

# 誰でも簡単にできる！ 多孔質高分子ナノコンポジットの合成

芝浦工業大学 工学部 応用化学科  
教授 永直文

2023年9月21日

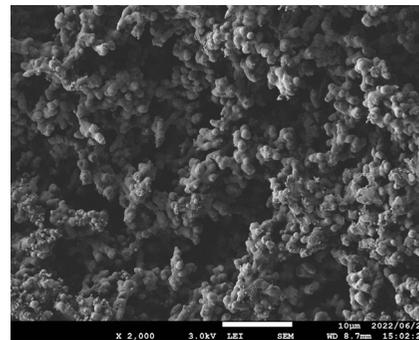
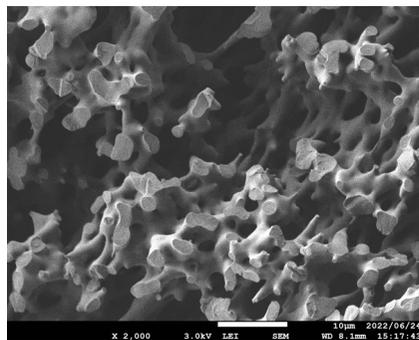
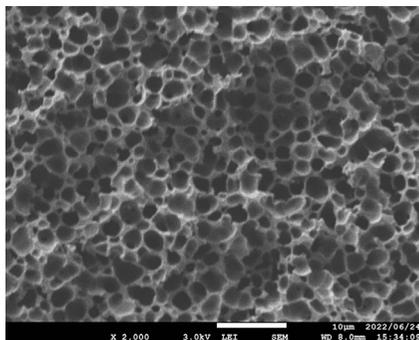
# 要約

「重合誘起相分離を利用した多孔質ポリメタクリル酸メチル  
ーシリカナノ粒子ナノコンポジットの合成」

モノマー : メタクリル酸メチル  
重合性シリカナノ粒子 (20 nm)  
溶媒

→ ラジカル重合 → 多孔質

\* 数十 $\mu\text{m}$ の共連続構造～微粒子連結構造



# ポリマーナノコンポジット

- 【ポリマー（マトリックス）
- +（無機）微粒子（1～100 nm）
- マトリックス中に分散

\*モンモリロナイト（クレー）、合成マイカ、シリカ

\*力学特性、耐熱性、ガスバリア性、難燃性などの向上

# 多孔質高分子

- 多くの細孔を有する高分子材料  
(ミクロポーラス メソポーラス マクロポーラス)
- 合成法  
発泡を伴う反応，成形加工  
相分離を用いる方法

# 従来技術

「圧力による相変化を利用したナノコンポジット材料」

ポリマー

超臨界二酸化炭素(scCO<sub>2</sub>)

シリコンアルコキシド

→ 高圧均一溶解 → 減圧（発泡） → 加水分解，超臨界乾燥

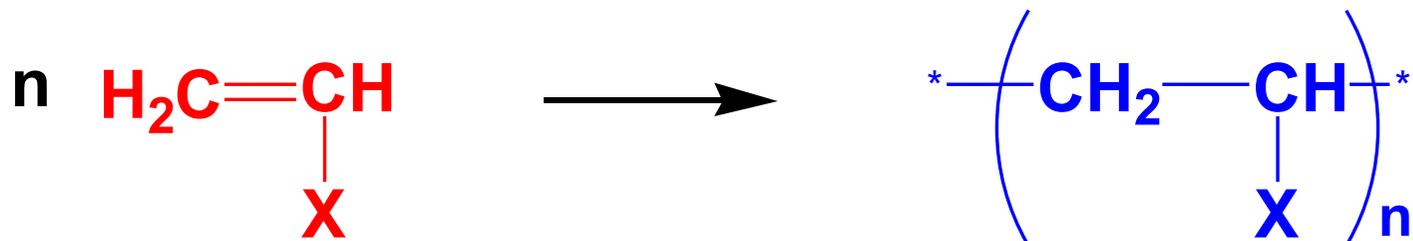
\* 数十μmのセル構造（独立孔）

& 50-100 nmのシリカ微粒子

\* ポリメタクリル酸メチル，ポリイミド

# 解説

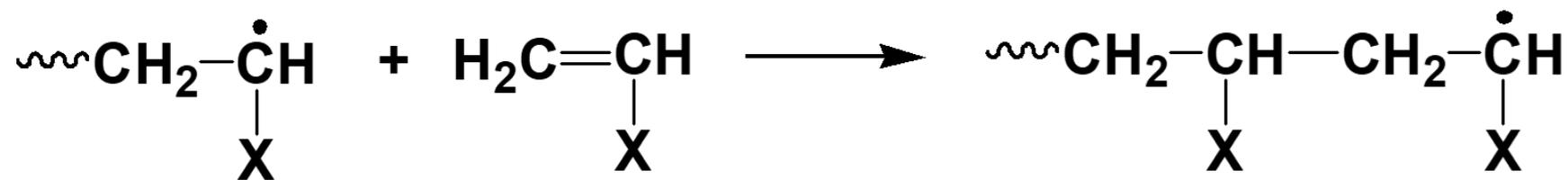
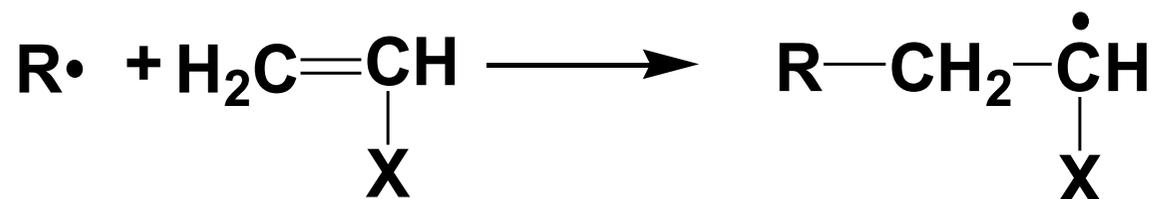
## 1. ビニルモノマーの重合方法



- (1) ラジカル重合
- (2) イオン重合（カチオン、アニオン）
- (3) 配位重合

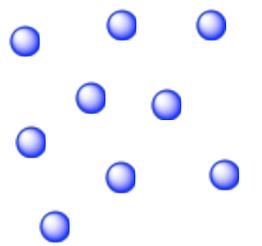
## 2. ラジカル重合

ラジカル：不対電子を持つ原子or分子



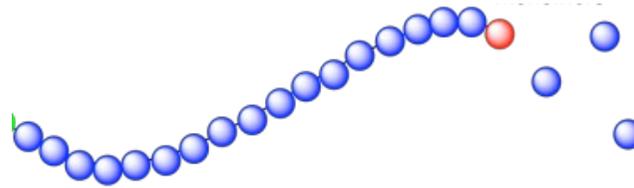
\*高い汎用性，簡便な重合法

### 3. 塊状, 溶液重合

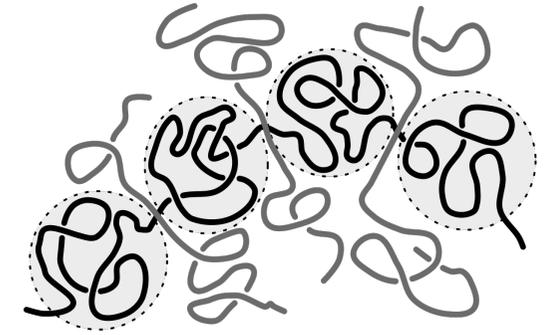


モノマー

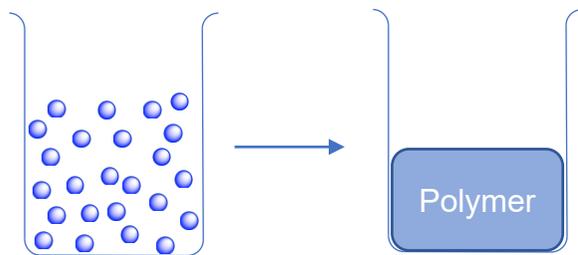
重合



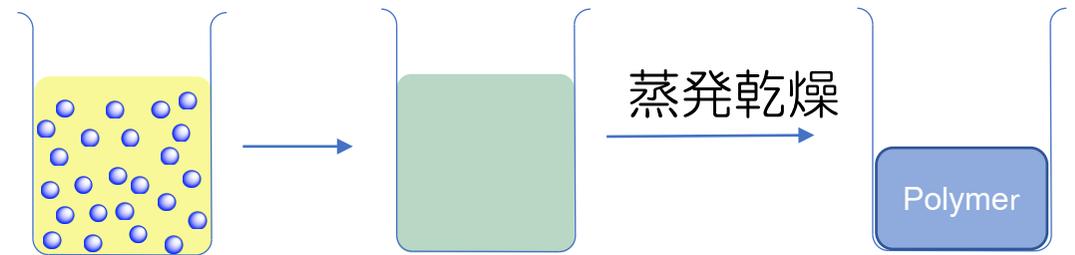
成長ポリマー鎖



直鎖高分子

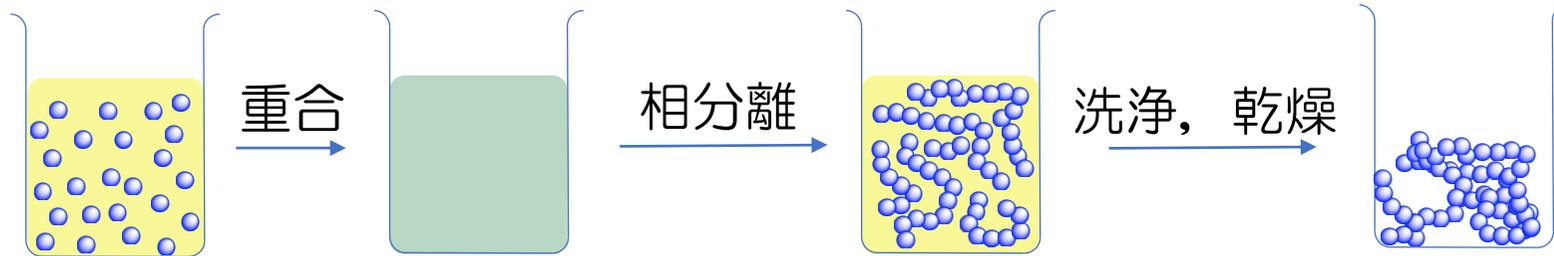


塊状重合



溶液重合 (良溶媒)

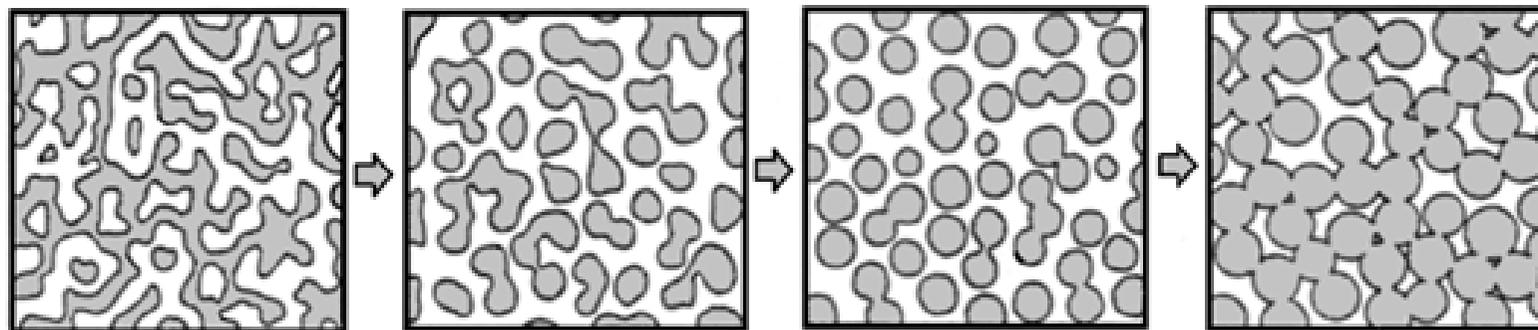
## 4. 重合誘起相分離による多孔質高分子の合成



モノマー／溶媒  
(良溶媒＋貧溶媒)

多孔質高分子

スピノーダル分解型重合誘起相分離過程



共連続構造

微粒子連結構造

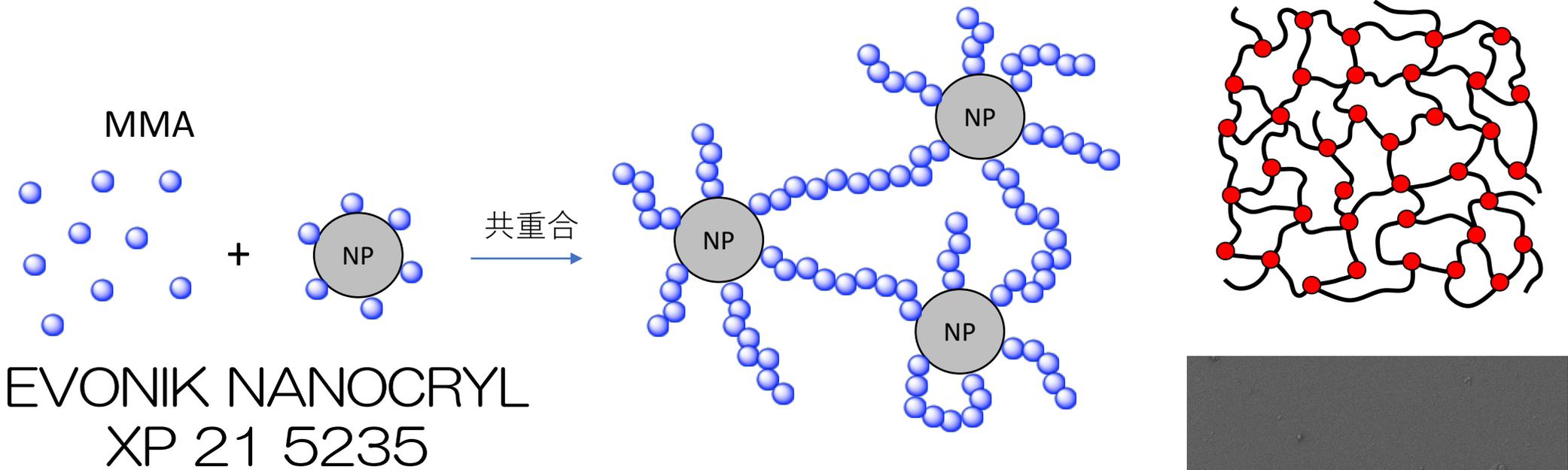
\* 重合速度／相分離速度

## 5. ポリメタクリル酸メチル (PMMA)

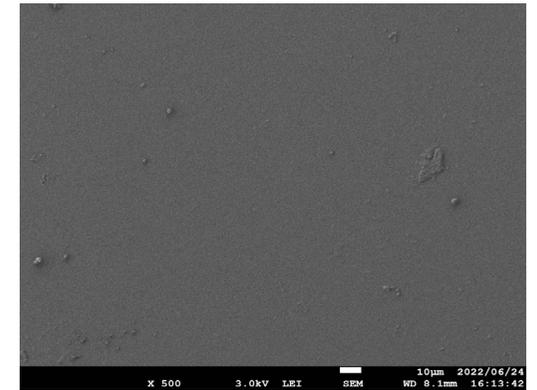
- 軽量，強靱
- 無色透明（光透過度が高い）
- 耐候性，耐水性，耐衝撃性に優れる
- 耐酸性，耐アルカリ性

\* フィルム，シート，成形材料，改質材  
塗料

## 6. PMMA/シリカナノコンポジットの合成

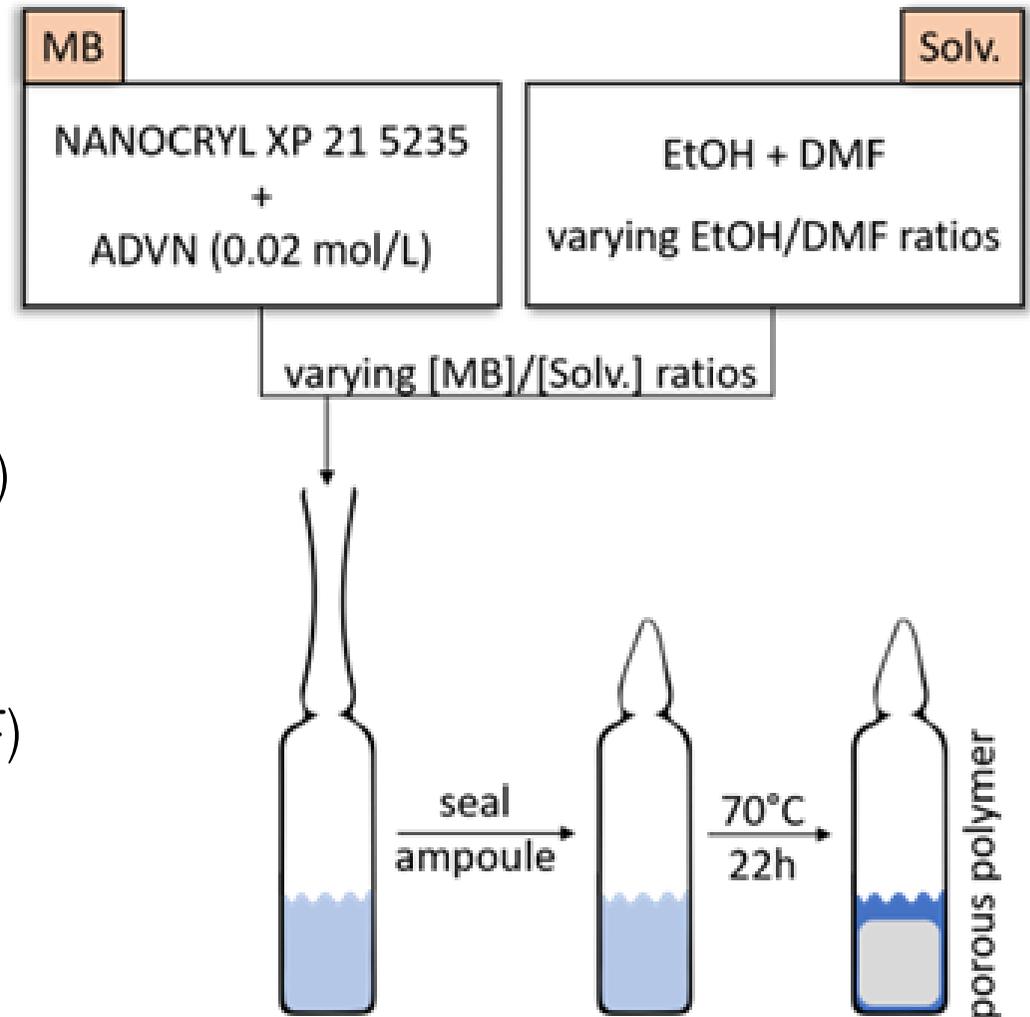
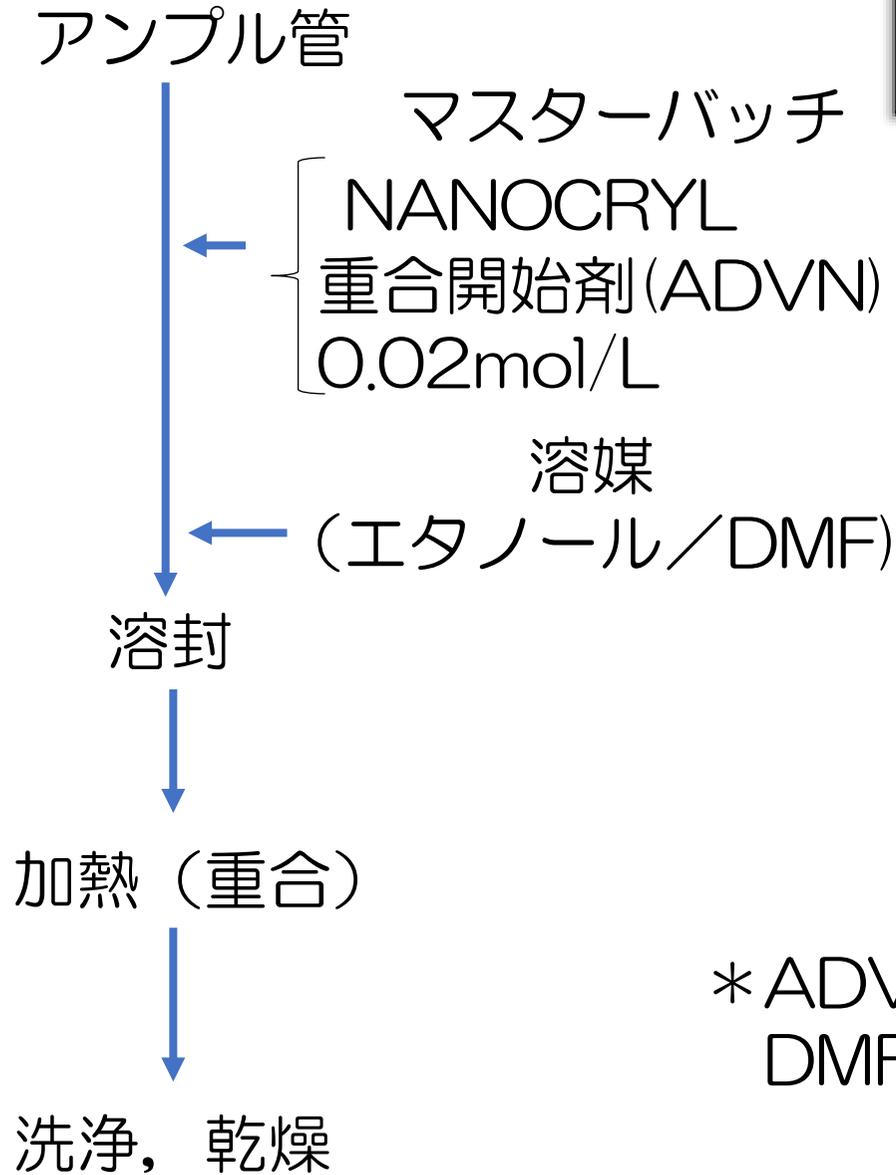


- モノマー: メタクリル酸メチル (MMA)
- NP: シリカナノ粒子 (重合性)  
( 30wt%, 20 nm )



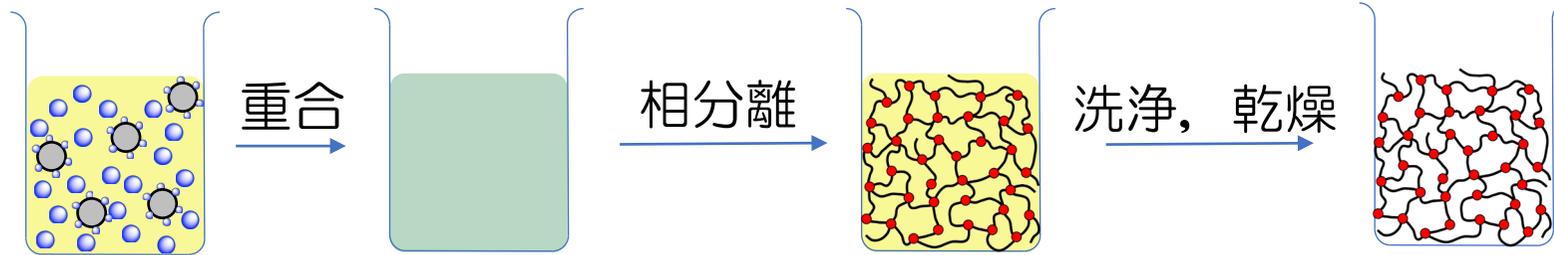
塊状, シート, フィルム

# 7. 実験操作



\* ADVN: 2,2'-Azobis-2,4-dimethylvaleronitrile  
DMF: N,N-dimethylformamide

# 8. PMMA/シリカ多孔質ナノコンポジットの合成



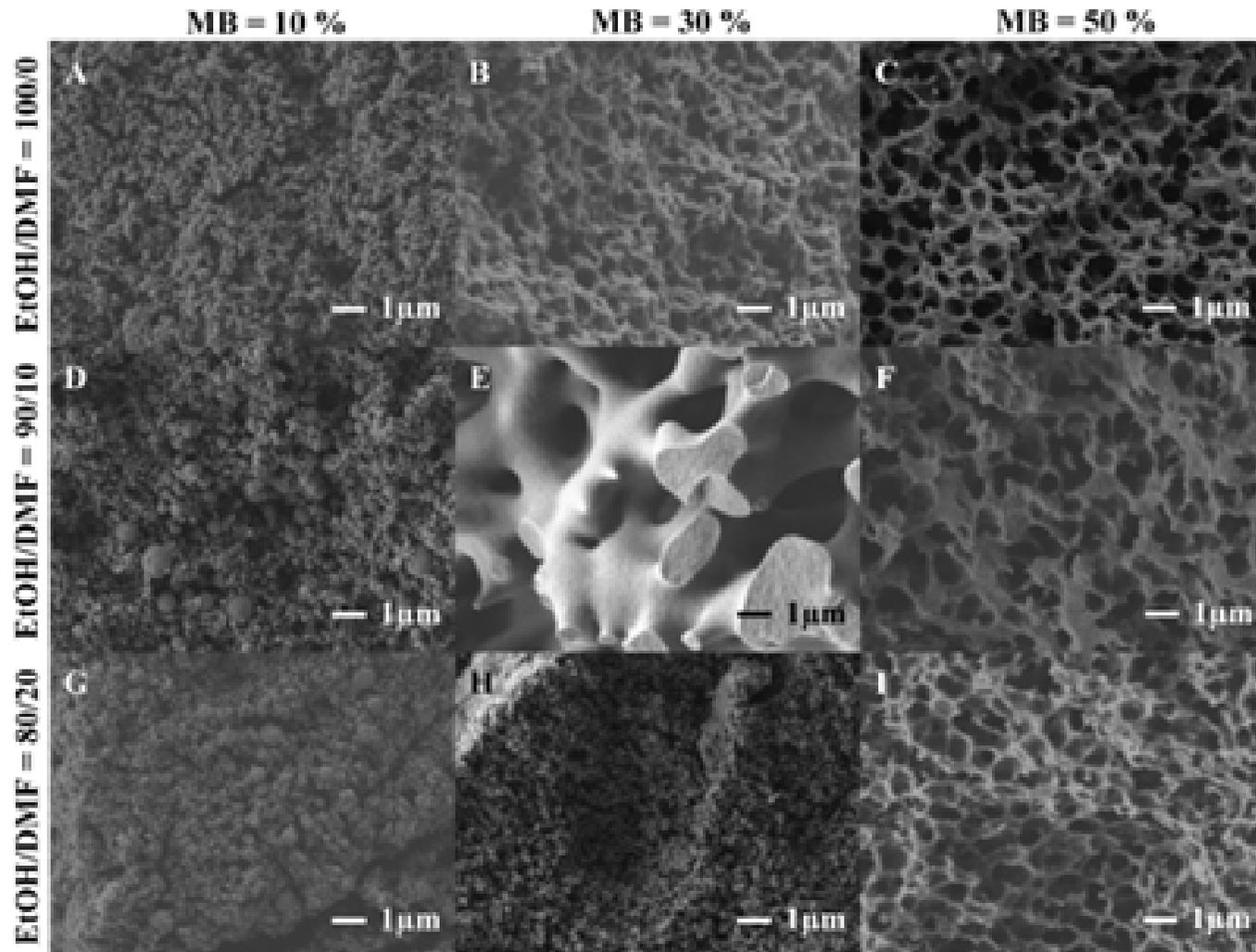
モノマー/溶媒  
(良溶媒+貧溶媒)

多孔質高分子  
ナノコンポジット



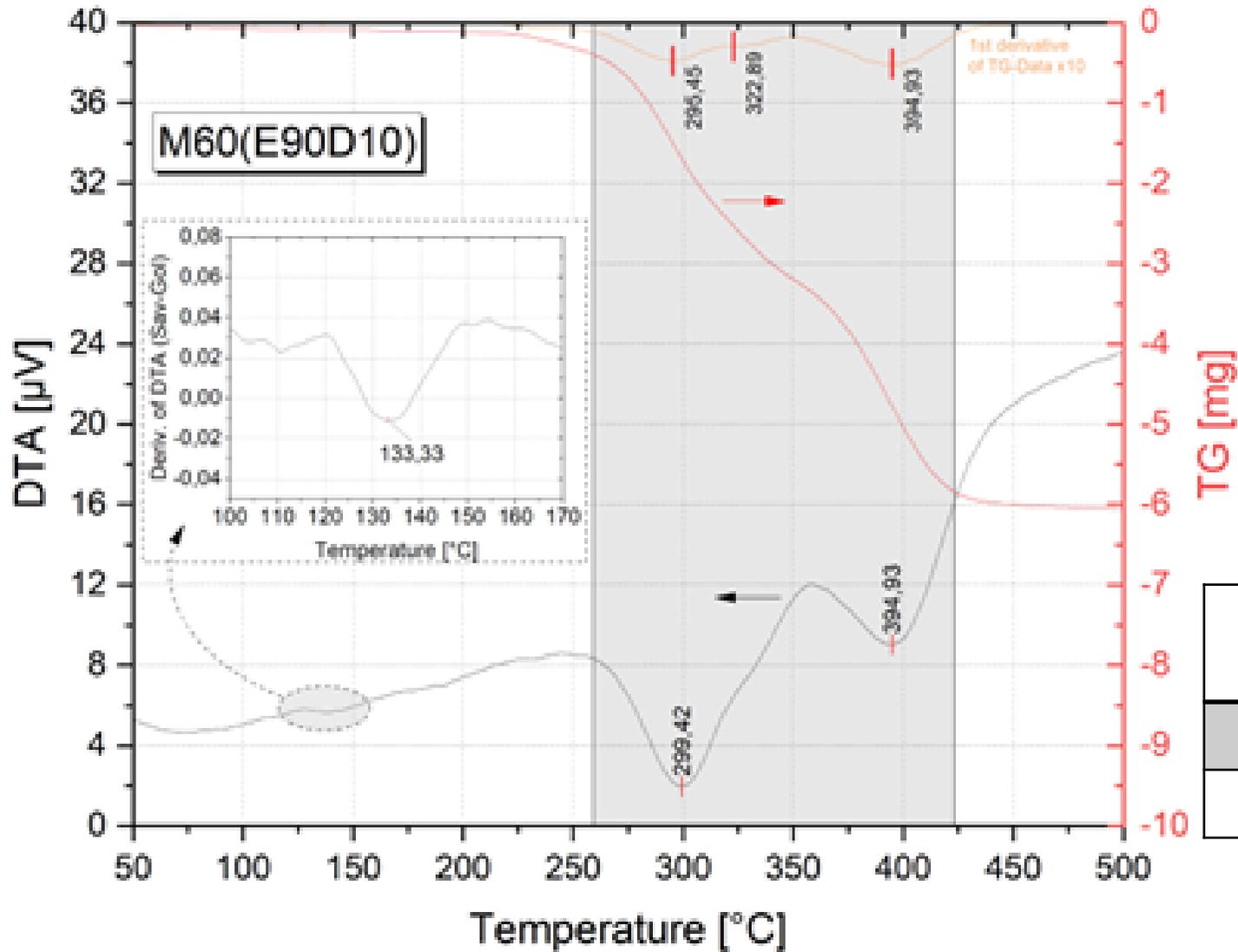
# 9. 多孔質ナノコンポジットのモルフォロジー制御

マスターバッチ（モノマー）濃度，溶媒組成



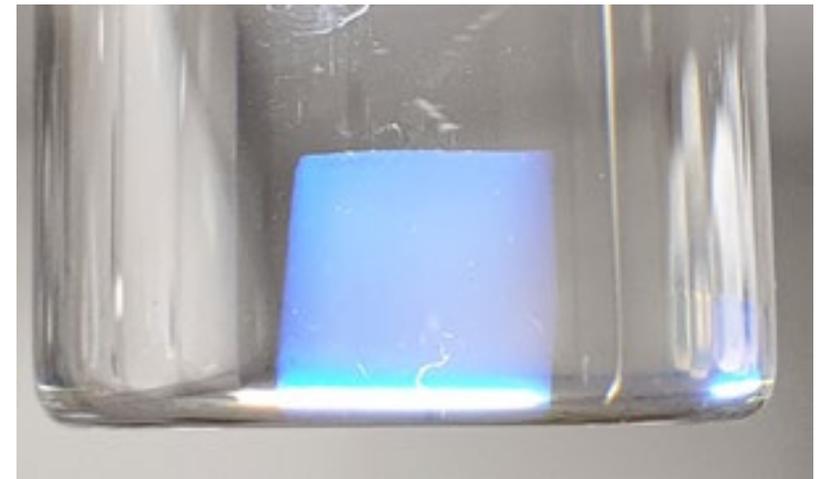
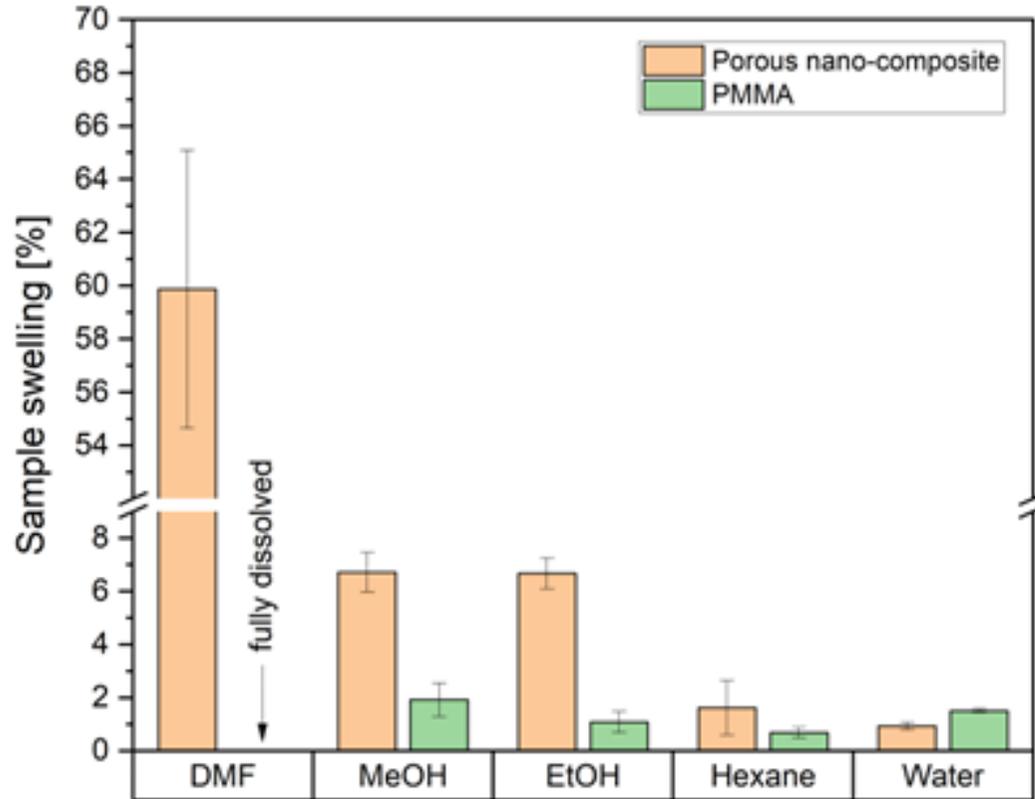
共連続構造 ⇔ 微粒子連結構造、サイズ（骨格，細孔，粒子）

# 10. 多孔質ナノコンポジットの熱的特性



( $^{\circ}\text{C}$ )	PMMA	PMMA-SiO <sub>2</sub> porous
Td1	297.9	294.8
Td2	377.6	388.6

# 11. 多孔質ナノコンポジットの溶媒吸収性，耐溶剤性



クリスチャンセン効果による呈色

\* 良溶媒中でも不溶  
→ 重合性シリカナノ粒子による  
化学架橋

## 1 2. PMMA/ シリカ多孔質ナノコンポジットの特徴

- 軽量，硬い，耐久性
- 気体，液体透過性
- 耐溶剤性
- 生体適合性
- 共重合，側鎖変換による機能化

## 新技術の特徴・従来技術との比較

- 簡便な方法による多孔質高分子ナノコンポジットの合成が可能

MMA+重合性シリカナノ粒子

→ 汎用のラジカル重合

- 重合誘起相分離による多孔質形成

→ モルフォロジー制御

共連続構造 ⇔ 微粒子連結構造

- 耐溶剤性  
重合性シリカナノ粒子による化学架橋  
(PMMAのみの多孔質体は芳香族,  
エステル, ケトン系溶剤に可溶)

# 想定される用途

- 有害物質の除去

空気，水，土壌の浄化

医療用（透析）

- 目的物質の分離，濃縮

食品，飲料用フィルター

- 電池用材料

- 触媒，酵素の担体

\*フィルム、シート、ディスク、カラム

# 実用化に向けた課題

- 基本物性：  
力学特性，通液性 → 検討中
- 官能基化：  
共重合による機能化，モルフォロジー制御
- 合成のスケールアップ

# 企業への期待

- 用途展開のためのコラボレーション

- ＊従来用途での性能評価

- ＊新規用途探索

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 多孔質高分子ナノコンポジット
- 出願番号 : 特願2023-035360
- 出願人 : 芝浦工業大学
- 発明者 : 永 直文、グリゴリ オーエル

# お問い合わせ先

芝浦工業大学

研究推進室 研究企画課

TEL 03-5859-7180 (代表)

FAX 03-5859-7181