

ナノ加工のメディカルケアへの応用展開 ～精密高分子成形加工による新たなものづくり研究～

山形大学 大学院理工学研究科
有機デバイス工学専攻・機能高分子工学専攻 兼任
高分子精密加工研究室

有機エレクトロニクス研究センター(低炭素研究ネット)
山形大学グリーンマテリアル加工研究所(GreenMAP)

伊 藤 浩 志

To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

Outline

- ✓ はじめに
研究の背景
- ✓ 射出成形・インプリントによるプラスチック基盤への
表面微細転写
 - 経皮無痛針を意識したマイクロニードル形成
 - 高摩擦表面フィルムを意識したマイクロ・ナノ形成
- ✓ まとめ

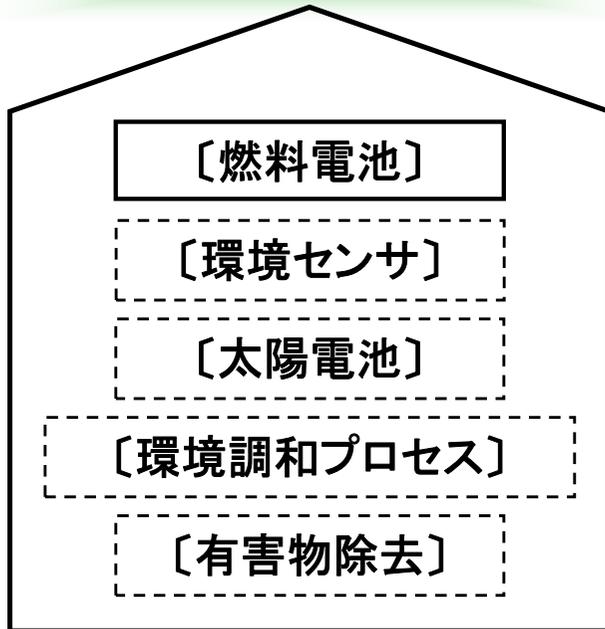
ナノテクノロジー分野の俯瞰図

技術戦略マップ(経済産業省 2005年～)

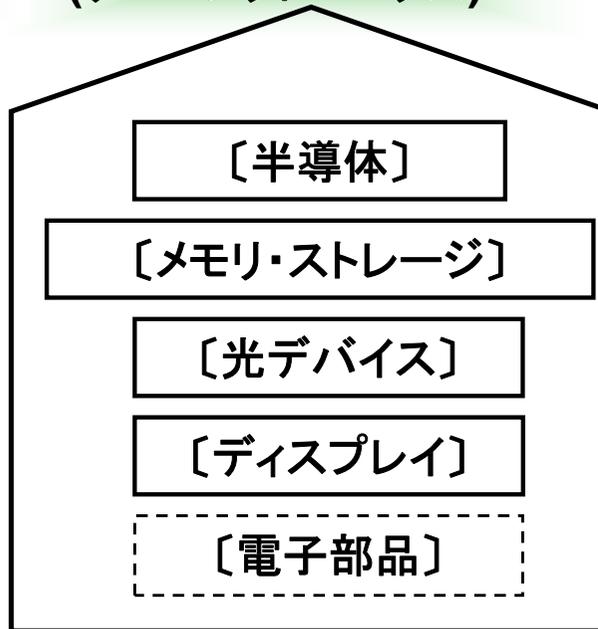
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str-top.html

応用分野

1 環境・エネルギー分野



2 電子・情報分野 (ナノエレクトロニクス)



3 バイオ・医療分野 (ナノバイオ)



共通基盤

4 ナノ加工

1〔トップダウン加工(ナノインプリント・精密ビーム加工)〕

- ・熱ナノインプリント
- ・光ナノインプリント
- ・リソグラフィ
- ・フェムト秒レーザー加工
- ・電子ビーム
- ・クラスターイオンビーム

2〔ボトムアップ加工(自己組織化)〕

- ・ナノスケール周期構造
- ・分子配向

5〔高度材料界面制御・高次組織制御〕

3〔ナノ空間〕

4〔ナノファイバー〕

5 ナノ計測

- 構造計測
- ・形状計測
- ・薄膜計測(膜厚、深さ方向)
- 物性計測
- ・電気計測
- ・磁気計測
- ・熱計測

6 ナノシミュレーション

- 燃料電池シミュレータ
- 薬剤輸送・代謝シミュレータ
- デバイス自動設計シミュレータ

〔カーボンナノチューブ〕

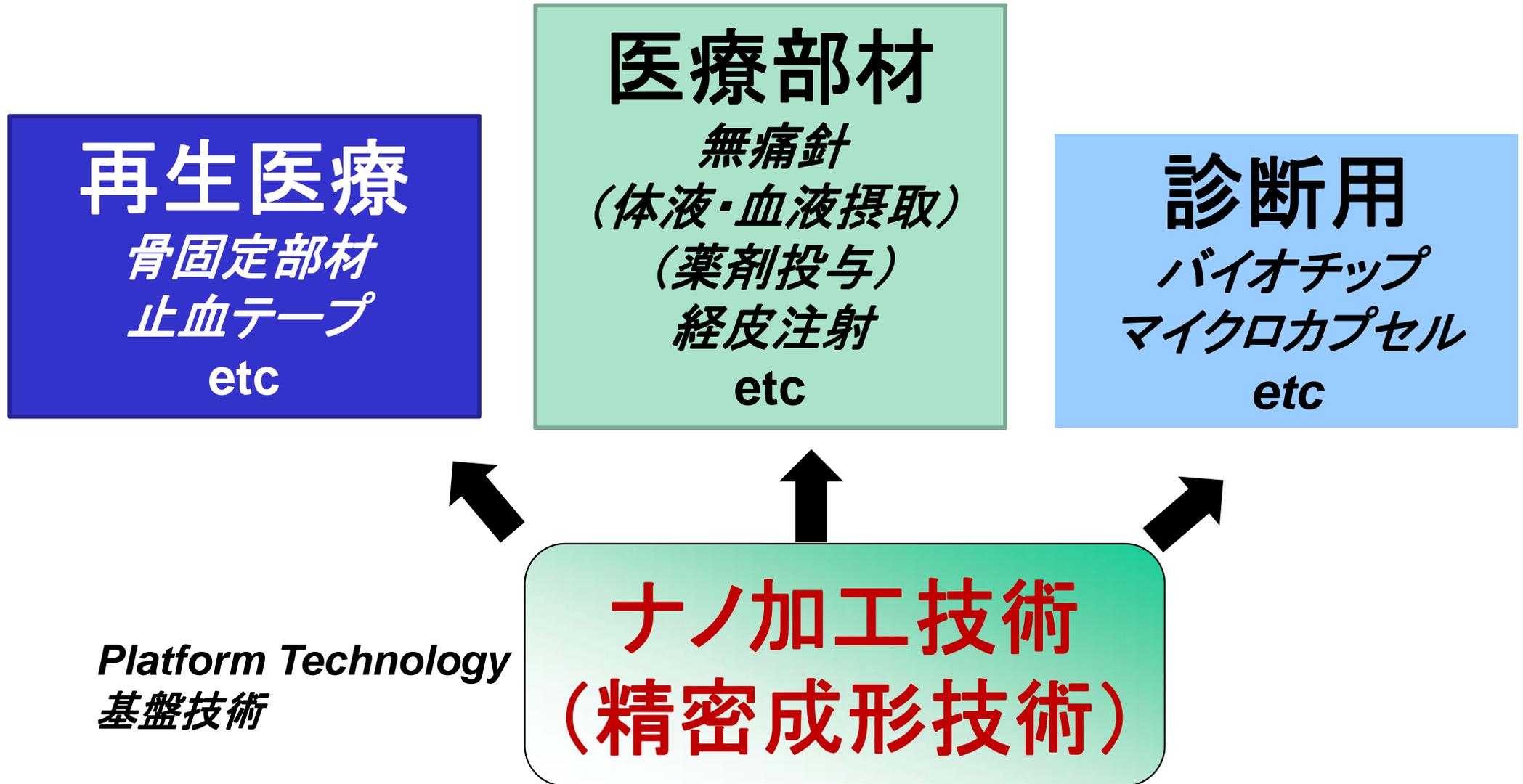
To the future of polymer processing

※太枠－ナノテクノロジー分野にて技術マップ・ロードマップを策定しているもの



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

ナノ加工による医療ケアへの応用



To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

マイクロ・ナノ射出成形機（山形大）概略

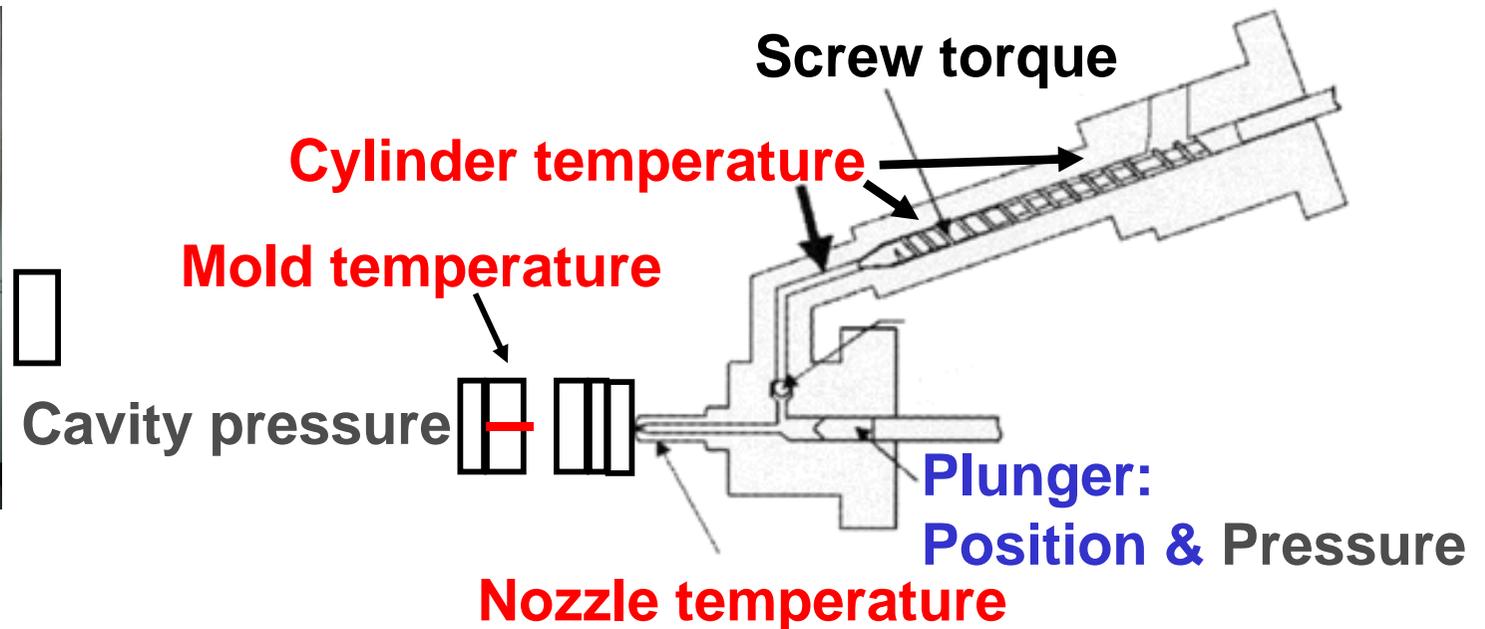
Process Monitoring; Temp., Pressure, Torque, etc.

Process monitoring (plunger position & plunger pressure, screw torque, cylinder temperature): Nissei Flow Analysis System, nDLA

Cavity pressure measurement:

Futaba, Mold Marshalling System, EPC-001

1.0 g / shot

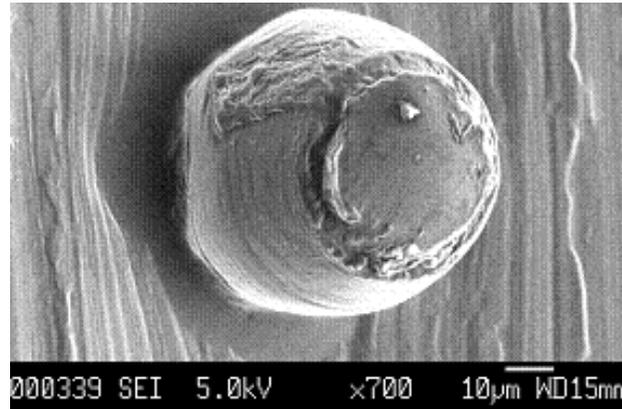
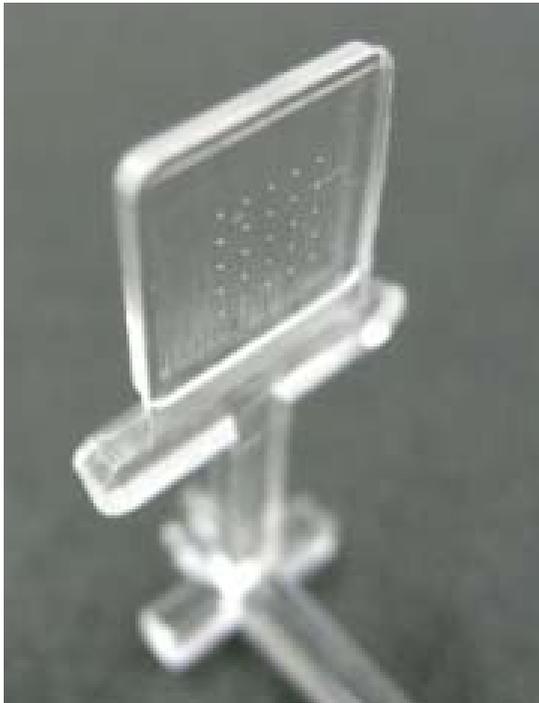


To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

マイクロピラーの表面構造体（経皮注射用マイクロアレイ）



PC

加工技術:

射出圧縮成形

AMOTEC

（超臨界二酸化炭素含浸成形）

金型真空引き

など

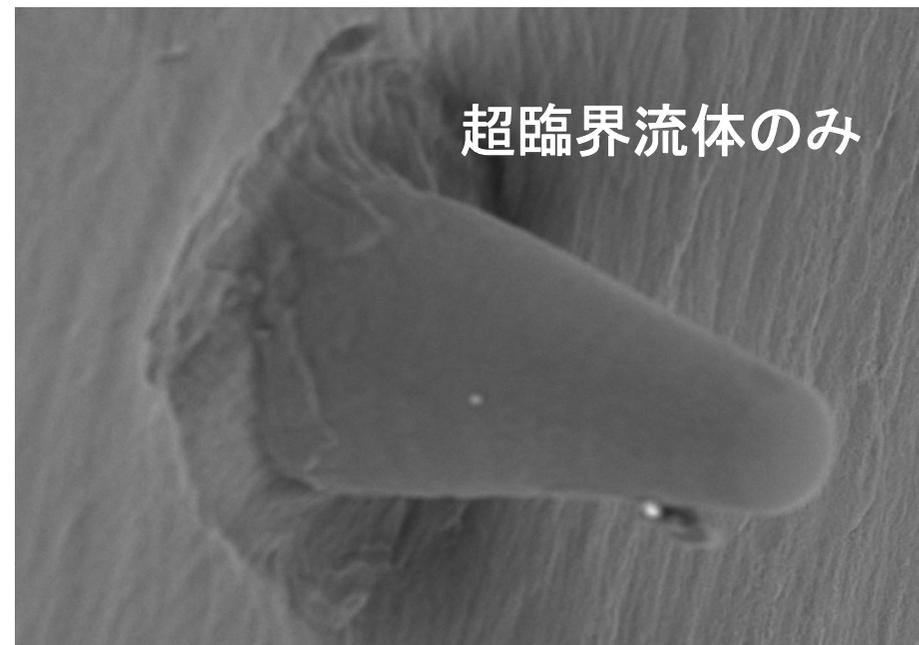
To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University



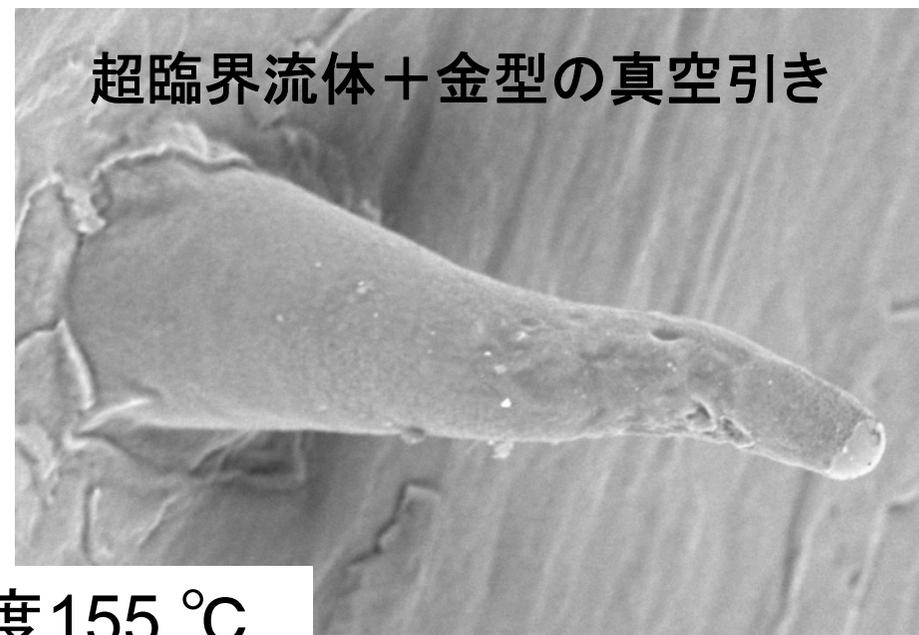
TM-1000 2009/02/13 15:42 L x1.0k 100 um



TM-1000 2009/02/13 14:03 L x1.0k 100 um



TM-1000 2009/02/13 15:33 L x1.0k 100 um



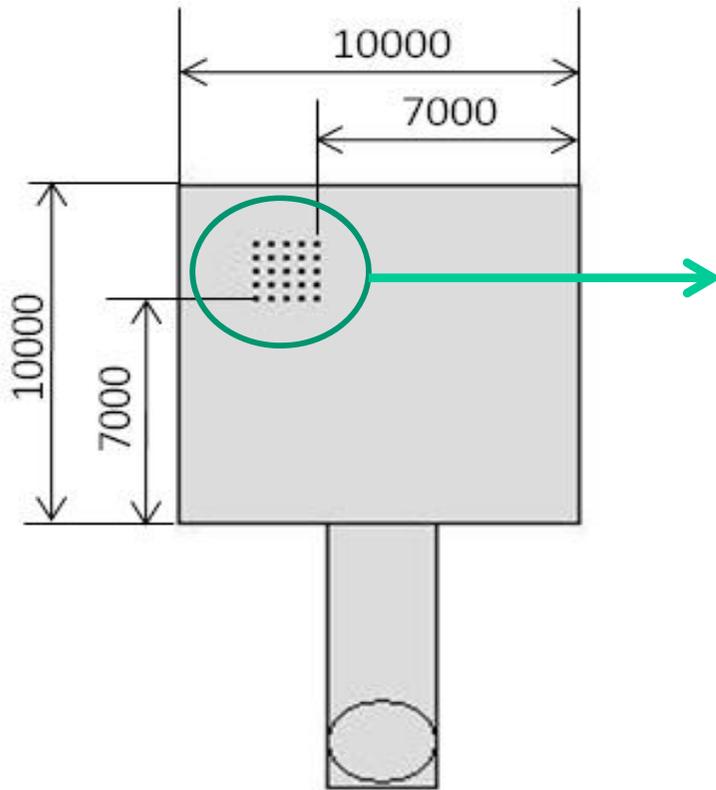
2009/02/13 15:55 L x1.0k 100 um

金型温度155 °C

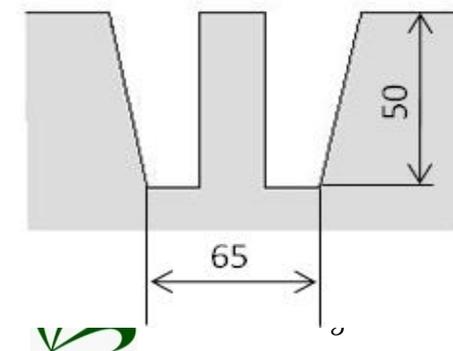
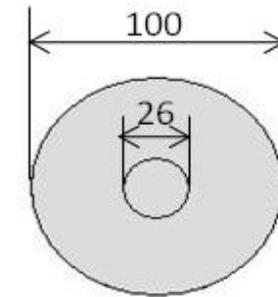
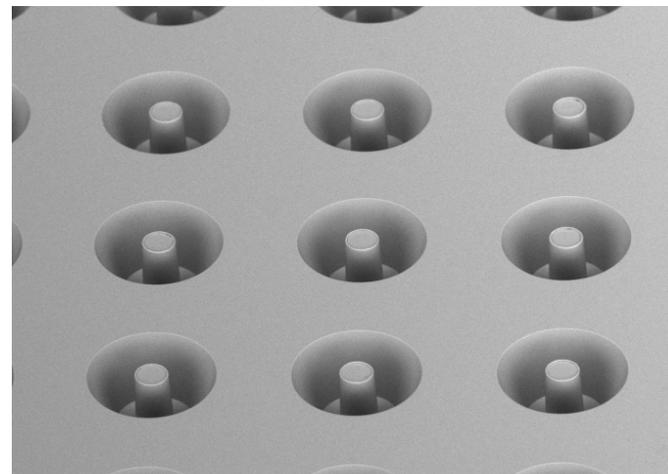
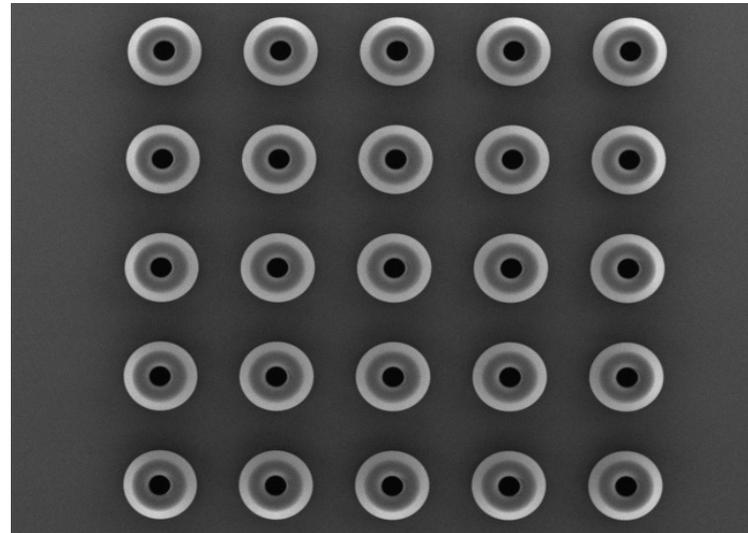


金型(成形品)構造:

NiPメッキ金型 ⇒ ファナック・ロボナノ(α -0iB)にて加工

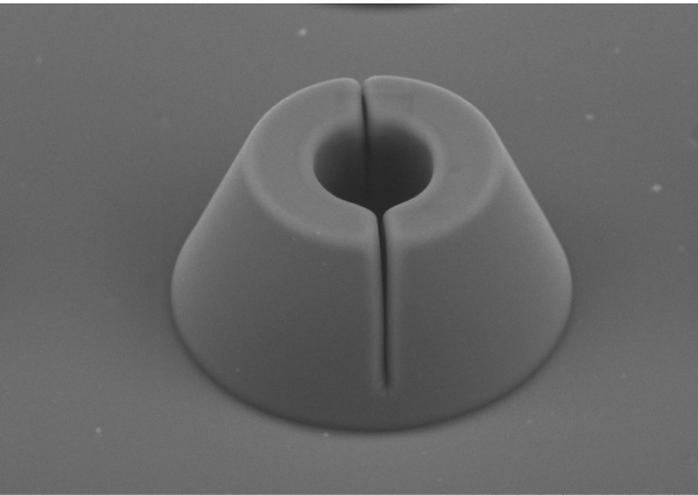


単位: μm



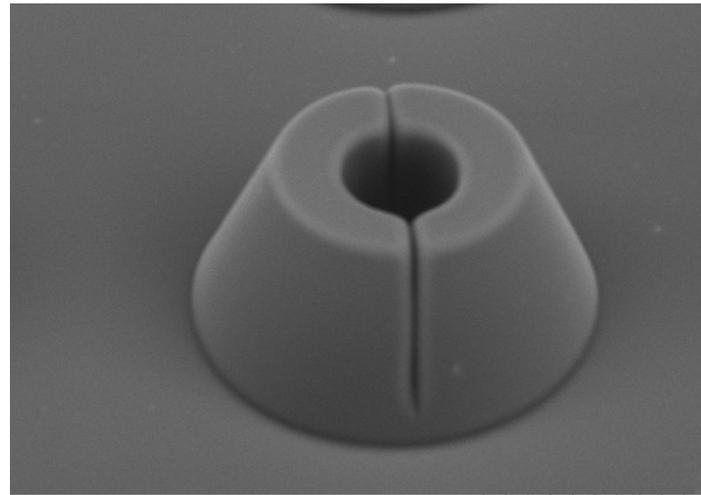
PPマイクロニードル:

射出速度50mm/s
保圧30MPa



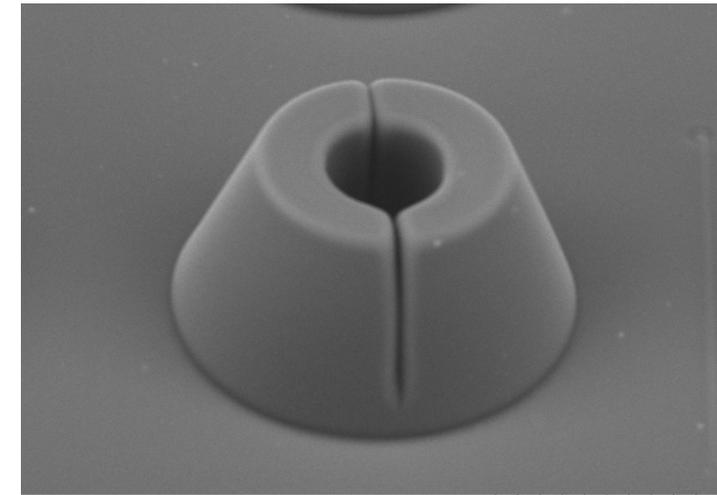
TM-1000 2011/06/21 16:33 L x1.2k 50 um

射出速度125mm/s
保圧30MPa



TM-1000 2011/06/21 17:04 L x1.2k 50 um

射出速200mm/s
保圧30MPa



TM-1000 2011/06/21 14:27 L x1.2k 50 um

流動方向は上から下方向

PPではどの条件でも完全充填に近い状態である。
しかし、流動方向に沿ってウエルラインが観察された。

To the future of polymer processing

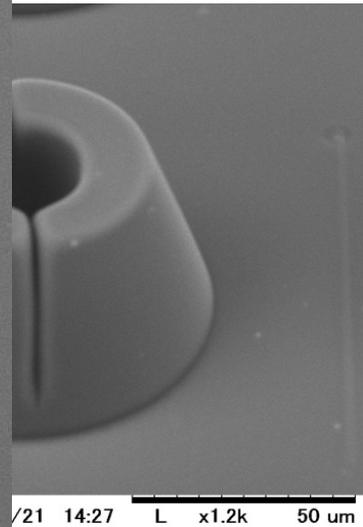
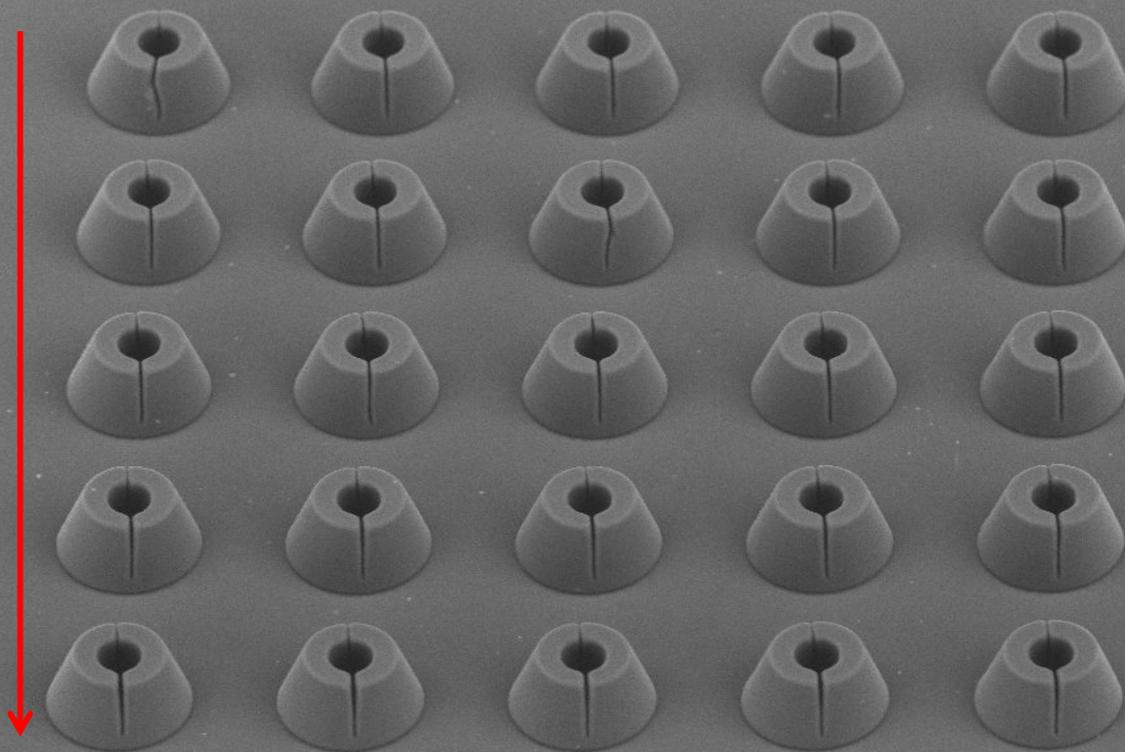


Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

PPマイクロニードル:

射出速
保圧

流動方向



TM-1000

/21 14:27 L x1.2k 50 μm

TM-1000

2011/06/21 16:32 L x180 500 μm

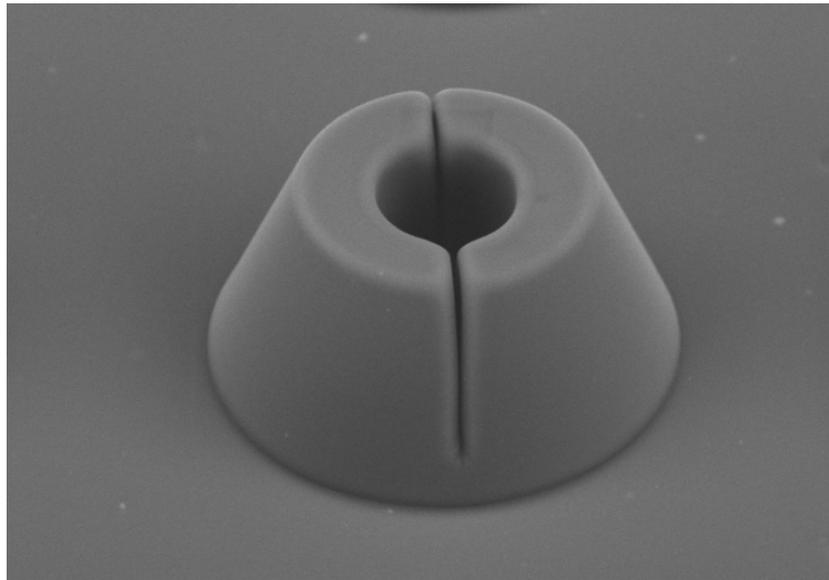
to the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

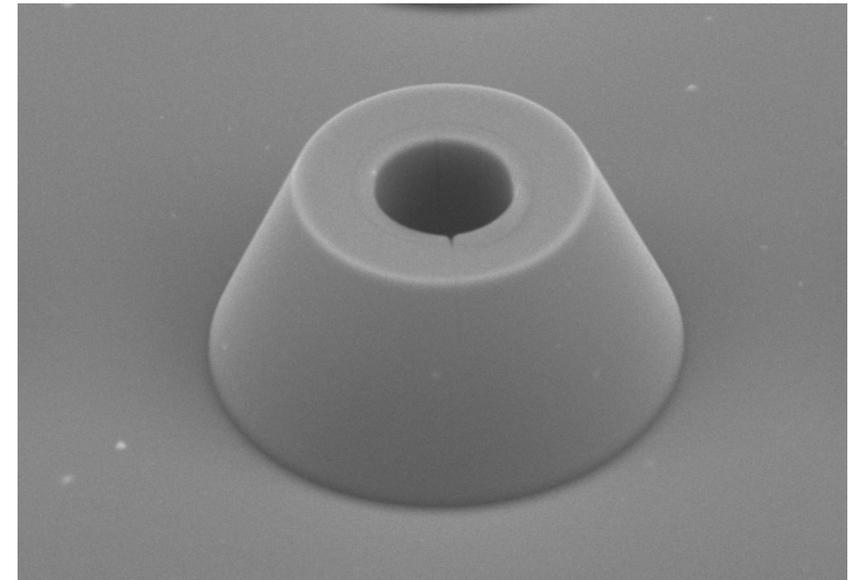
PPマイクロニードル：金型温度の影響

射出速度50mm/s
保圧30MPa
金型温度80°C



TM-1000 2011/06/21 16:33 L x1.2k 50 um

射出速度50mm/s
保圧30MPa
金型温度100°C



TM-1000 2011/09/24 19:46 L x1.2k 50 um

高い金型温度でウエルドラインが小さくなる。

To the future of polymer processing



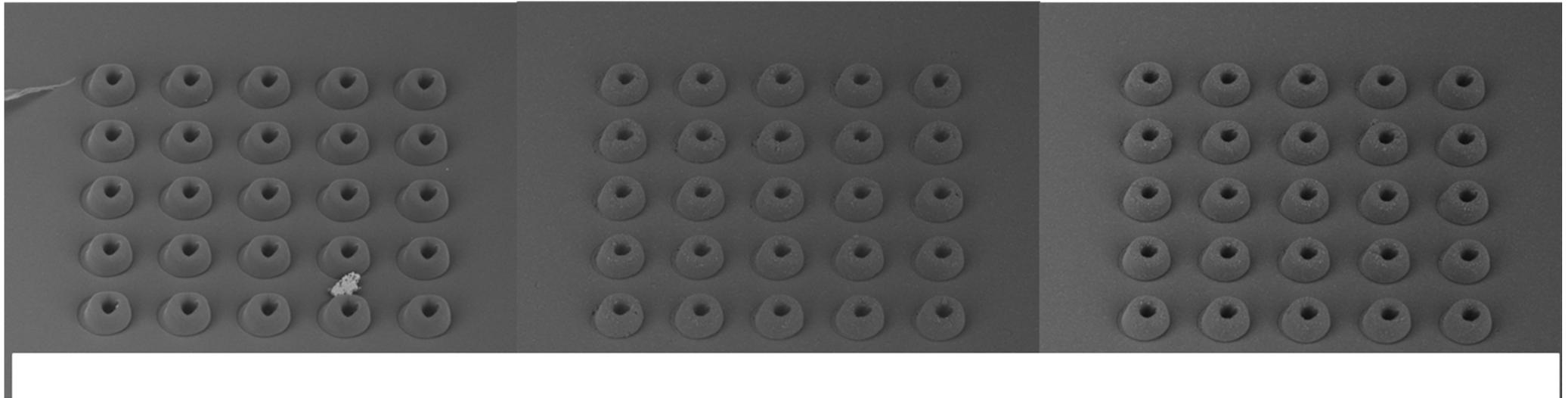
Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

生分解PLA／ハイドロキシアパタイト複合材料の マイクロニードル

PLLA

5 μ 30wt%

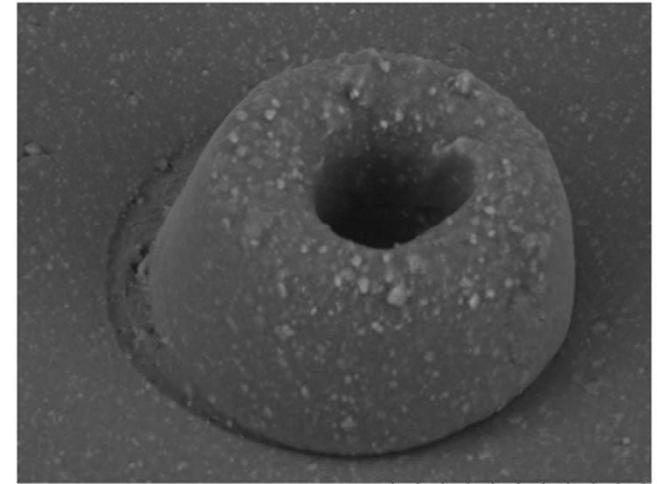
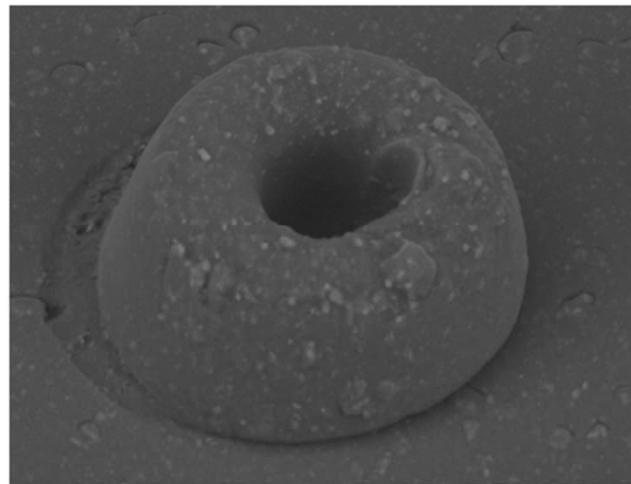
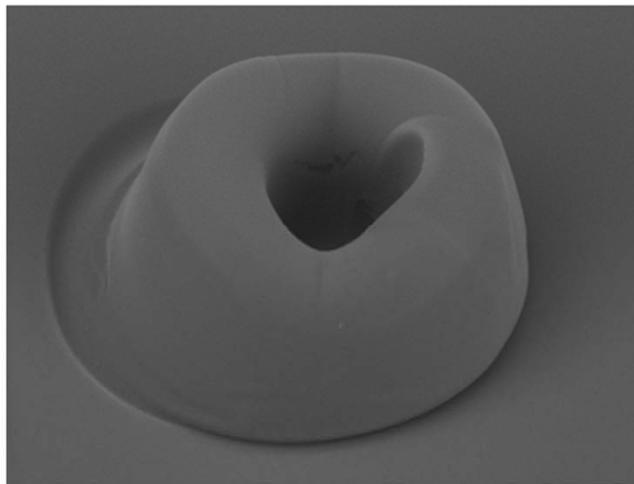
5 μ /1 μ 30wt%



PLLA

5 μ 30wt%

5 μ /1 μ 30wt%



TM-1000 2011/08/05 11:36 L x1.5k 50 μ m

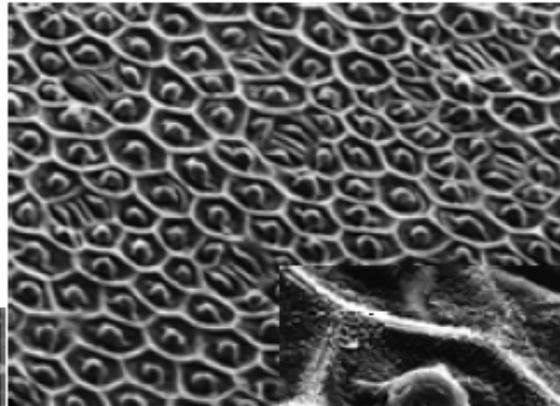
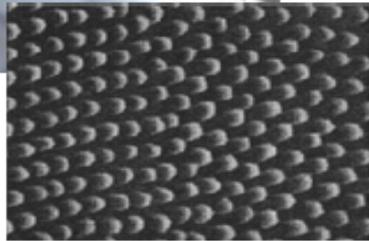
TM-1000 2011/08/05 12:03 L x1.5k 50 μ m

TM-1000 2011/08/05 11:52 L x1.5k 50 μ m

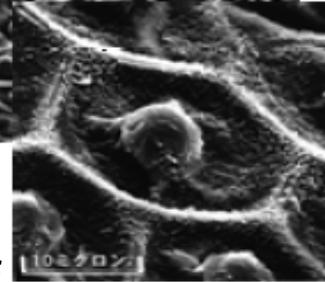
自然界におけるナノ構造



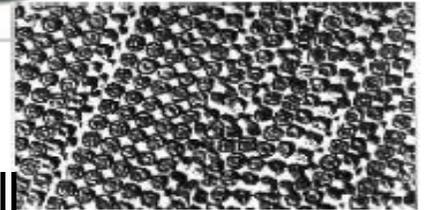
Moth



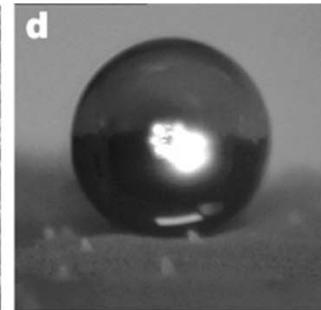
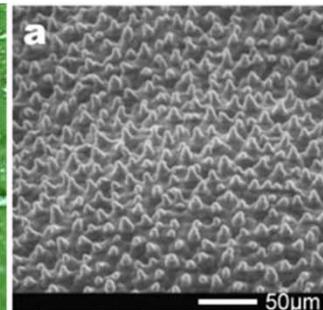
Potato leaf



Opal or shell



超撥水
(接触角150度以上)



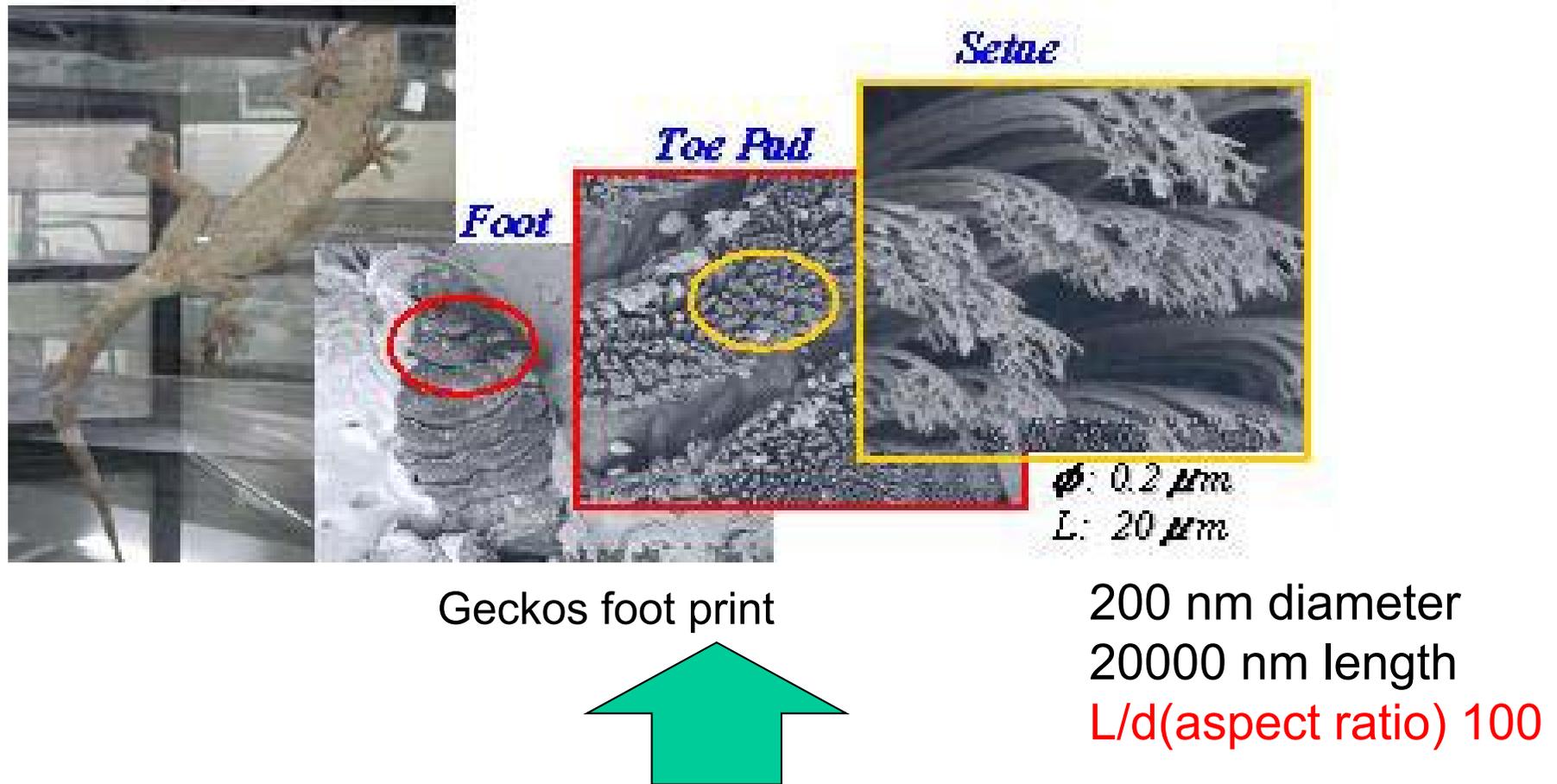
→ (階層的) Micro-nano hybrid size's structures

To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

自然界におけるナノ構造



Micro-nano hybrid size's structures / **Long nano-rod structure**

高摩擦表面フィルムの開発(柔らかい部位への止血用 など)

To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

Imprinting condition - 200 nm pore-

Sample: Polystyrene film, PS (GPPS 679 (PS Japan Corp.))
 $T_g=87$ ($^{\circ}\text{C}$), MFR=18 (g/10min) @ 200 $^{\circ}\text{C}$

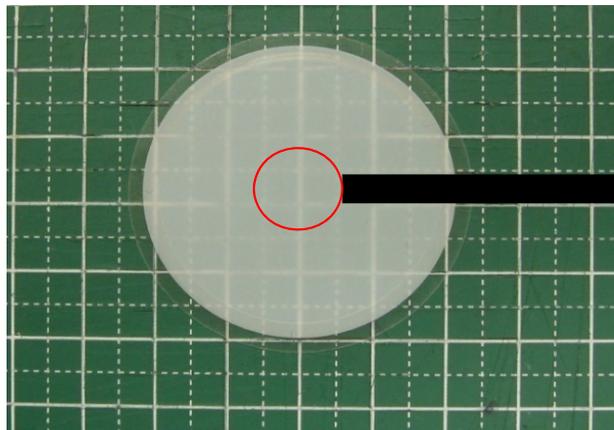
Mold: AAO membrane (Anodisc47, Whatman Co. Ltd.)

Pore size **200 nm**

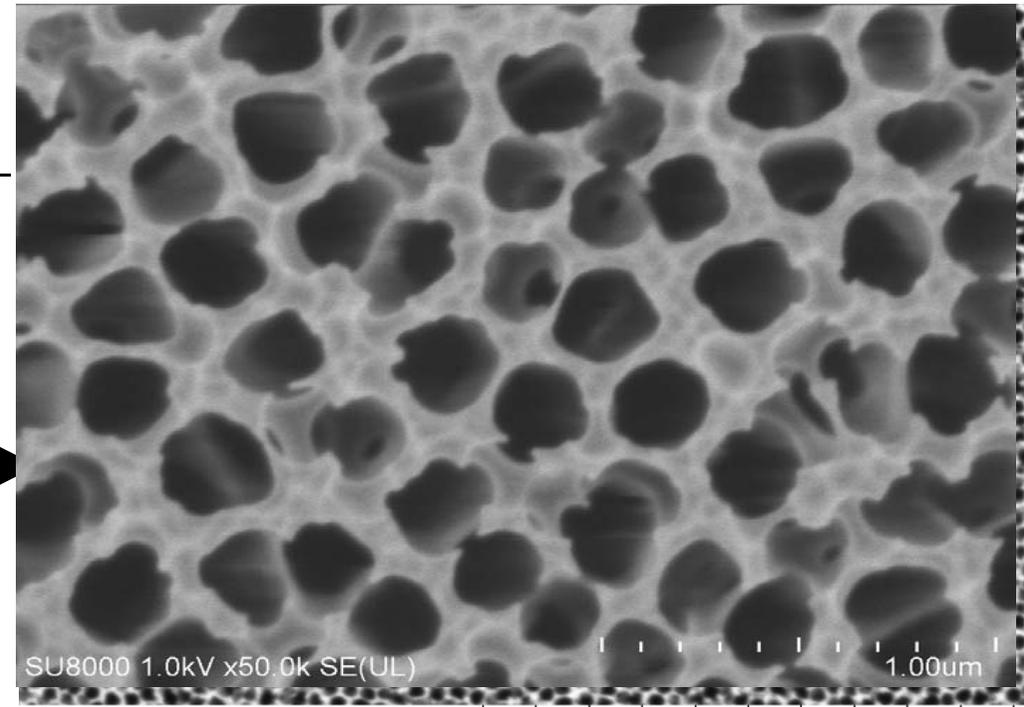
Thickness **60 μm**

Size **1 \times 1 cm^2**

SEM micrograph of AAO film (x50000)



Anodisc47



TM-1000

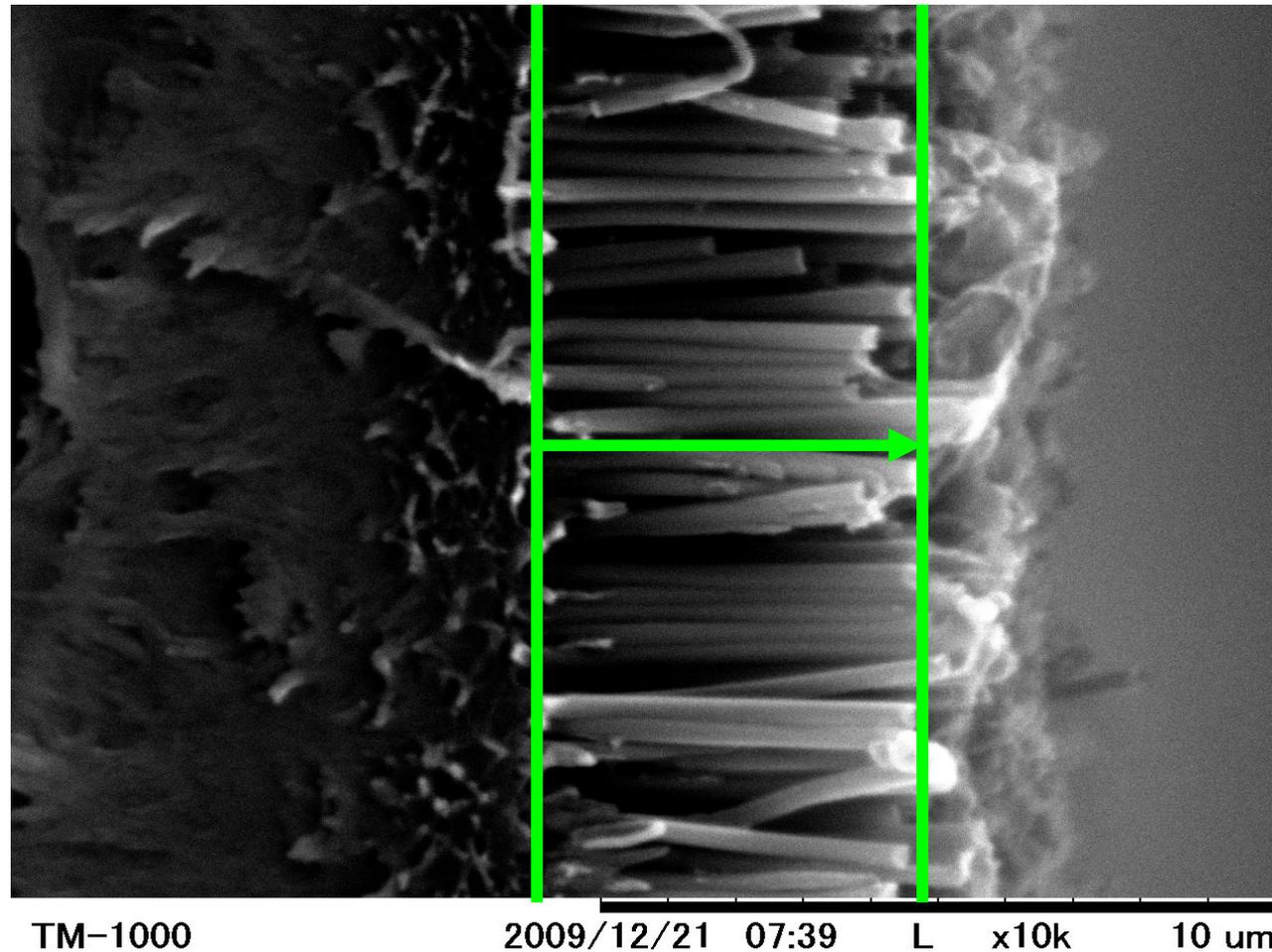
2010/02/15 02:11 L x10k 10 μm



Yamagata University

Nano-feature fabrication by TNIP

PSナノロッドSEM写真



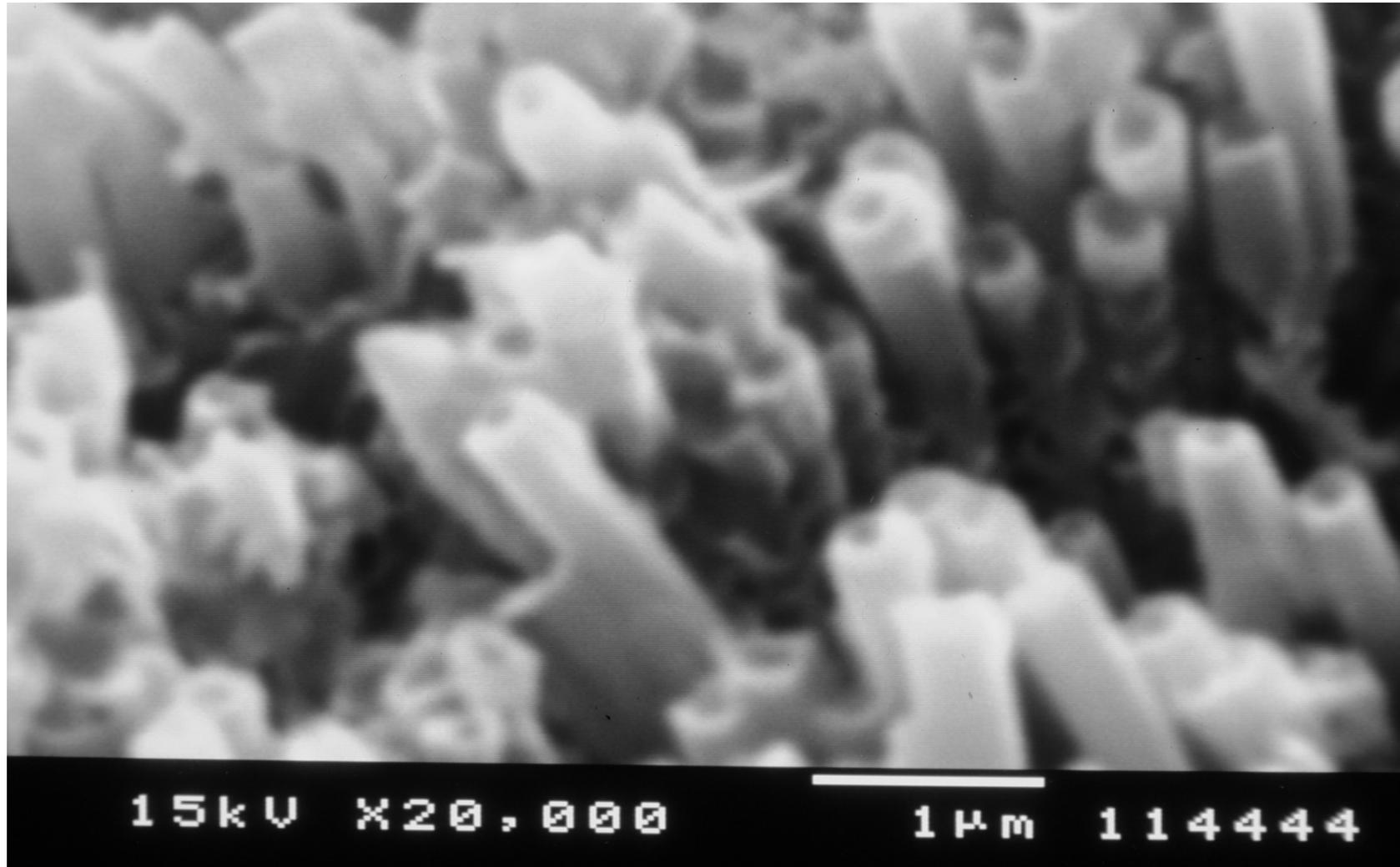
SEM micrograph of cross section of PS film
(Imprinting condition: 1 MPa , 130 °C , 30 min)

To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

PSナノロッド先端部SEM写真



SEMによるPSナノロッド先端写真

(プレス圧力1 MPa, 温度130 °C, 保持時間30 min)

To the future of polymer processing

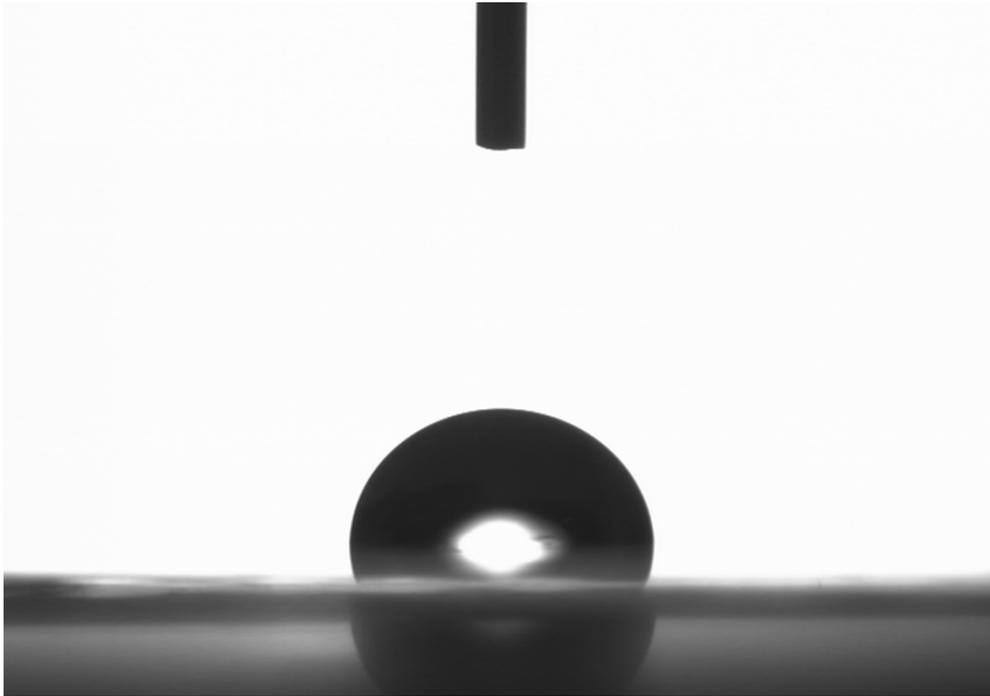


Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

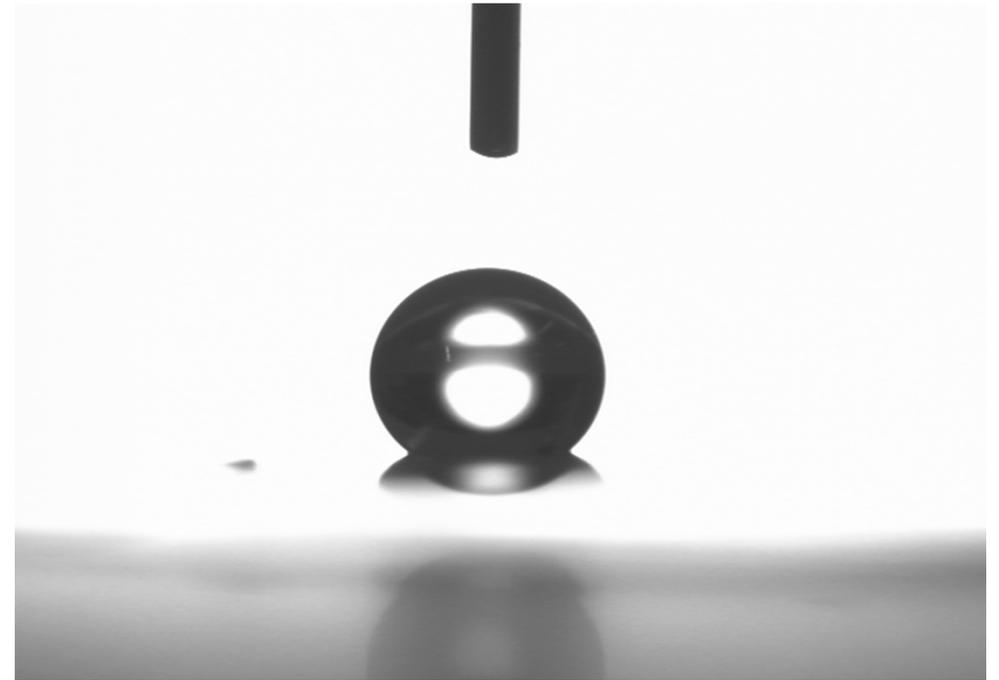
Nano-feature fabrication by TNIP

インプリント前後でのPSフィルムと純水の接触角比較

装置: 自動接触角計 DM500 (協和界面科学製) **接触角測定結果**



PSフィルム接触角 (インプリント前)



PSフィルム接触角 (インプリント後)

・インプリント前のPSフィルムが 85° 前後であるのに対し, インプリント後のPSフィルムは 140° 前後となり, きわめて高い撥水性を付与出来た.

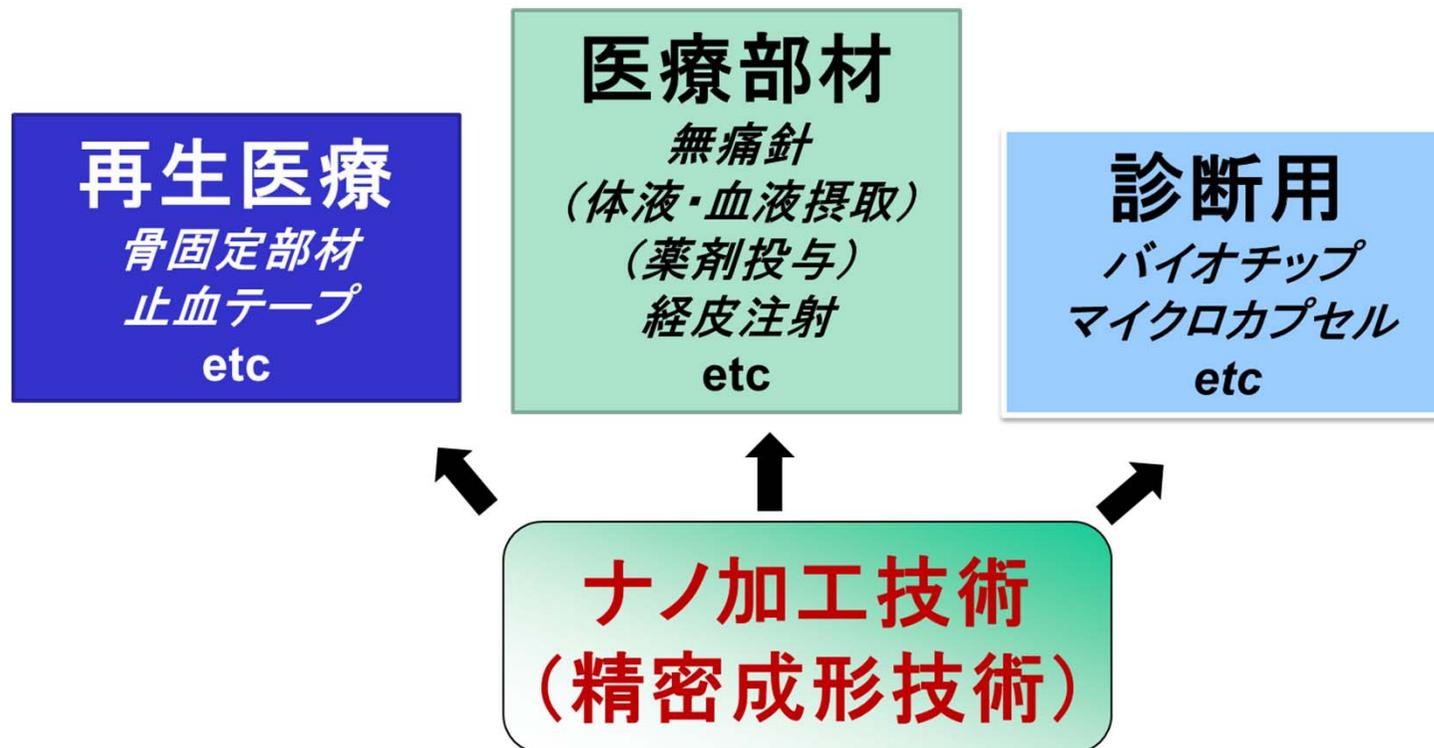
To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University

まとめと今後の課題・・・

- 基盤技術(ナノ加工)による様々な応用展開
ex: メディカルケア
- ニーズの把握による新たな基材開発
- 材料・加工技術・物性(特性)の議論必要



まとめと今後の課題・・・

ナノ転写のメカニズムは分かったようで分かっていない。

転写のサイズの効果，表面（濡れ），エア－，伝熱

材料の最適化（新規材料開発）

（フィラー，複合化，アロイ・ブレンド）

数値解析による予測



高付加価値製品

新たな高分子デバイスの創生

To the future of polymer processing



Department of Polymer Science and Engineering
Yamagata University