

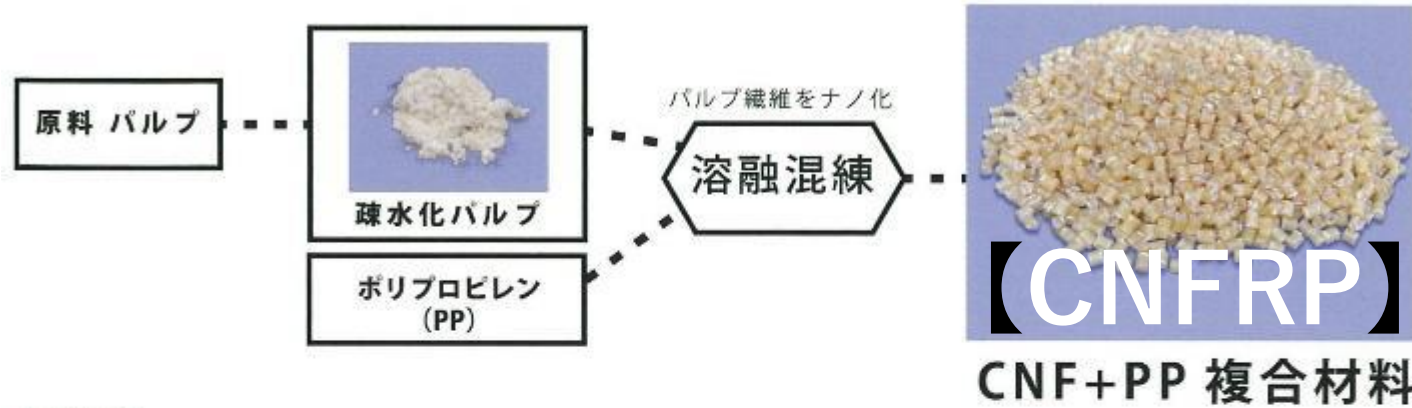
# セルロースナノファイバーを用いた 自動車部品のリサイクル性に関する検討

トヨタ車体株式会社  
新規事業開発部  
植物材料開発室  
室長  
西村拓也

# セルロースナノファイバー (CNF)

## 自動車向け軽量射出材料

### ■ CNF+PP 複合材料製造の流れ

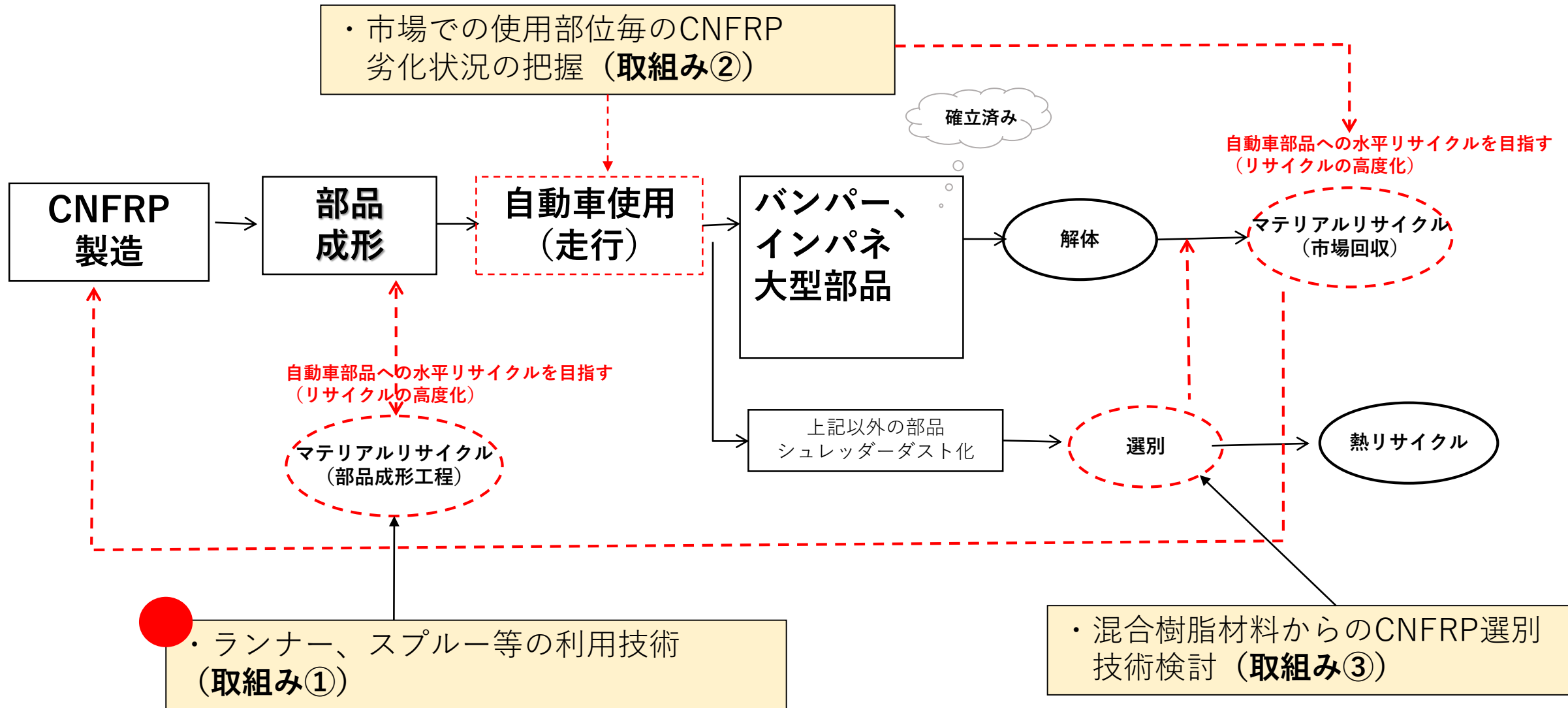


### ■ 性能

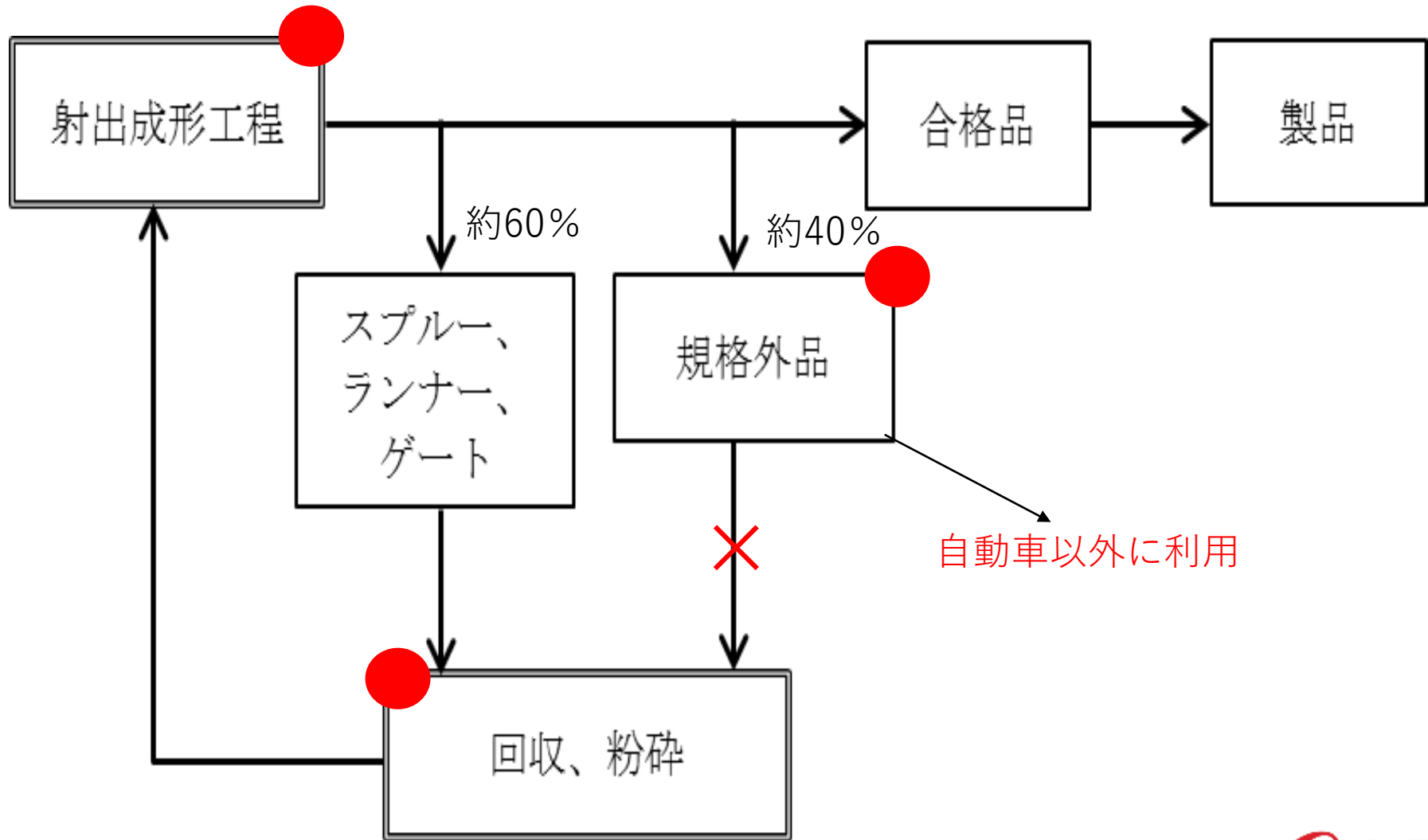
	試験項目	試験法	単位	試験条件	開発材料
物理的性質	密度	ISO 1183	g / cm <sup>3</sup>	23℃	1.00
	MFR	ISO 1133	g / 10min	230℃、21.18N	3
	流動性 (L/T)	独自規格	-	200℃、金型40℃ T=2mmのスパイラル型流動長 L	345
機械的性質	引張強度	ISO 527	MPa	50mm/min	47
	引張破断ひずみ	ISO 527	%	50mm/min	3
	曲げ強度	ISO 178	MPa	2mm/min	71
	曲げ弾性率	ISO 178	MPa	2mm/min	3900
	シャルピー衝撃強度	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	23℃	1.3
				-30℃	1.1
熱的性質	荷重たわみ温度	ISO 75	℃	0.45MPa	133
				1.82MPa	81

低密度・軽量化材料として、  
剛性・耐熱性を活かした機能  
部品へ適用を検討中

# セルロースナノファイバーを用いた自動車部品のリサイクル性に関する検討

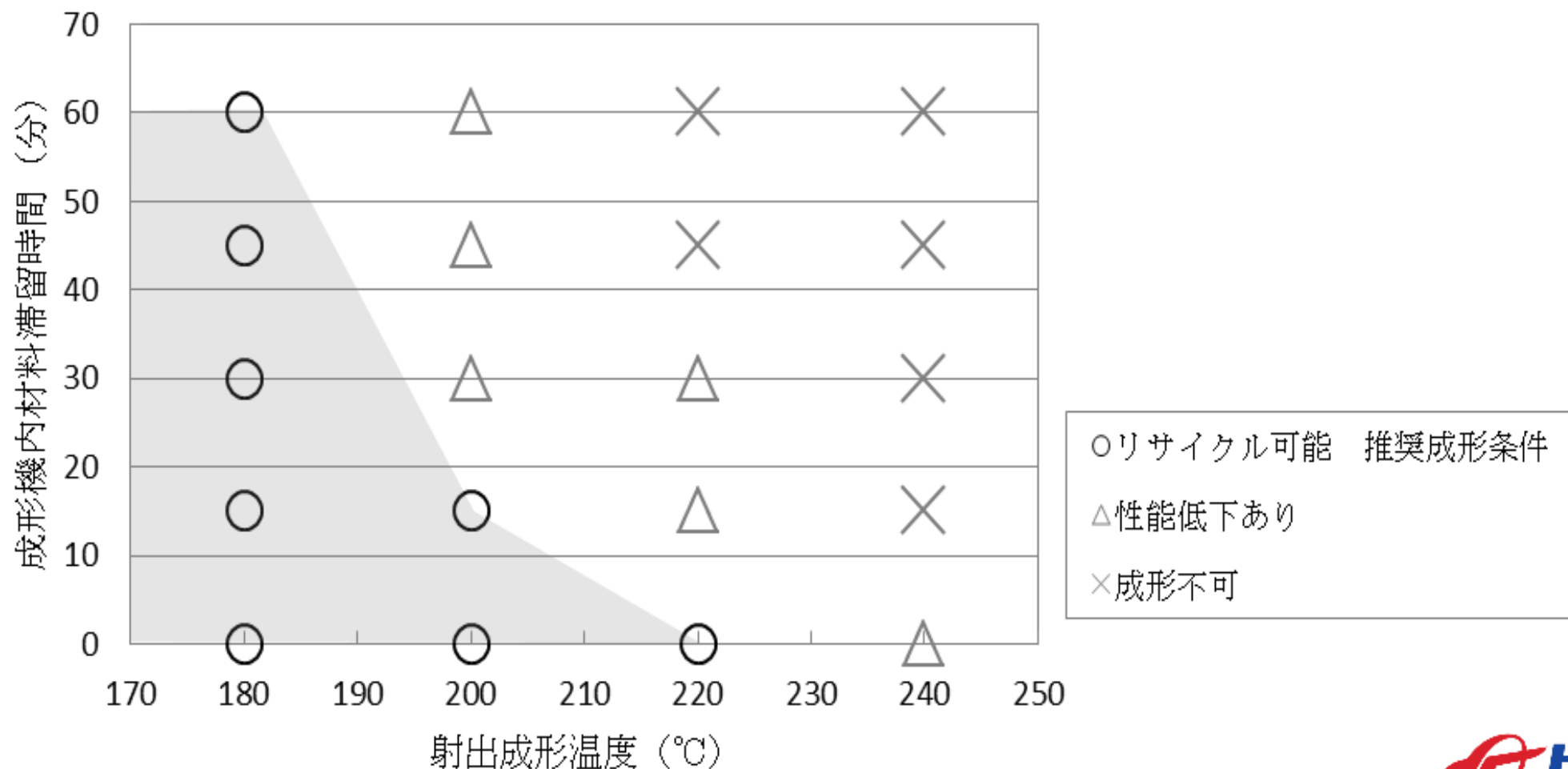


- 自動車部品の射出成形工程における工程内リサイクルランナー、スプルー等の利用技術（取組み①）



- 自動車部品の射出成形工程における工程内リサイクルランナー、スプルー等の利用技術（**取組み①**）

工程内リサイクルが可能なPP-CNFの【射出成形条件】の範囲

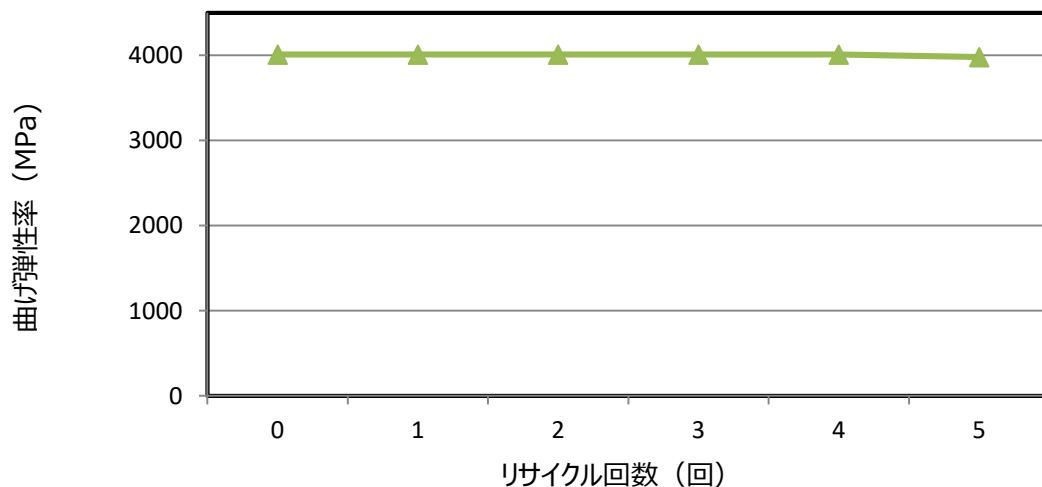


実験

部品成形工程(射出成形工程)で発生する廃材（ランナー、スプルー等）がリサイクル可能か否かを検証した。  
射出成形物の粉碎・成形を5回繰返し、成形物の物性および外観の変化を調べた。

結果

【CNFRPリサイクル回数と物性】



著しい物性低下なくCNFRPをリサイクル活用可能であることがわかった。  
但し、粉碎・成形サイクルを繰り返すことで若干色が濃くなる傾向があり、  
材着部品に使用する場合に配慮が必要である。



廃材（ランナー）



CNFRPの工程内リサイクル性検証サンプル



正面



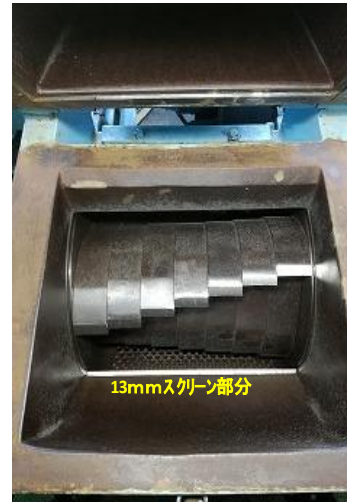
側面



回転刃部分

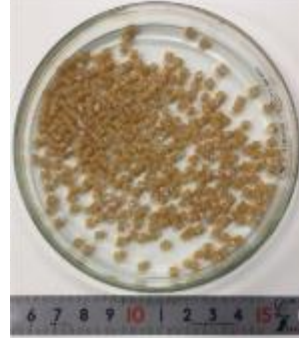


回転刃拡大

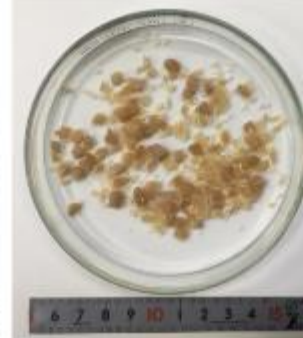


13mmスクリーン部分

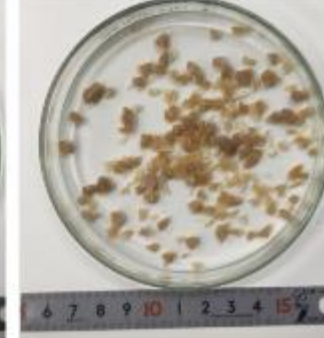
バージン材 (PP-CNF)



工程内リサイクル1回 (PP-CNF)



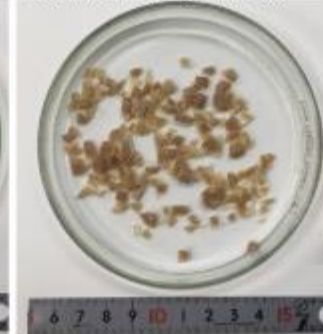
工程内リサイクル2回 (PP-CNF)



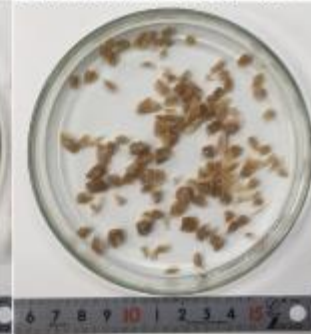
工程内リサイクル3回 (PP-CNF)



工程内リサイクル4回 (PP-CNF)



工程内リサイクル5回 (PP-CNF)



ランナー、スプルーを回収後  
粉碎した際、

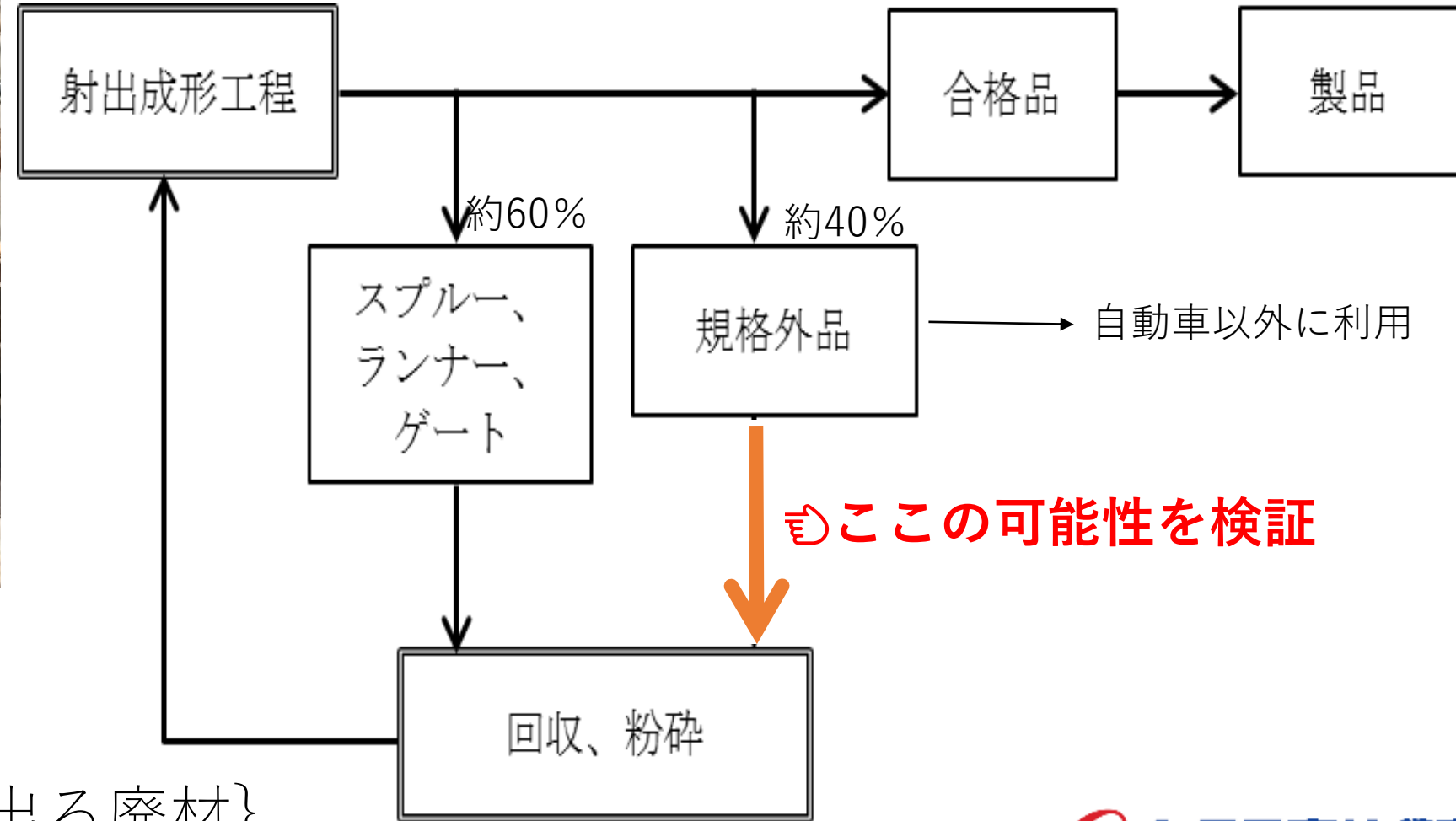
粉碎物の形状や粉碎時間に対  
する悪影響は認められなかつ  
た。また、粉碎物を工程に戻  
す際も特に問題はなかった。

		1kg当りの 粉碎時間(分)
リサイクル回数	0回	—
	1回	1.1
	2回	1.0
	3回	1.0
	4回	1.2
	5回	1.2



口径 : 47mm

・ **【規格外品(樹脂ブロック)】** のリサイクルの可能性 (取組み①)



集積された規格外品

{材料切り替え、

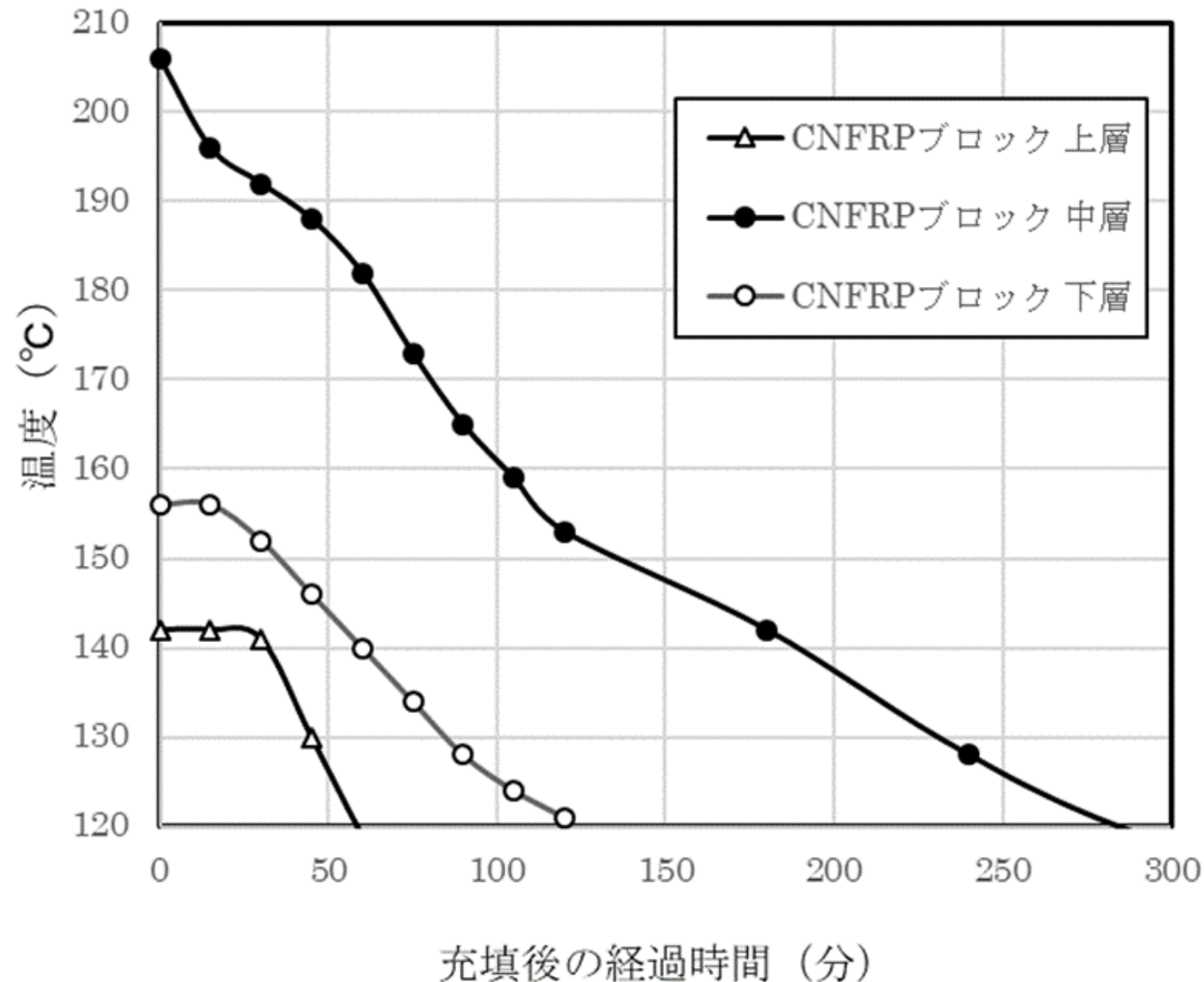
機械停止後再稼働時に出る廃材}



・規格外品（樹脂ブロック）のリサイクルの可能性 （取組み①）  
—規格外品（樹脂ブロック）中でのCNF劣化状態を検証—

項目	条件
CNFRP溶融温度	220℃
滞留時間	10分
CNFRPブロックのサイズ	W:563mm×L:401mm×H:100mm 〔 W:563mm× 401mm ×H:110mmの金属容器を使用し、 リサイクル工場受け入れ上限の t100mm まで滞留したCNFRPを充填して作製。〕
検証実験での区分	CNFRPブロックを厚さ方向に捉え、 充填時の最も上層部分:上層 充填時の中間層部分:中層 充填時の最も下層部分:下層 と区分する。

- 規格外品（樹脂ブロック）のリサイクルの可能性（取組み①）  
—規格外品（樹脂ブロック）中の温度と時間の関係—



# ・規格外品（樹脂ブロック）のリサイクルの可能性（取組み①）

## —規格外品（樹脂ブロック）を用いた材料の物性評価—

評価項目	規格	単位	条件		CNFRPブロック 上層	CNFRPブロック 中層	CNFRPブロック 下層
MFR	ISO 1133	g/10min	230℃	バージン材の性能を1とした場合	3.1	2.9	2.9
引張強度	ISO 527-1,2	MPa	23℃		1.0	1.0	1.0
引張破断呼びひずみ		%	23℃		1.0	0.9	1.0
曲げ強度	ISO 178	MPa	23℃		0.9	0.9	0.9
曲げ弾性率		MPa	23℃		0.9	0.9	0.9
シャルピー 衝撃強度	ISO 179-1	kJ/m <sup>2</sup>	23℃		0.6	0.6	0.6
			-30℃		0.9	0.9	0.9
HDT	ISO 75-2	℃	0.45MPa		1.0	1.0	1.0
			1.82MPa		1.0	1.0	1.0
成形収縮率	独自規格※	%	MD平均		0.8	0.8	0.8
			TD平均		0.9	0.9	0.9



MFRの数値が大きくなる：CNF由来でなくPPの低分子量成分が増加したと考えられる。  
 また、衝撃値の低下もこれが起因だと考えられる。  
 ただし他の物性については大きな変化は現象は見られなかった。

# ・規格外品（樹脂ブロック）のリサイクルの可能性（取組み①）

## —規格外品（樹脂ブロック）とバージン材を混ぜた材料の物性評価—

混合比率(w/w%)

CNFRPブロック 中層	0	30	50	70	100
バージン材	100	70	50	30	0

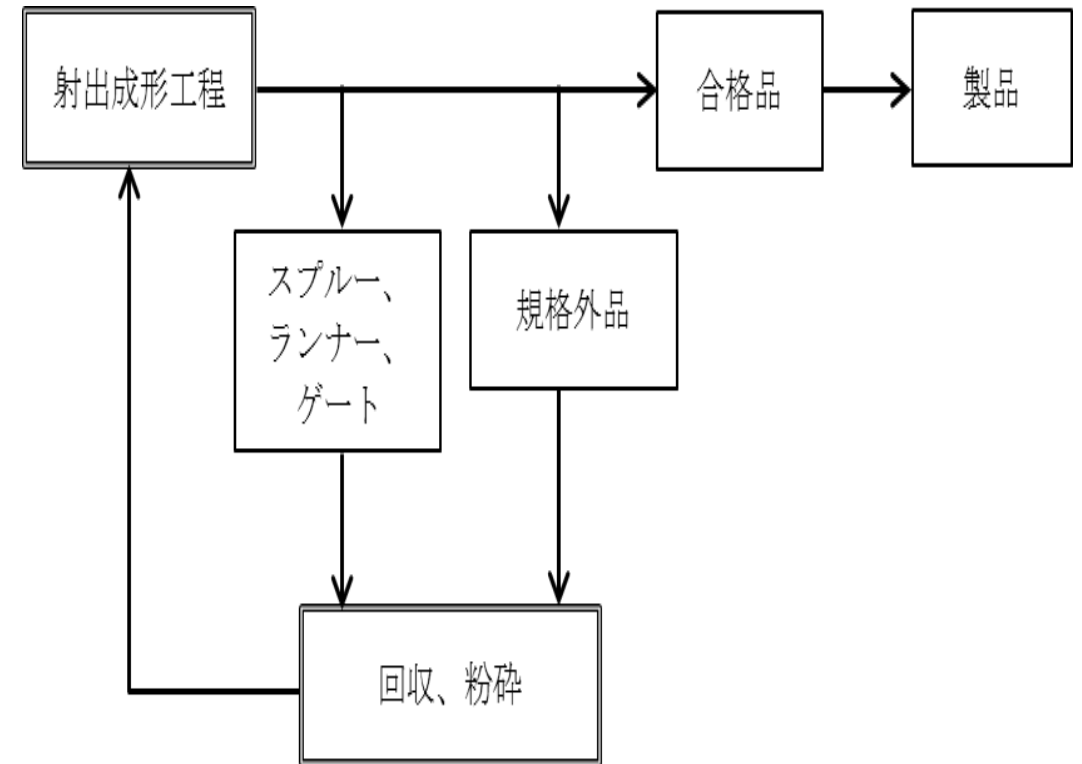
規格外品（樹脂ブロック）材が30%以下で、  
ほぼバージン並みの特性を示す。

混合方法	バージン材 に対する性能				CNFRPブロック中層の混合比率(w/w%)				
	評価項目	規格	条件		0	30	50	70	100
混練	引張強度	ISO 527-2-1BA	23℃	%	100	97	95	93	93
	曲げ強度	ISO 178	23℃	%	100	98	96	93	88
	曲げ弾性率		23℃	%	100	100	100	96	89
	シャルピー衝撃強度	ISO 179-1	ノッチ有	23℃	100	102	87	116	78
			ノッチ無	23℃	100	103	99	74	80
ドライ ブレンド	引張強度	ISO 527-2-1BA	23℃	%	100	98	95	96	93
	曲げ強度	ISO 178	23℃	%	100	97	95	93	89
	曲げ弾性率		23℃	%	100	98	96	95	90
		ISO 179-1	ノッチ無	23℃	100	105	90	94	92

# 工程内リサイクルのまとめ

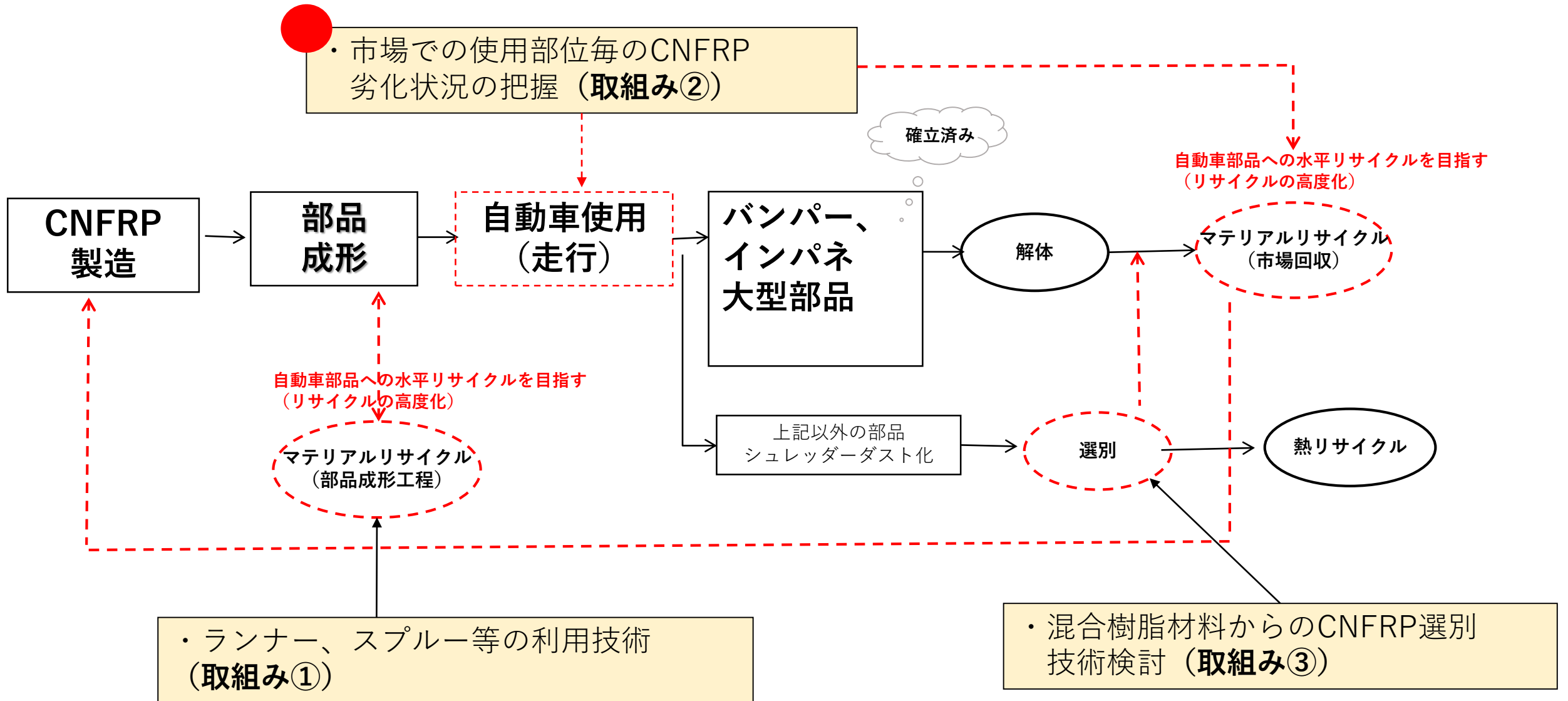
## ランナー、スプルー等の利用技術（取組み①）

- 著しい物性低下なくCNFRPをリサイクル可能であることがわかった。但し、粉碎・成形サイクルを繰り返すことで色が濃くなる傾向があり、材着部品に使用する場合に配慮が必要である。





# セルロースナノファイバーを用いた自動車部品のリサイクル性に関する検討



・自動車部品として使用されたCNFRPの劣化状態の把握（取組み②）  
—市場での使用部位毎のCNFRP劣化—

**実験** 部品の使用環境から劣化要因を想定し、劣化試験を実施。

（結果） 全ての耐久試験において物性低下は確認されなかった。

試験名	想定部品	試験条件	結果
耐熱試験	エンジンコンパートメント部品 etc	高温下での長時間暴露	物性低下 なし
耐湿熱試験	内装部品	高温かつ高湿度下での長時間暴露	↑
耐光試験	内装部品	高温かつUV照射下での長時間曝露	↑
耐候試験	外板部品	高温かつUV照射下での長時間曝露 照射中に適時、水スプレー	↑

# ・自動車部品として使用されたCNFRPの劣化状態の把握（取組み②） —市場での使用部位毎のCNFRP劣化—

## 結果

耐熱、耐光および耐候試験後の部品外観が濃色化した。

### ◆試験例：耐熱試験



試験前



試験後  
(400h)

物性低下がないことから、CNFおよびベースポリマーの劣化はないと判断。  
マテリアルリサイクル時には外観(調色)への配慮が必要。

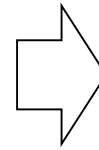
# ・自動車部品として使用されたCNFRPの劣化状態の把握（取組み②）

## —市場での使用部位毎のCNFRP劣化—

### ①自動車のライフサイクルを想定した促進劣化試験による添加剤量変化の確認

■エンジンルーム内の部品を想定した促進耐熱試験後  
試験後の酸化防止剤残存率：3%

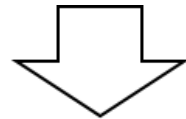
■内装部品を想定した促進耐光試験後  
試験後の耐光剤残存率：4%



使用部位に関わらず、  
劣化防止添加剤はほぼ消費済み。  
水平リサイクル時には適用部位に応じた添加剤を  
バージン材同様に添加する必要がある。

### ②リサイクル時の色合わせ方法検討

耐熱試験、耐光試験後のCNFRPをバージン材と混合。  
目視により外観色を評価。黒色顔料添加時の外観色についても評価を実施。



黒着色することで、バージン材との混合比率に関わらず  
水平リサイクル可能な外観になる。

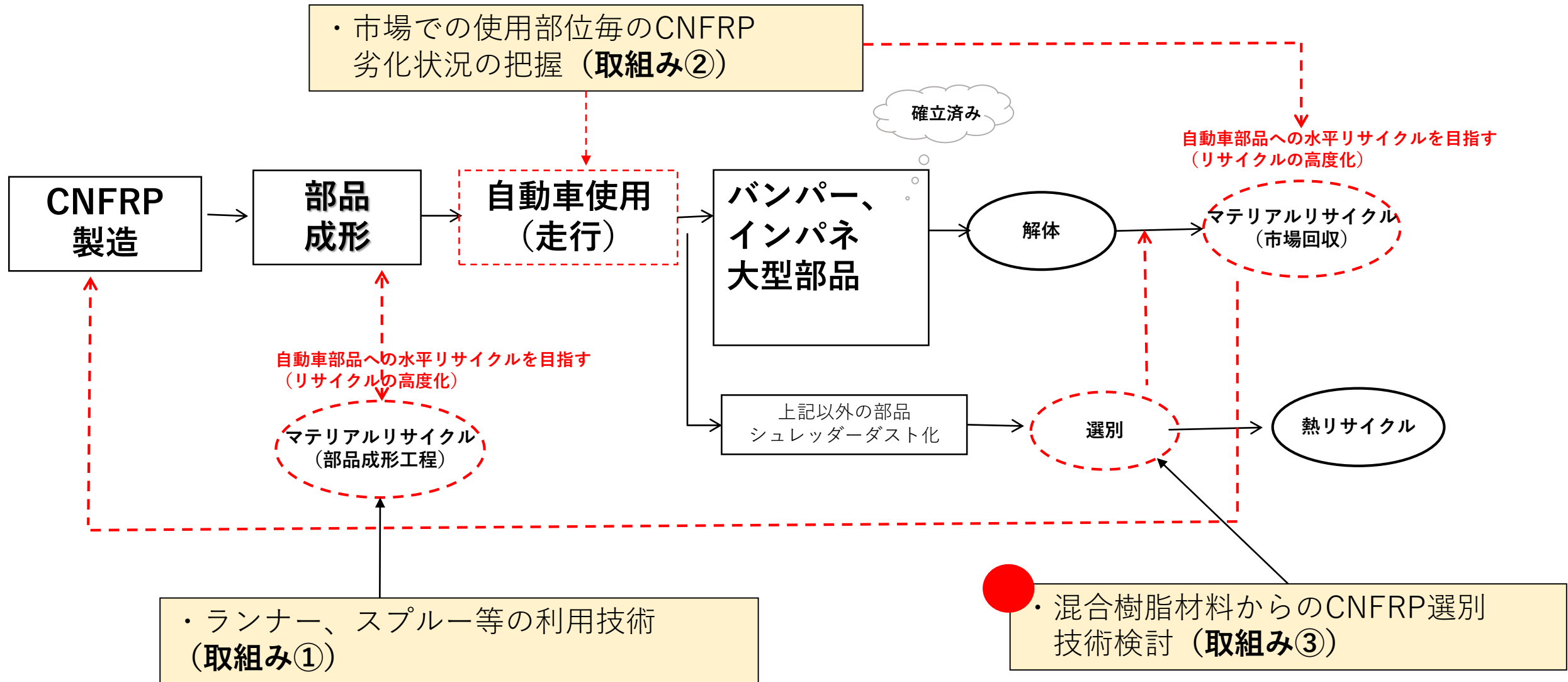
試験体	評価結果	
	着色無し	着色有り
耐熱試験後CNFRP10%添加	×	○
耐熱試験後CNFRP100%	×	○
耐光試験後CNFRP10%添加	×	○
耐光試験後CNFRP100%	×	○

# 市場での使用部位毎のCNFRP劣化状況のまとめ (取組み②)

- 全ての耐久試験において物性低下は確認されなかった。
  - ただし、耐熱、耐光および耐候試験後の部品外観が濃色化した。
- 材着部品に使用する場合には配慮が必要である。
- 使用部位に関わらず、促進劣化後、劣化防止添加剤はほぼ消費済み。  
水平リサイクル時には適用部位に応じた添加剤をバージン材同様に添加する必要がある。



# セルロースナノファイバーを用いた自動車部品のリサイクル性に関する検討



# ・混合樹脂材料からのCNFRP分離技術検討 (取り組み③)

## - 静電分離モデル実験 -

### 実験







混合樹脂の分離工程を模擬した、モデル実験を行った。5種類（\*）の樹脂ペレットを事前に混合する。装置（右図）の上部から摩擦帯電された混合ペレットを供給樹脂の種類により帯電特性が異なることを利用した静電分離試験を行った。分離回収容器の各樹脂ペレットの重量割合を測定することで分離精度を調べた。

（\*）CNFRP、PP、PP/TD（タルク）、PP/GF（ガラス繊維）、PP/WD（木粉）

### 結果

2回の静電分離により、CNFRPを98%の割合で分離可能なことが分かった。

（試験後の分離回収容器の様子）

	+ 帯電側	中央	- 帯電側
1回目			
PP/WD	98.9wt%		
CNFRP		13.7wt%	
PP/GF	1.1wt%	86.3wt%	0.5wt%
その他			99.5wt%
2回目			
PP/WD	98.9wt%	91.3wt%	2.3wt%
CNFRP		8.7wt%	97.7wt%
PP/GF	1.1wt%		

その他樹脂：PP、PP/TD

（帯電序列）

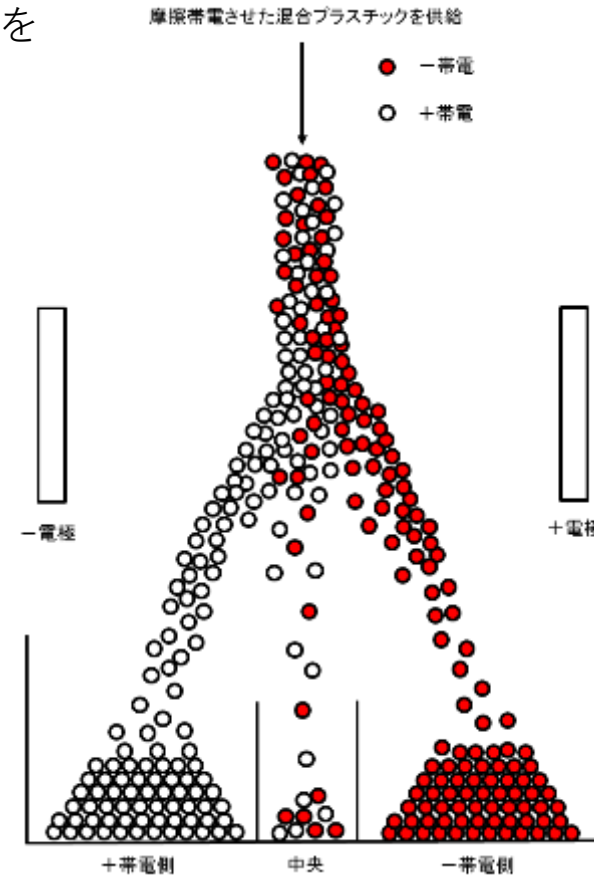
+ 帯電

PP/WD  
PP/GF  
CNFRP  
PP  
PP/TD

- 帯電

【現在の取り組み】

実工程の混合樹脂材料での分離試験



静電分離装置（模式図）

# 混合樹脂材料からのCNFRP選別技術検討まとめ (取組み③)

- 静電分離法により、  
CNFRPを98%の割合で分離可能なことが分かった。

# CNF複合樹脂のリサイクル手法の検討まとめ

・市場での使用部位毎のCNFRP劣化状況の把握（取組み②）

CNFRP  
製造

部品  
成形

自動車使用  
(走行)

バンパー、  
インパネ  
大型部品

解体

マテリアルリサイクル  
(市場回収)

・ランナー、スプルー等の利用技術（取組み①）

上記以外の部品  
シュレッダーダスト化

選別

・混合樹脂材料からのCNFRP選別技術検討（取組み③）

（取組み①）成形工程内でのマテリアルリサイクル

射出成形工程で発生する廃材（ランナー等）の利用により著しい物性低下は確認されなかった。  
但し、成形・粉碎サイクルを繰り返すことで成形品外観が濃色化した。材着部品に使用する場合に配慮が必要である。

（取組み②）部品使用後のマテリアルリサイクル

各自動車部品が使用される環境を調査し、促進耐久試験を実施した。全ての耐久試験において物性低下は確認されなかった。  
ただし、耐熱、耐光および耐候試験後の成形品外観が濃色化した。材着部品に使用する場合には配慮が必要である。

（取組み③）混合樹脂材料からのCNFRP分離手法

自動車部品に汎用される4種類の樹脂とCNFRPの混合材料を用いて、  
静電分離法でCNFRPを98%の割合で分離可能なことが分かった。