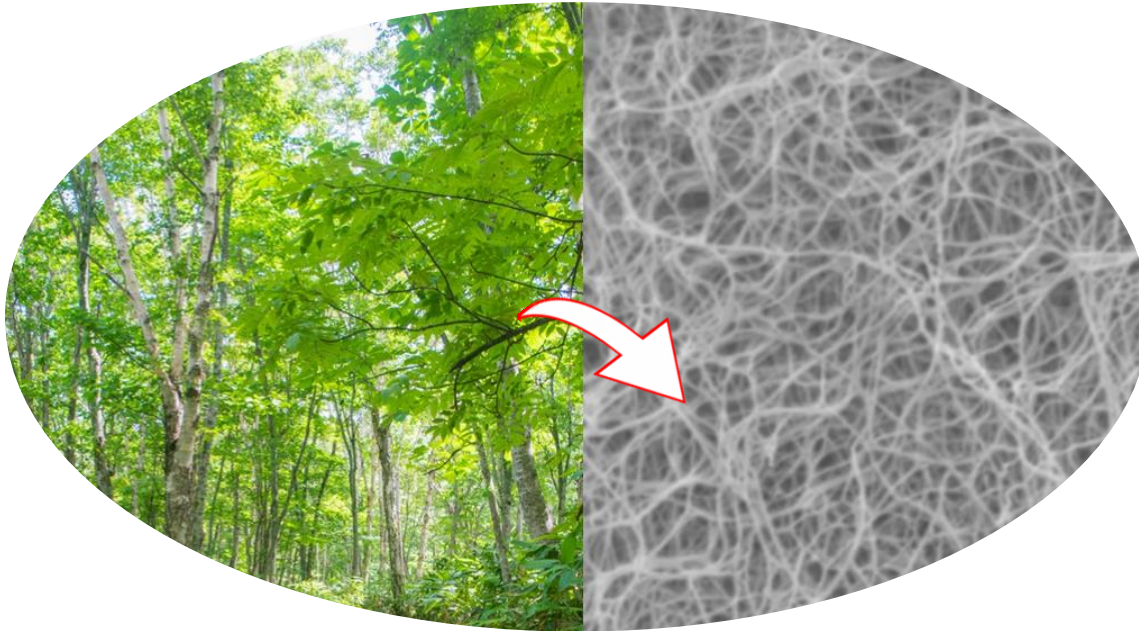
無水酢酸を用いたアセチル化処理



セルロースナノファイバー (CNF)

高性能な持続型資源

全ての植物の基本骨格，一兆トンの蓄積（埋蔵石油資源の6倍）



天然のナノ繊維

- ・ 幅 : 10~20 nm
- ・ 長さ : 1 μm 以上

鋼鉄より強く，軽い

- ・ 低密度 : 1.5 g/cm³
- ・ 高弾性 : 140 GPa
- ・ 高強度 : 3 GPa

低線熱膨張率

- ・ 0.1 ppm/K
(石英ガラス相当)

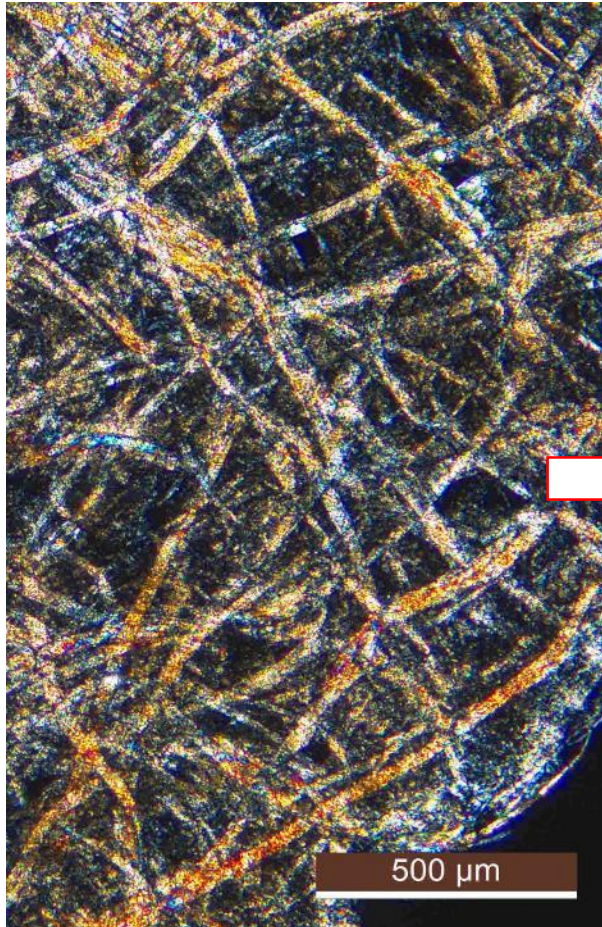
京都プロセス



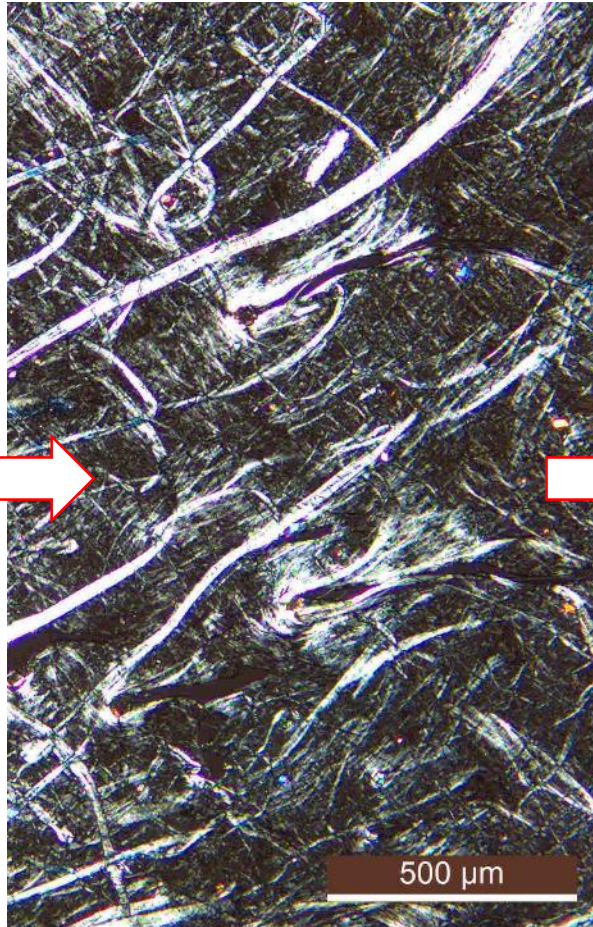
繊維の観察

サンプルをガラスプレートで挟み、220°Cでプレスし、光学顕微鏡で観察

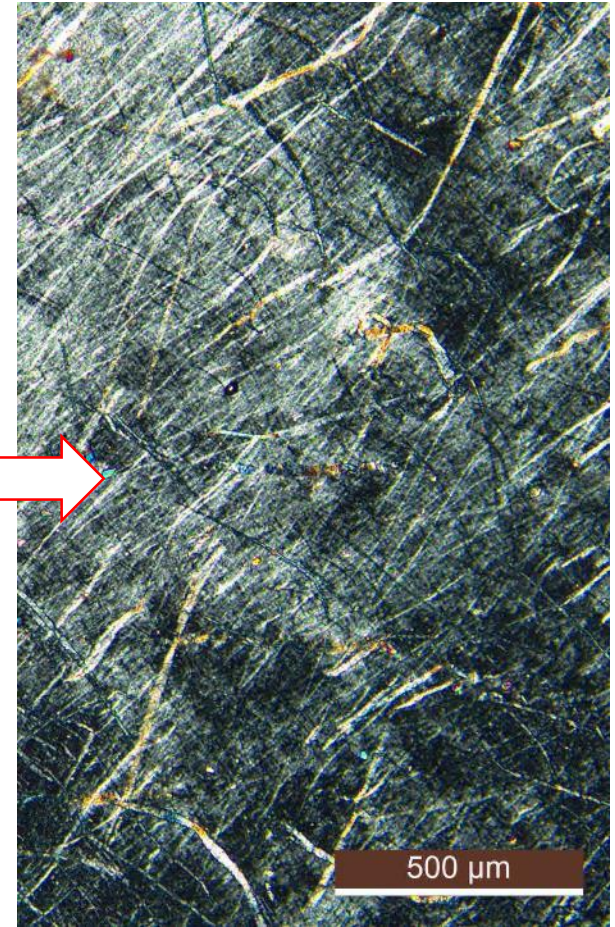
MB混練1回目



MB混練2回目

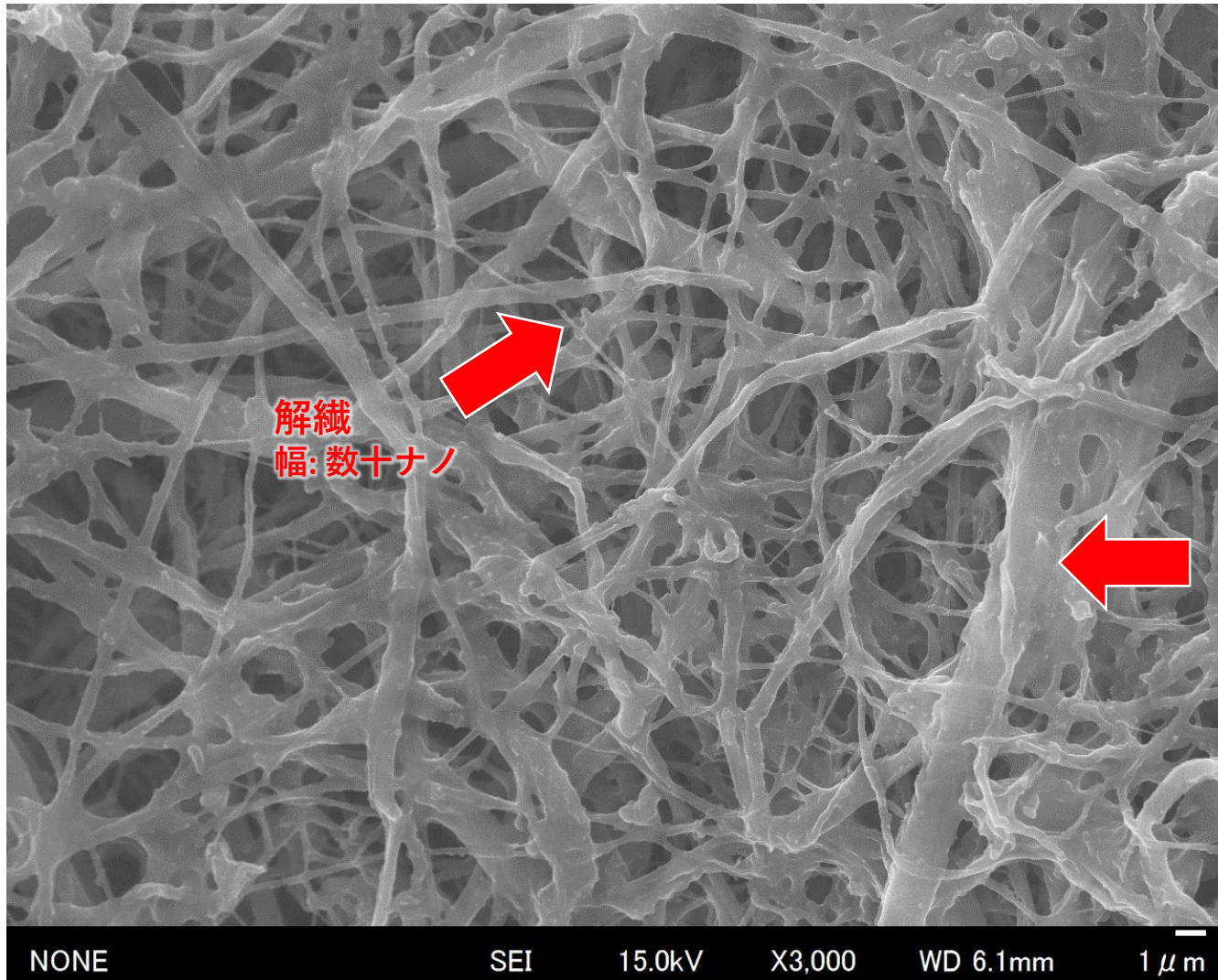


CNF強化バイオPE

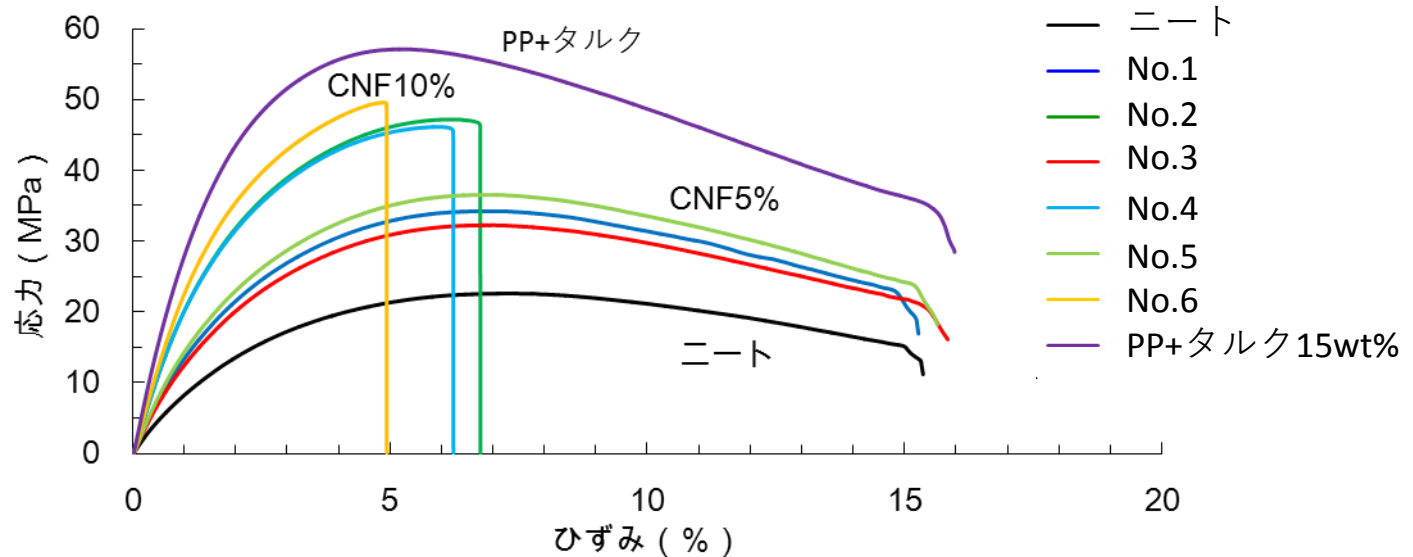


繊維の観察

樹脂をキシレンに溶解し、繊維を抽出して観察したSEM像



パルプの変性度と機械的特性

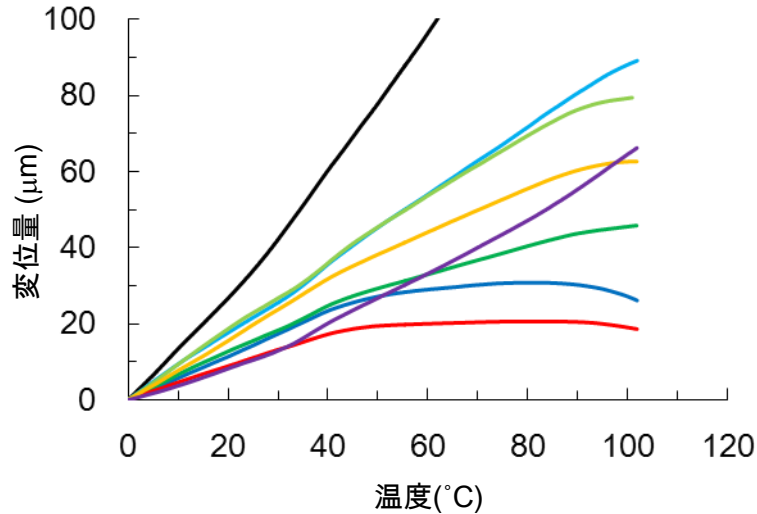


試作体 No.	パルプ変性度 (DS)	CNF濃度 (wt%)	曲げ弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	衝撃強度 (kJ/m ²)	
					Izod	シャルピー
ニート	-	0	1110	22.5	3.61	3.34
1	0.51	10	2410	46.9	1.66	1.76
2	0.82	10	2410	46.1	2.92	2.71
3	1.21	10	2650	49.5	2.83	2.49
4	0.51	5	1760	34.3	1.75	2.13
5	0.82	5	1610	31.2	2.90	2.83
6	1.21	5	1810	36.5	1.66	1.97
PP+タルク 15wt%	-	0	3450	56.2	3.52	4.48

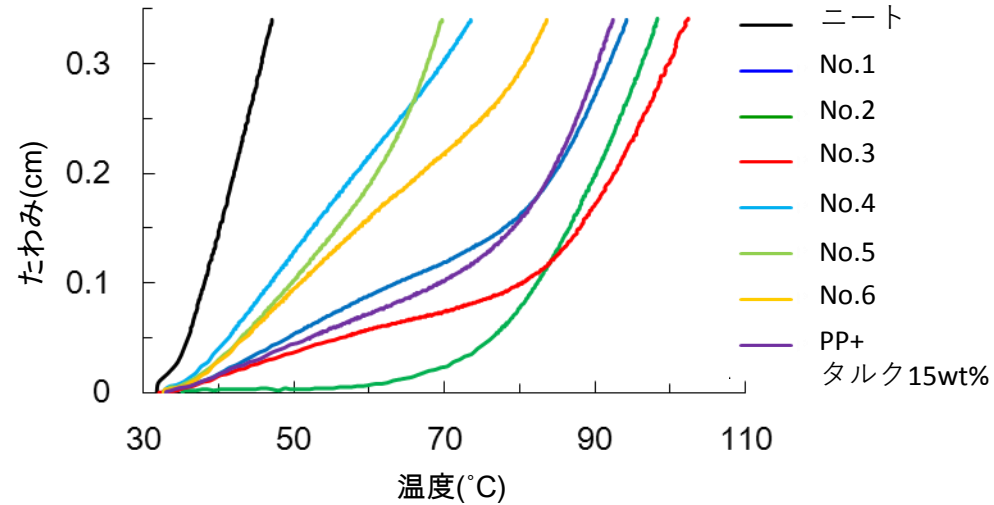
2.4

パルプの変性度と熱特性

TMA 曲線



HDT 曲線 (@ 1.8 MPa)

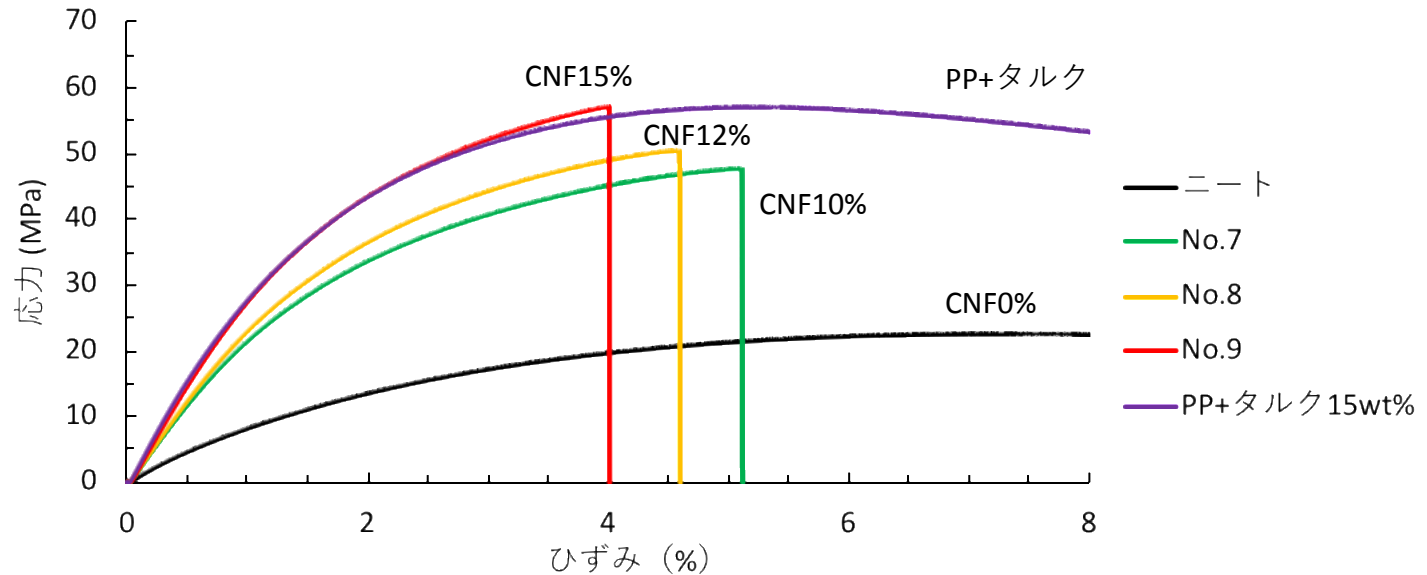


試作体 No.	パルプ DS	CNF添加量 (wt%)	線熱膨張率 (MD方向) (ppm/ K)			荷重たわみ温度 (°C)	
			0 - 100 °C	10-30 °C	30-50 °C	0.45 MPa	1.80 MPa
ニート	-	0	176.8	131.8	174.6	84.3	47.1
1	0.51	10	33.8	56.9	52.5	127.3	94.2
2	0.82	10	45.6	58.0	55.2	127.1	99.4
3	1.21	10	15.4	42.2	28.3	127.4	102.4
4	0.51	5	86.9	86.3	102.4	114.0	73.5
5	0.82	5	79.3	87.2	93.6	116.1	69.2
6	1.21	5	58.4	74.3	69.6	118.5	83.6
PP+タルク15wt%	-	0	71.4	47.2	73.3	134.0	73.5

1/3

+55°C

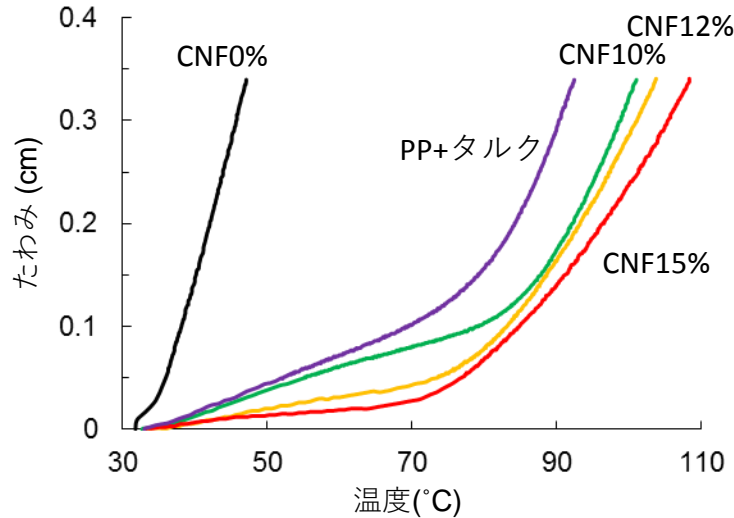
繊維比率と機械的特性



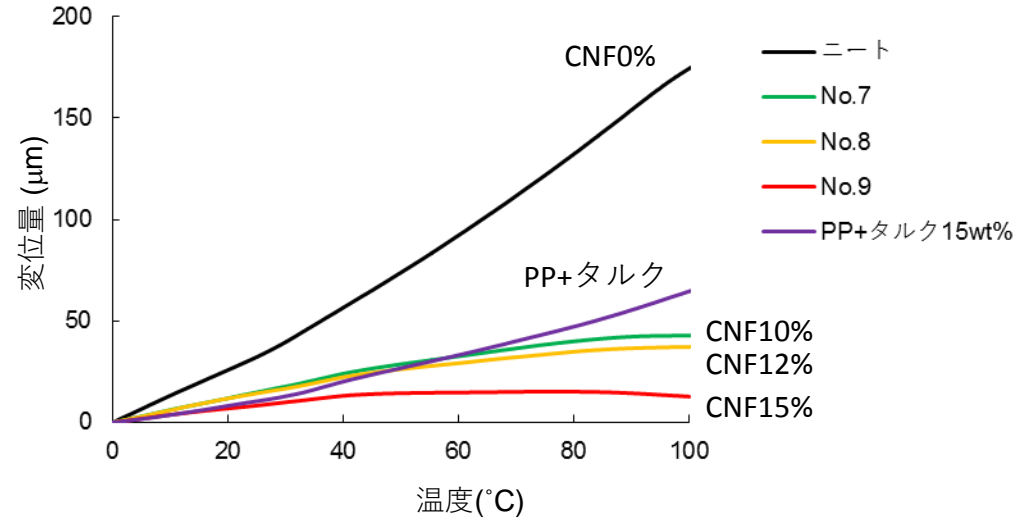
試作体 No.	パルプ DS	CNF添加量 (wt%)	弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	Izod 強度 (kJ/m ²)	シャルピー強度 (kJ/m ²)
ニート	-	0	1108	22.5	3.61	3.34
No.7	0.9	10	2716	48.5	2.54	2.28
No.8	0.9	12	2757	50.2	3.13	2.64
No.9	0.9	15	3218	56.1	2.95	2.51
PP+タルク 15wt%	-	0	3450	56.2	3.52	4.48

繊維比率と熱的特性

HDT 曲線 (@ 1.8 MPa)



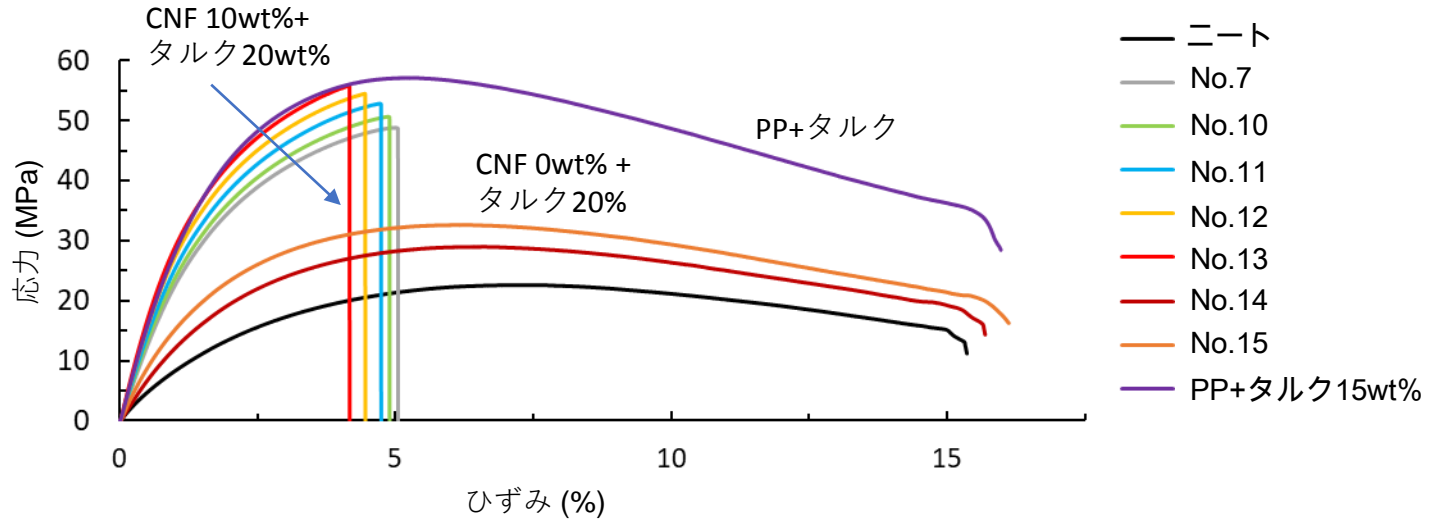
TMA 曲線



試作体 No.	パルプ DS	CNF 添加量 (wt%)	線熱膨張率 (MD方向) (ppm/ K)			加重たわみ温度 (°C)	
			0 – 100 °C	10-30 °C	30-50 °C	0.45 MPa	1.80 MPa
ニート	-	0	176.8	131.8	174.6	84.3	47.1
No.7	0.9	10	34.4	55.9	50.1	127.8	101.0
No.8	0.9	12	42.0	55.9	54.4	128.0	104.6
No.9	0.9	15	11.9	32.1	22.7	129.1	108.3
PP+タルク 15wt%	-	0	71.4	47.2	73.3	133.5	92.6

タルクの添加率と機械的特性

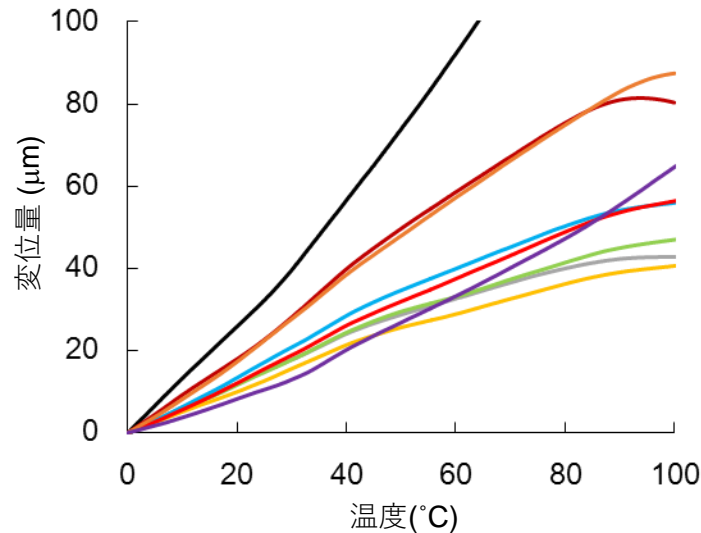
応力-ひずみ曲線



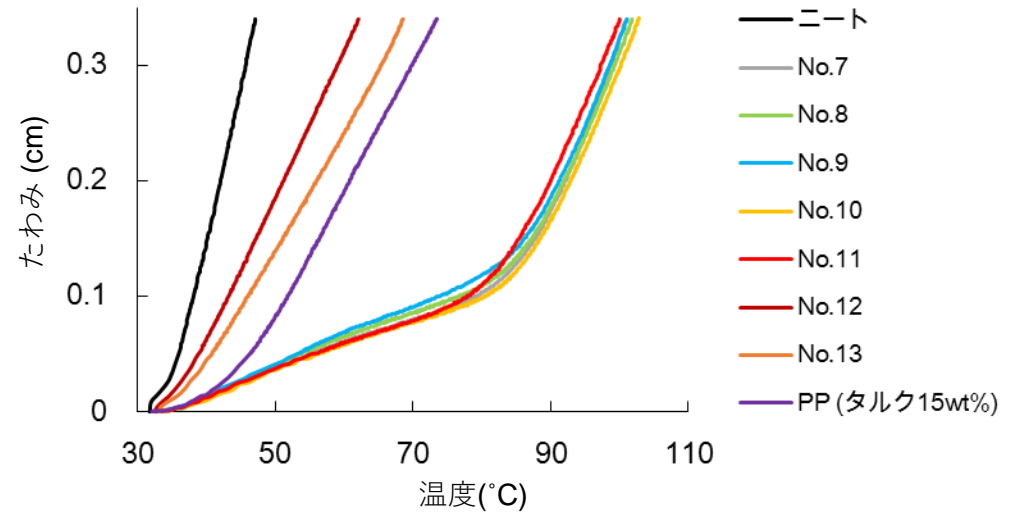
No.	パルプ 変性度 (DS)	CNF濃度 (wt%)	タルク濃度 (wt%)	弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	衝撃強度 (kJ/m ²)	
						Izod	シャルピー
ニート	-	0	0	1110	22.5	3.61	3.34
7	0.9	10	0	2716	48.5	2.54	2.28
10	0.9	10	5	2888	50.4	3.02	2.41
11	0.9	10	10	3156	52.5	3.07	2.73
12	0.9	10	15	3554	54.5	3.03	3.35
13	0.9	10	20	3836	55.7	1.75	1.77
14	-	0	10	1554	29.0	2.79	2.33
15	-	0	20	2060	32.4	2.58	2.31
PP+タルク15wt%	-	0	15	3450	56.2	3.52	4.48

タルクの添加率と熱特性

TMA 曲線



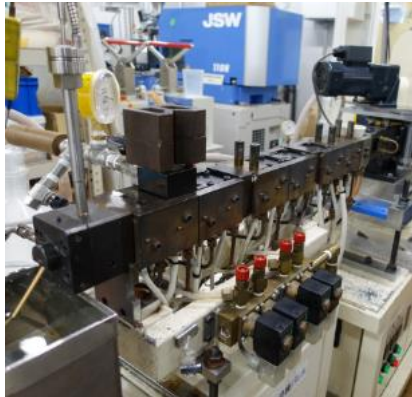
HDT 曲線 (@ 1.8 MPa)



No.	パルプ DS	CNF添加量 (wt%)	タルク濃度 (wt%)	線熱膨張率 (MD方向) (ppm/ K)			荷重たわみ温度 (°C)	
				0 – 100 °C	10-30 °C	30-50 °C	0.45 MPa	1.80 MPa
ニート	-	0	0	176.8	131.8	174.6	84.3	47.1
7	0.9	10	0	34.4	55.9	50.1	127.8	101.0
10	0.9	10	5	51.5	66.5	63.9	128.9	101.8
11	0.9	10	10	48.5	65.0	58.2	126.3	101.1
12	0.9	10	15	38.4	54.0	51.6	128.9	102.8
13	0.9	10	20	57.6	66.2	66.6	127.5	100.0
14	-	0	10	80.4	94.4	107.8	90.0	62.3
15	-	0	20	87.5	97.7	101.2	95.5	68.2
PP+タルク15wt%	-	0	15	71.4	47.2	73.3	134.0	73.5

スケールアップ

実験機

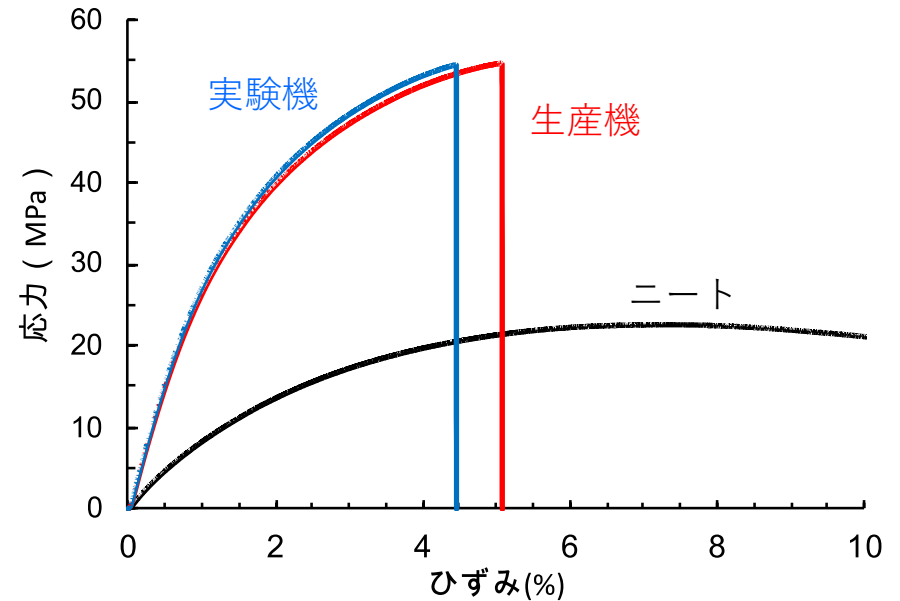


15 mm 押出機
0.3kg/h

生産機



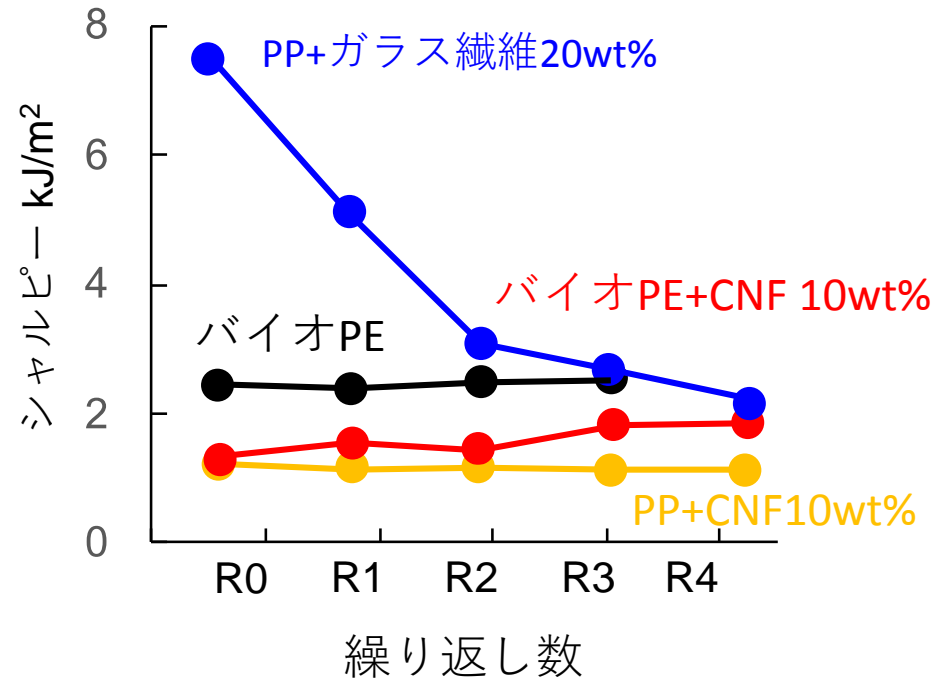
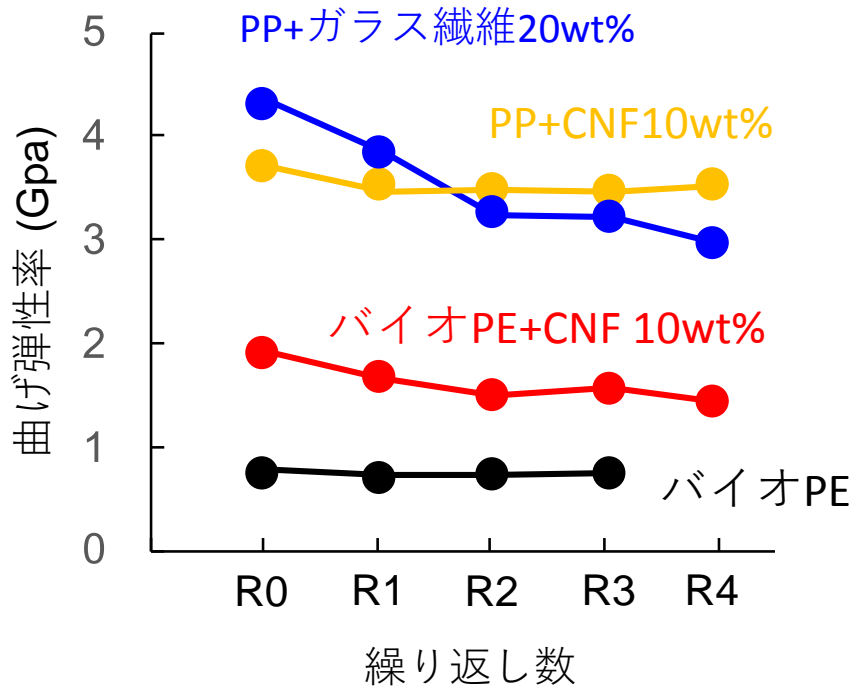
42 mm 押出機
20kg/h



	パルプ 変性度 (DS)	CNF 濃度 (wt%)	タルク 濃度 (wt%)	弾性率 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	衝撃強度 (kJ/m ²)		線熱膨張率* (ppm/K)	加重たわみ温度 (°C)	
						Izod	シャルピー		0.45 MPa	1.80 MPa
ニート	-	0	0	1108	22.5	3.61	3.34	131.8	84.3	47.1
実験機	0.9	10	15	3550	54.5	3.03	3.35	54.0	129	103
生産機	0.8	10	15	3410	53.7	2.77	2.50	63.9	127	97.6

*MD方向、評価温度範囲 10-30°C

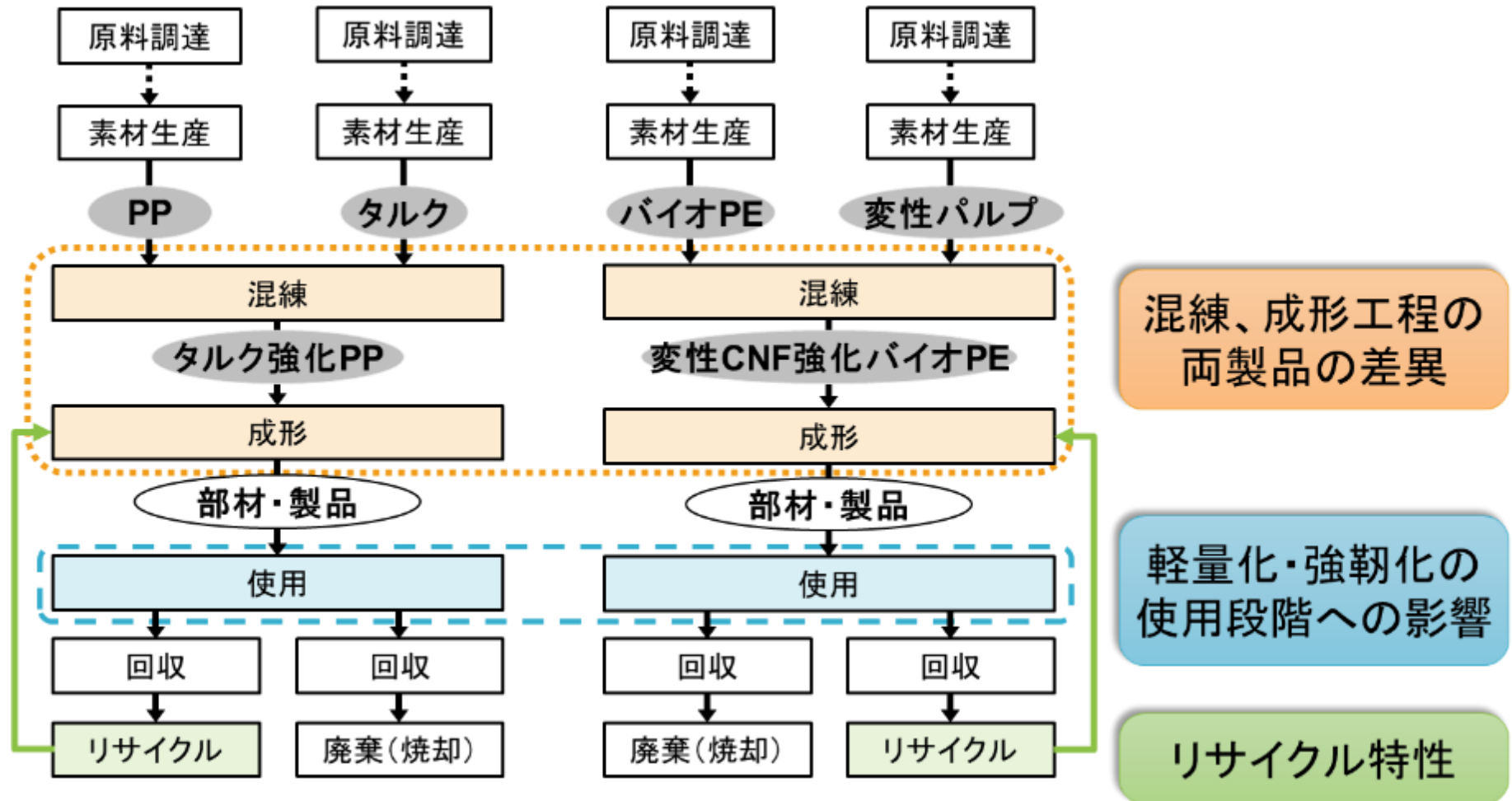
リサイクル性



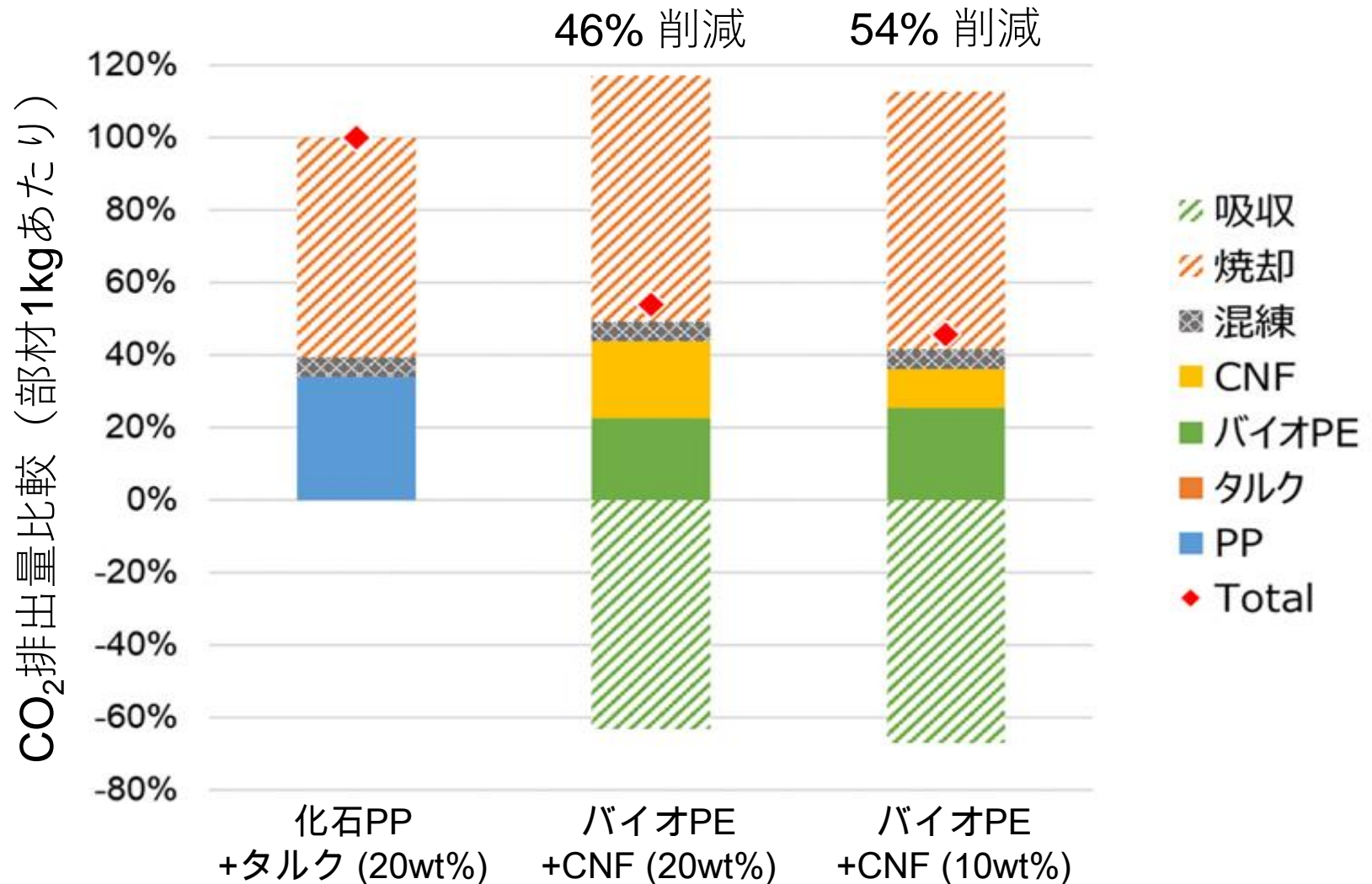
R0: 射出成形後 → R1: 粉碎 → R2: 混練 → R3: 粉碎 → R4: 混練

ガラス繊維強化樹脂: 大幅な曲げ弾性率, シャルピー強度低下
CNF強化バイオPE : ほぼ性能維持 (曲げ弾性率の低下は~20%)

CO₂排出量の評価スキーム

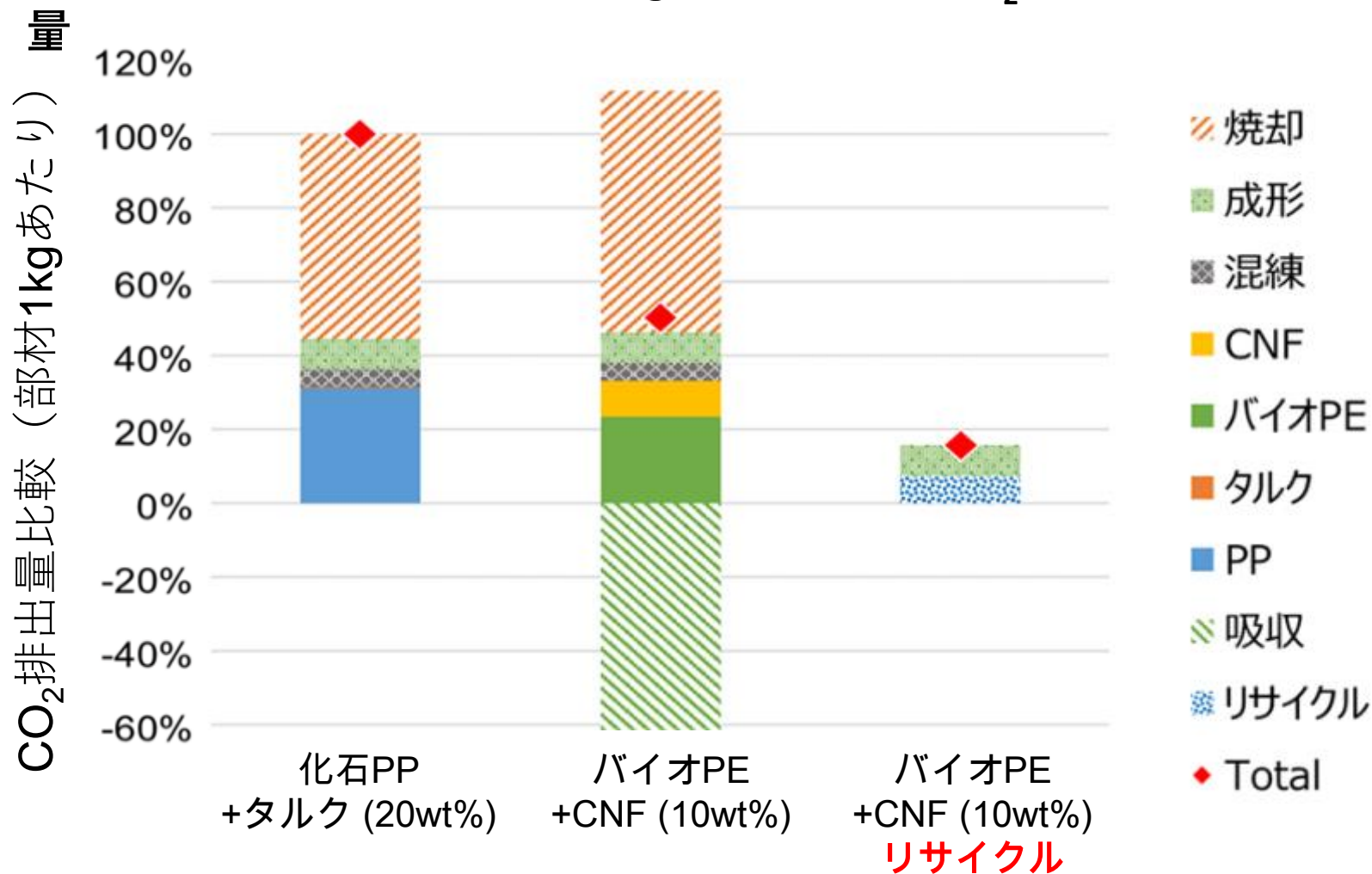


文献値等に基づくCO₂排出量の試算結果



文献値等に基づくCO₂排出量の試算結果

リサイクルを加味した部材 1 kg あたりのGHGCO₂排出量



まとめと今後の展望

CNF強化バイオPEの性能

現行のタルク添加PPと同等の性能を京都プロセスで達成
非強化のバイオPEに対し、

- ・ 曲げ弾性率最大 **3.5倍**
- ・ 加重たわみ温度 **50°C以上向上** (荷重1.8 Mpa)

製造スケール

ラボスケール(0.3 kg/h)から生産機スケール (20 kg/h)へ、
品質を維持しつつスケールアップ達成

CO₂の削減効果

データベースに基づく試算では現行のタルク材とくらべ新規品で50%程、
リサイクル品で80%以上のCO₂削減効果がみこまれた。
今後、実際に必要な電力量等を計算し、実際の削減効果を検証する。