

○阿部 一徳, 栗本 康司\*, 高田 克彦  
秋田県立大学 木材高度加工研究所  
〒016-0876 能代市海詠坂11-1, \*Email: kuri@iwt.akita-pu.ac.jp

ボールミル粉碎機を用いて調製したアセチル化木粉の結晶化度と得られたアセチル化木粉を原料として調製した木材-プラスチック複合材(WPC)の強度特性を、高速振動試料粉碎机(振動ミル)を用いた場合と比較検討した。ボールミル、振動ミルいずれの粉碎机においても処理時間が増すにつれ結晶化度が低下した。また、100部の無水酢酸を用いたアセチル化では、いずれの処理に置いても結晶化度は30%程度の値に収束した。ボールミルにより調製したアセチル化木粉(WPG 33.7%)を用いたWPCIは、振動ミルで調製したアセチル化木粉(WPG35.5%)を用いた場合よりも引張りおよび曲げ特性に優れた。見掛け上、同等のWPGと結晶化度であっても得られるWPCの強度特性が異なることが認められた。

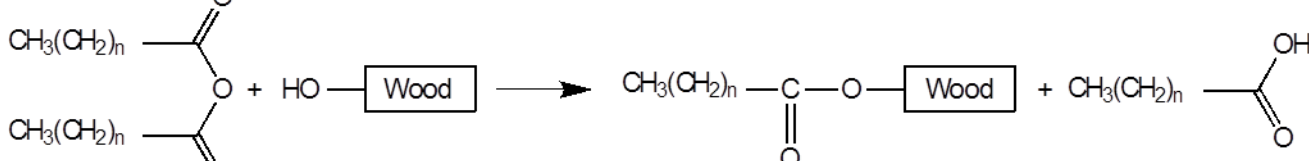
## 諸言

- 森林バイオマスの効率的活用、利用研究の産業化  
⇒ **市場競争力の高い製品開発**

- 未使用バイオマス資源の有効利用  
⇒ **高付加価値混練型WPC**  
(地域資源の活用・リサイクル、寸法安定性)



- 混練型WPCの課題点: 長期的な寸法安定性・耐久性  
⇒ **アセチル化木粉の利用**  
(低吸湿・低吸水性・耐光性・耐腐朽・耐蟻)



同時メカノケミカル処理によるアセチル化木粉調整

⇒ アセチル化木粉の重量増加率(WPG)と処理時間及び粒度依存性  
(第63回木材学会 J23-P-PM05)

機械的な処理の特徴: 結晶領域の破壊による吸放湿性や強度特性の低下

- ✓ 同時メカノケミカル処理で調整したアセチル化木粉の結晶性確認
- ✓ アセチル化木粉を用いた混練型WPC試作と強度試験

## 実験方法

### アセチル化木粉調整

#### 材料・試薬

用途	名称	使用量
原料木粉	秋田スギ辺材 (1-2mm, 全乾)	100部
化学修飾試薬	無水酢酸(AA)	50部, 100部
触媒	ピリジン	AAに対して15wt%

#### 粉碎方式

- 高速振動ロッドミル(振動ミル) (CMT, TI100型, Hタイプ + Bロッド)
- 磁性ボールミル  
内寸: 205mm(h) × 210mm(φ)  
磁性ボール: 3,400g



振動ミル      ボールミル  
同時メカノケミカル処理

### 混練型WPC試験片作製

#### 混練物の調製

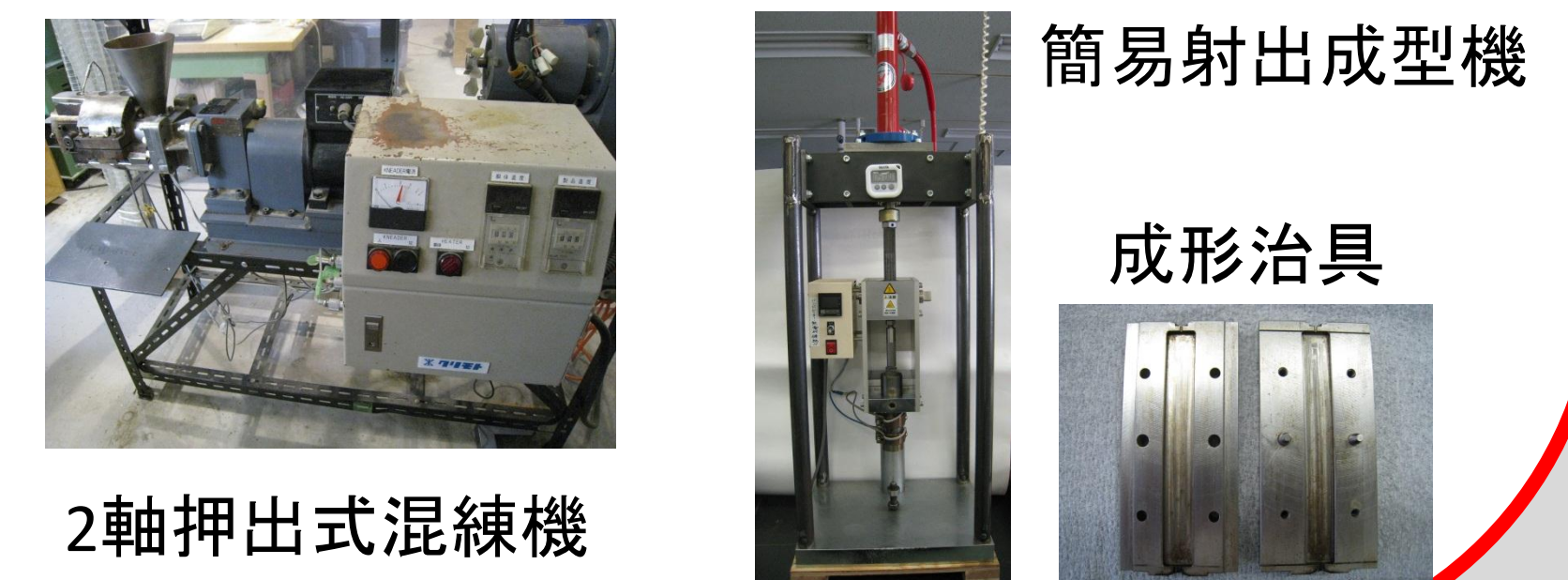
用途	名称
原料木粉	アセチル化木粉(106μm以下に分級)
合成高分子基質	射出成型用ポリプロピレン (ノバテックPP MA3)
相溶化剤	無水マレイン酸変性ポリプロピレン (MAPP、ユーメックス1010)

PP : アセチル化木粉 : MAPP = 45 : 45 : 10  
混練温度190°C、混練時間15min

2軸押出式混練機を用いて調整

#### 簡易射出成型

温度210°C、時間5min



2軸押出式混練機

簡易射出成型機

成形治具

## スギ粉の評価方法

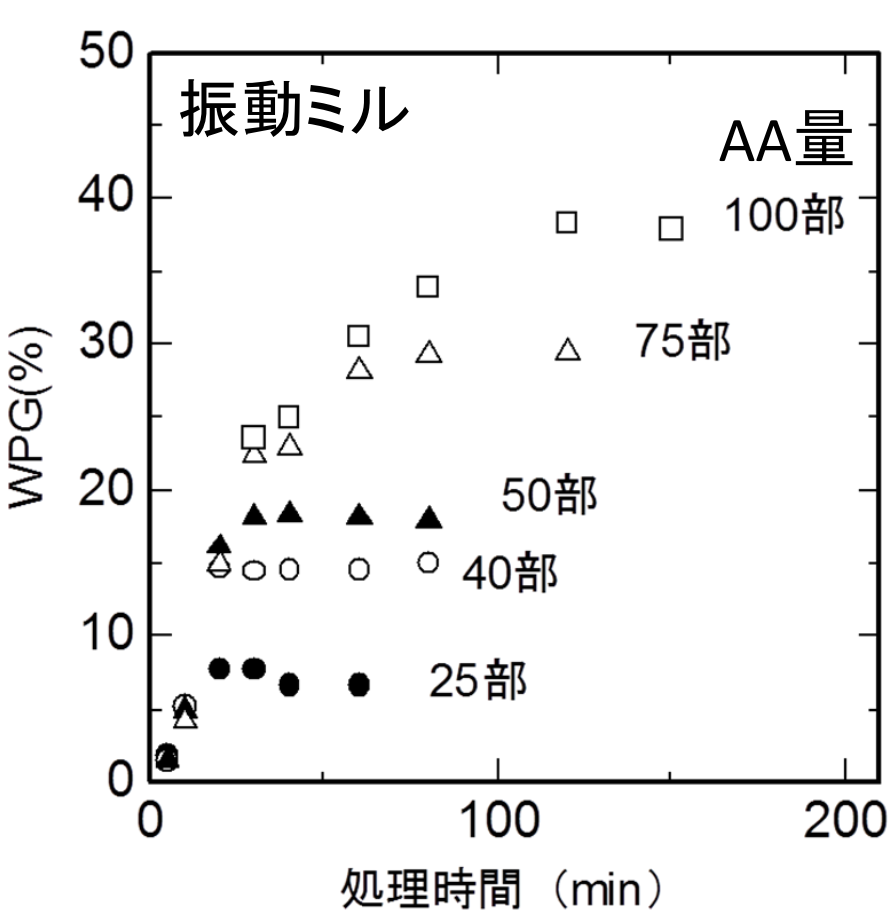
- 電子顕微鏡(SEM, Hitachi Ltd., S-3400N)による木粉の表面観察
- 粒度分布測定(Nikkiso co. Ltd., MT3000II)
- X線回折(XRD, Rigaku Ltd., Rint2000)測定による結晶性評価: 分解能0.002°, 走査速度2° /min

## WPC強度試験

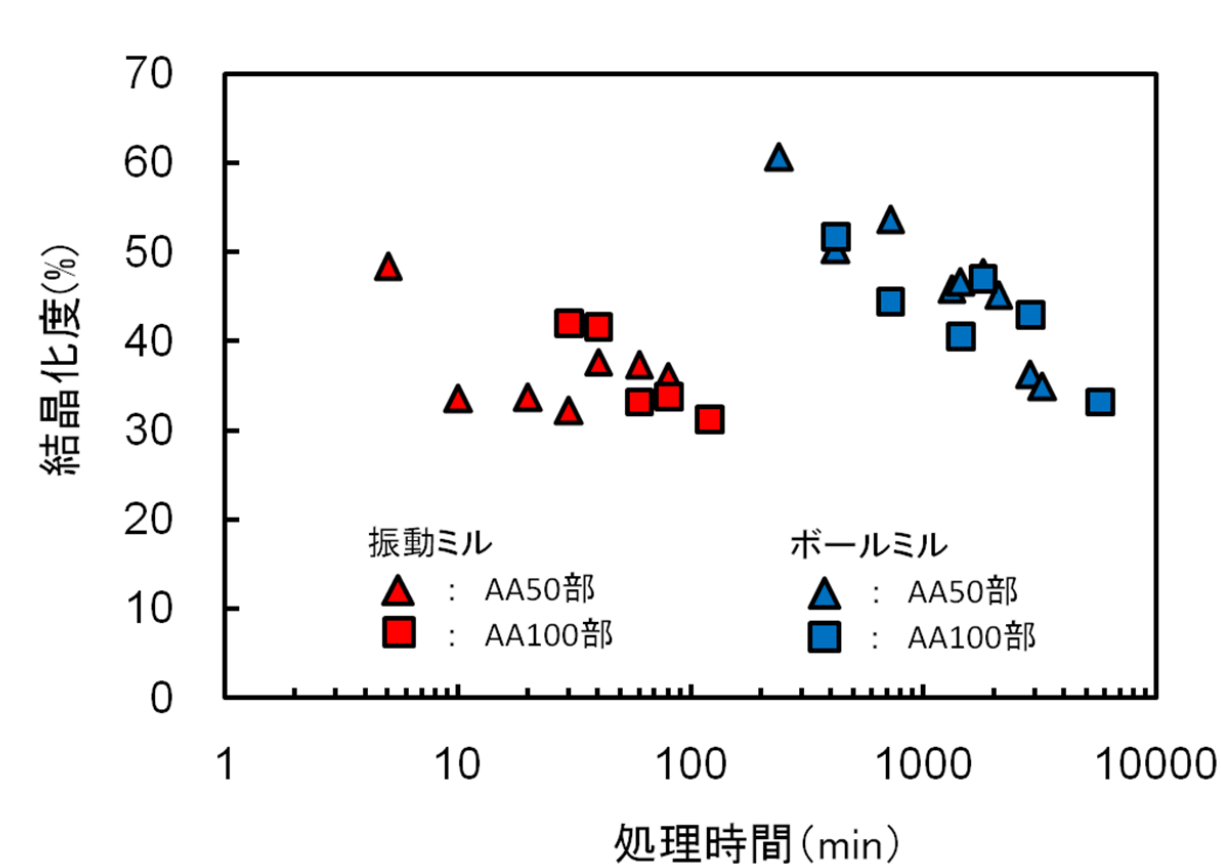
- 引張り試験(JIS K 7113)
- 曲げ試験(JIS K 7171)  
⇒ 試験回数を3回として平均値、標準偏差を算出

## アセチル化木粉の基礎物性及びWPC強度試験

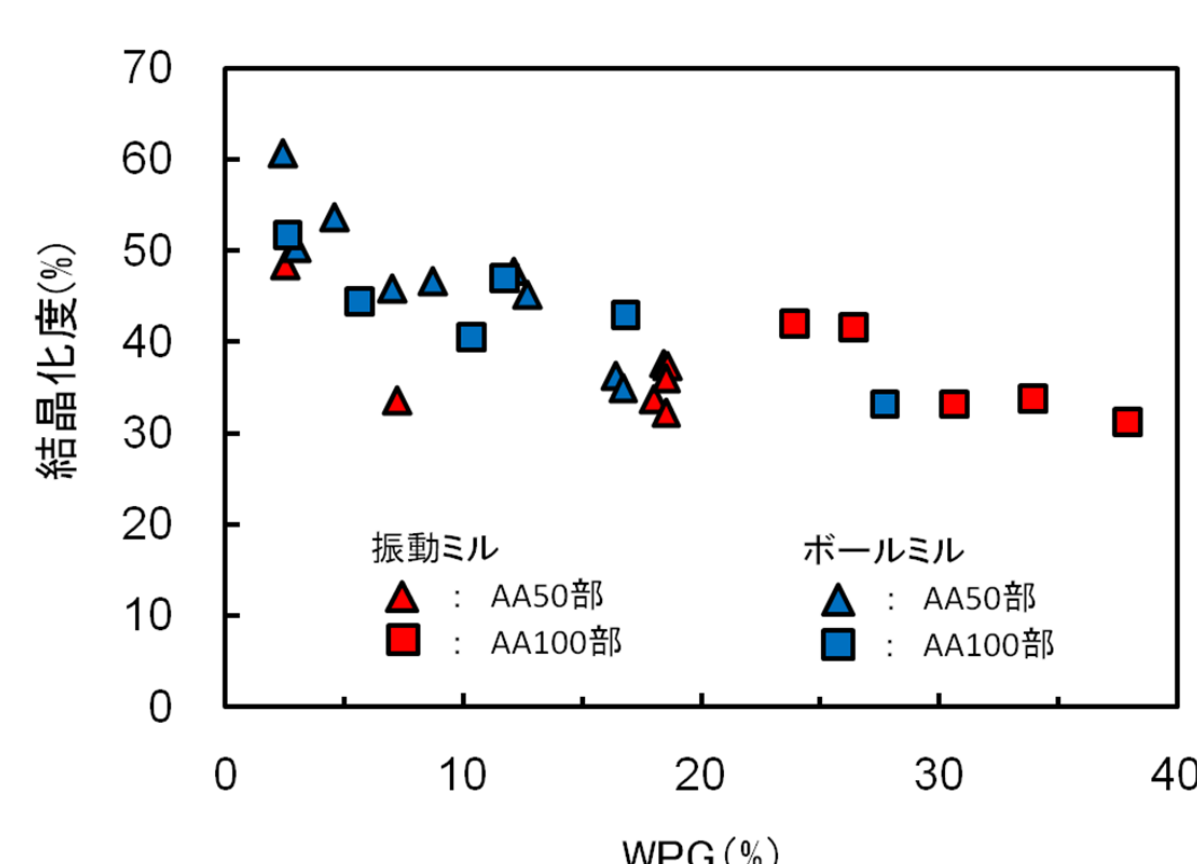
- 処理時間とWPGの関係
- 処理時間と結晶化度の関係
- WPGと結晶化度の関係



**処理時間とともにWPGが増加**  
⇒ 処理時間増加により新生表面が増大  
⇒ 表面官能基の未結合手が増大  
⇒ 活性表面の安定化の結果としてアセチル化が進行



**処理時間が増すとともに結晶化度は減少**



**WPGと結晶化度に負の相関を確認**  
⇒ 処理時間とともに結晶領域が破壊

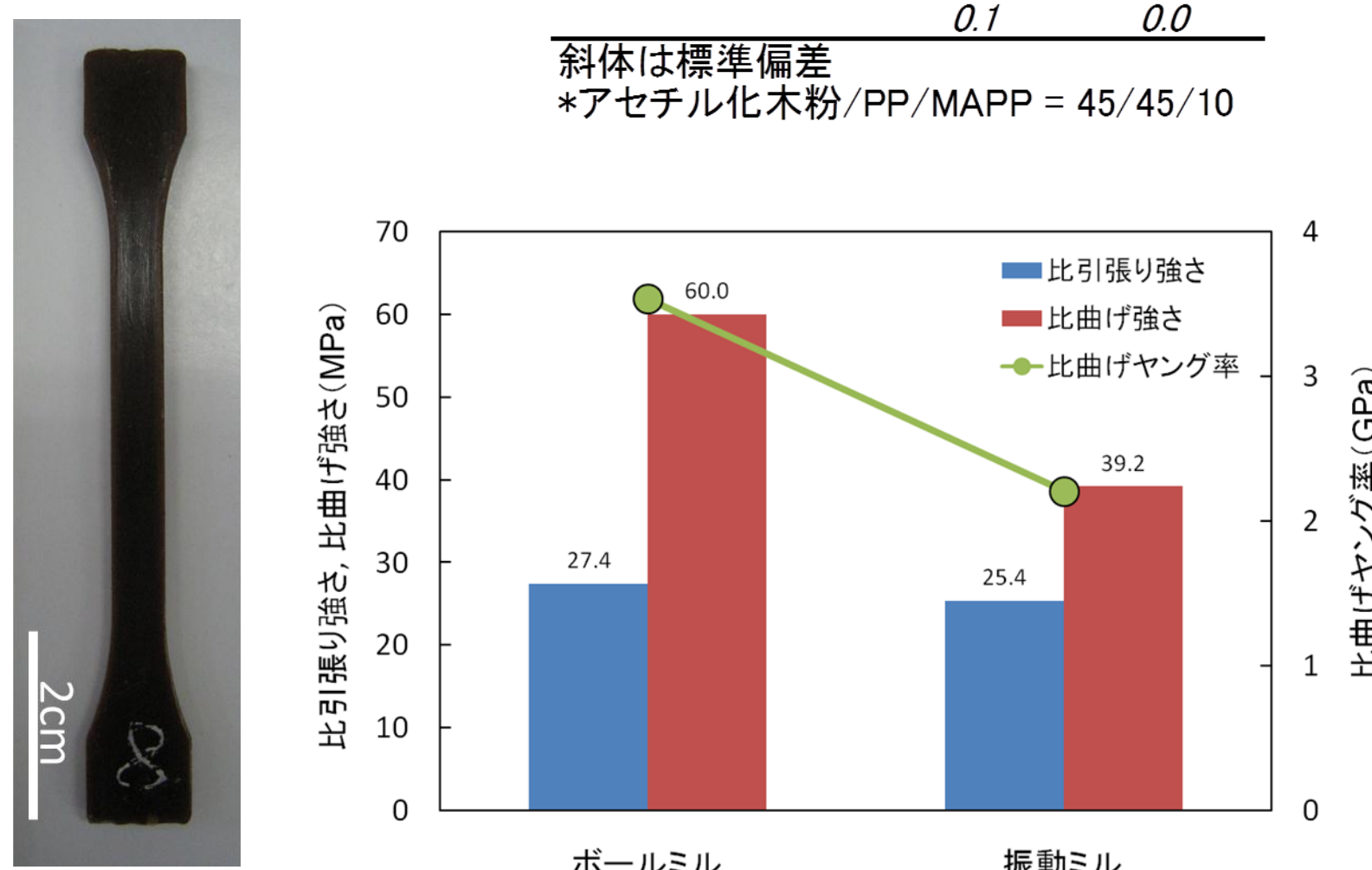
### アセチル化木粉を用いたWPCの強度試験 (ボールミルと振動ミルの比較)

WPGと結晶化度は同等

WPGボールミル = 33.7%  
WPG振動ミル = 35.5%  
(Cryst. Index) ≒ 30%

	ボールミル	振動ミル
比引張り強さ, Mpa	27.4	25.4
比曲げ強さ, Mpa	60.0	39.2
比曲げヤング率, Gp	3.9	2.6
比曲げヤング率, Gp	3.5	2.2
比曲げヤング率, Gp	0.7	0.0

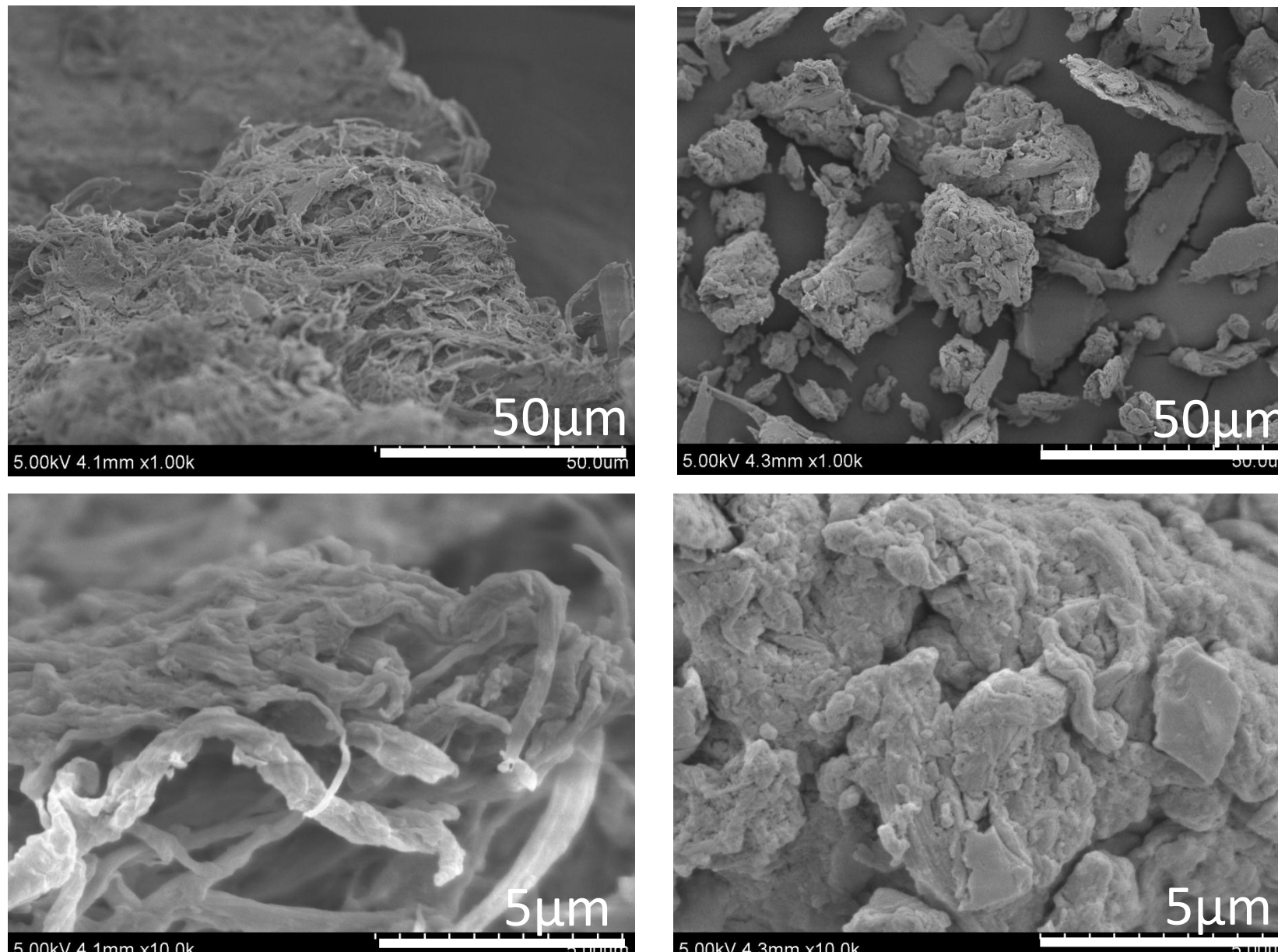
斜体は標準偏差  
\*アセチル化木粉/PP/MAPP = 45/45/10



- 振動ミルと比較してボールミルを用いたWPCが高強度
- 振動ミルのWPCも実用化可能な強度

### アセチル化木粉のSEM表面像

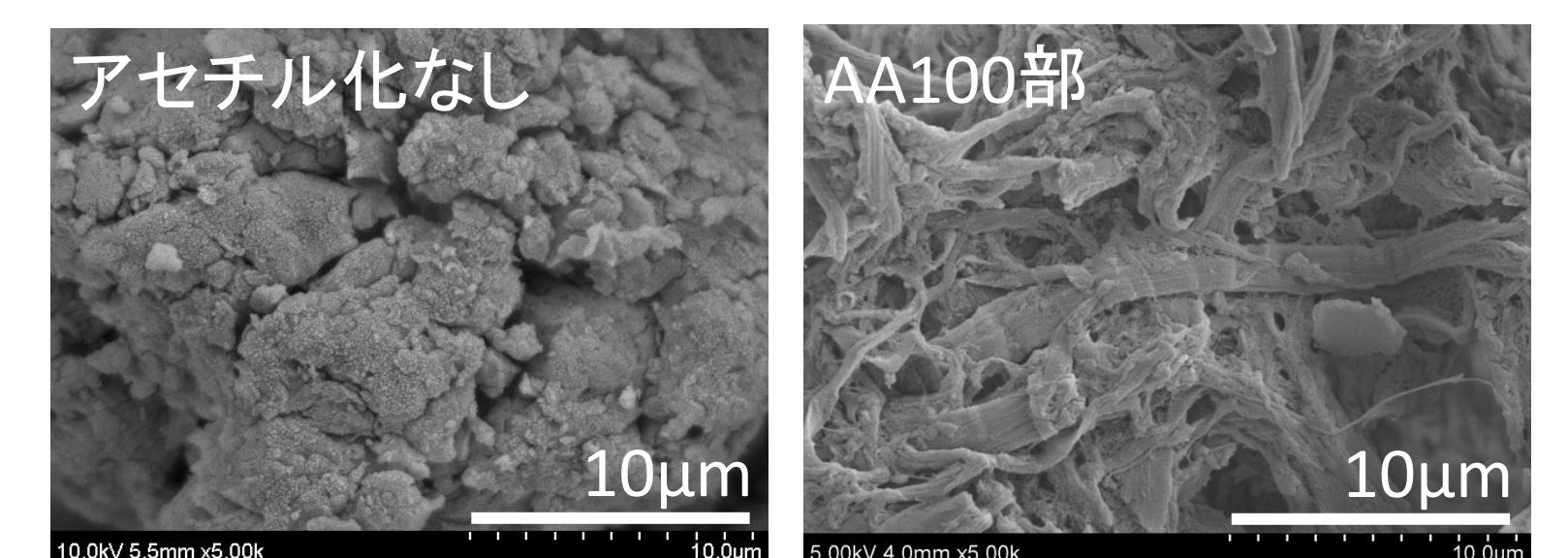
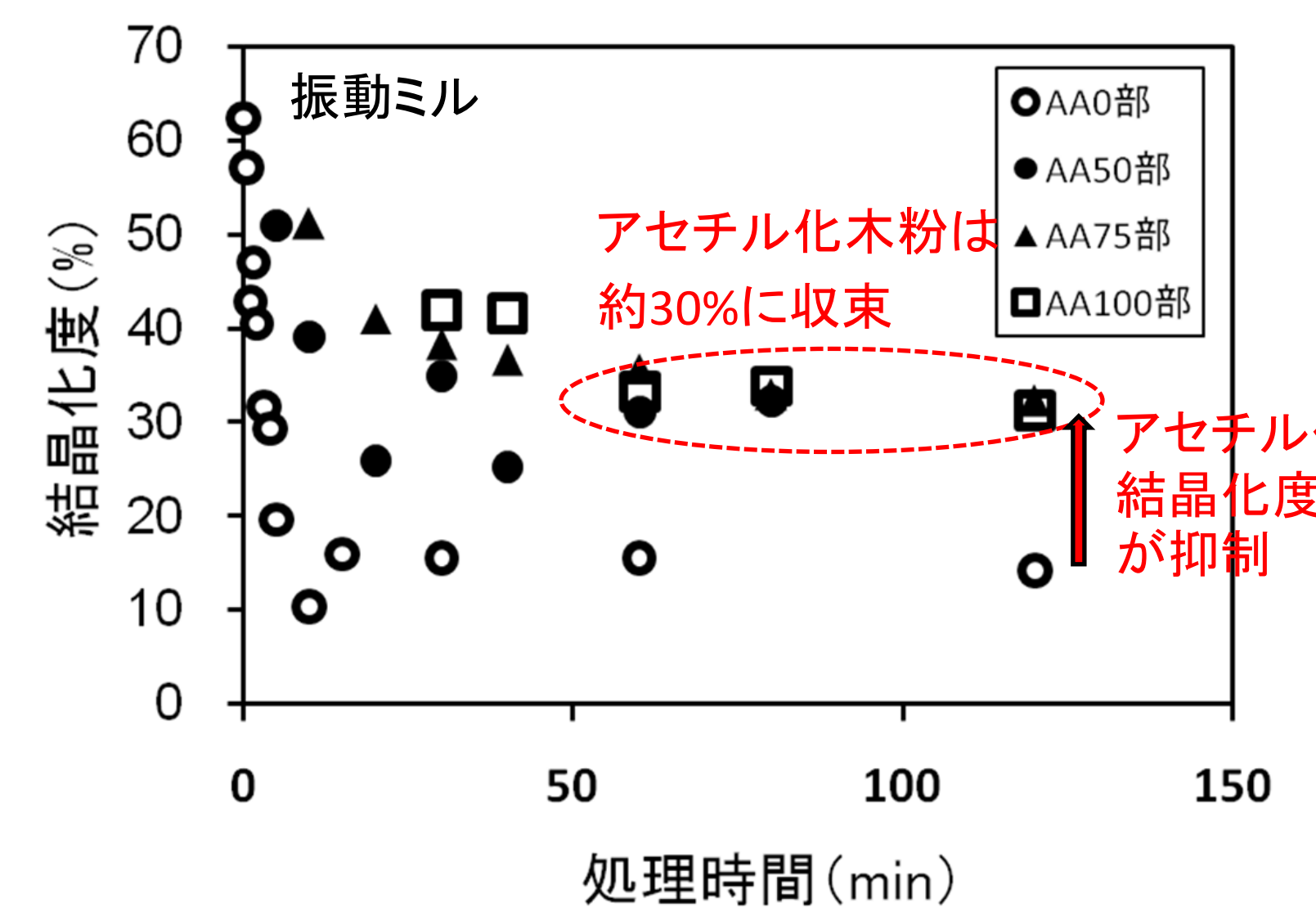
振動ミル粉砕 (AA100部, WPG35.5%)      ボールミル粉砕 (AA100部, WPG33.7%)



- 振動ミルは繊維状, ボールミルは球状
- WPC強度に関しては, WPGや結晶化度のほかに形状が影響

## アセチル化の影響

- アセチル化の有無による比較



AA100部のスギ粉は繊維状、アセチル化なしでは球状

- アセチル化(同時メカノケミカル処理)により木粉形状に差が生じる
- アセチル化により結晶化度低下が抑制される

## 結言

- アセチル化木粉の基礎物性
    - 結晶化度は粉碎方式によらず処理時間とともに減少した。
    - アセチル化(同時メカノケミカル処理)により結晶化度の低下が抑制された。
  - 混練型WPC
    - アセチル化スギ粉のWPG及び結晶化度が同等である場合でも、WPCの強度に差が生じた。
    - ボールミルで調整した場合、比引張り強度: 27.4MPa、比曲げ強さ: 60.0MPa、比曲げヤング率: 3.54GPaとなった。振動ミルと比較して強度が高い結果が得られた。
    - SEM表面像から、ボールミルと振動ミルにおける形状の差を確認した。ボールミルのアセチル化木粉は球状、振動ミルは繊維状が観察された。
- 高付加価値WPC普及のためには用途に応じたWPGと結晶化度を調整し、低コストの粉碎方式を検討する必要がある。