

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

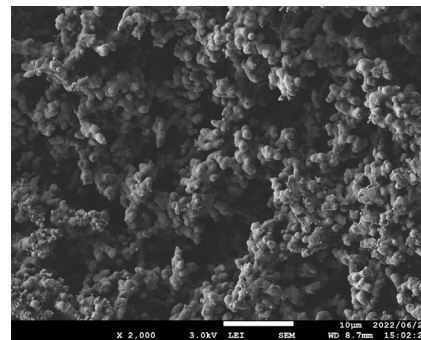
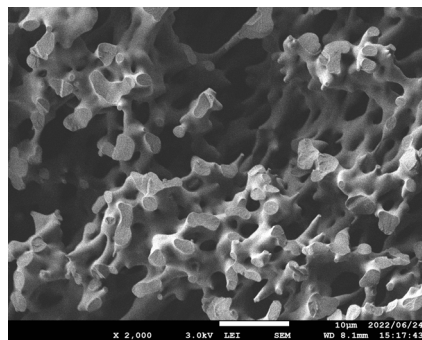
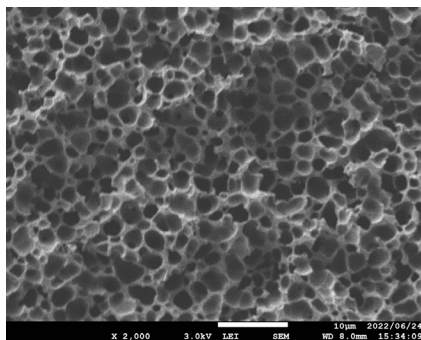
要約

「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 μm 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(scCO₂)

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

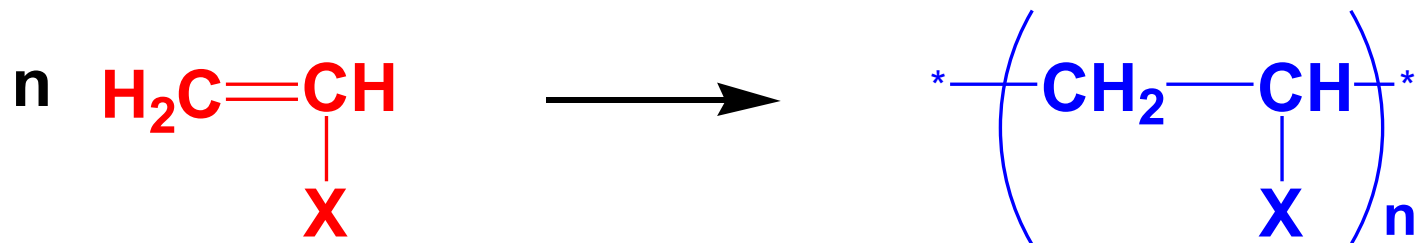
* 数十μmのセル構造（独立孔）

& 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

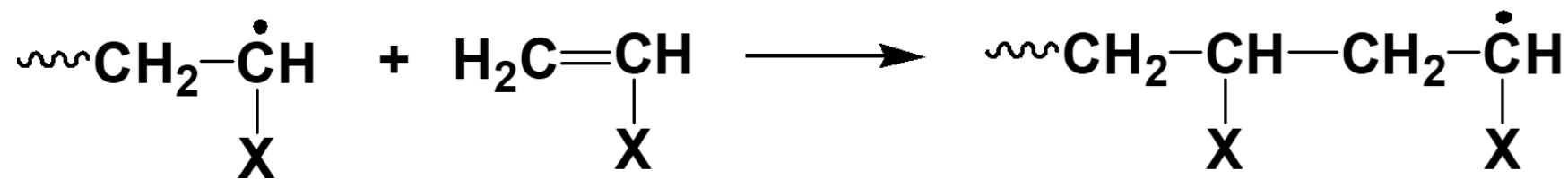
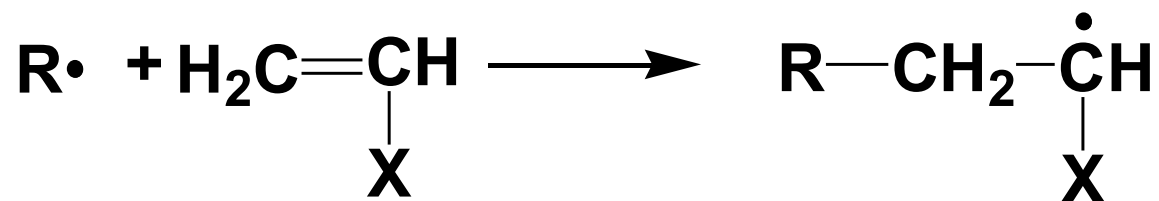
1. ビニルモノマーの重合方法



- (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

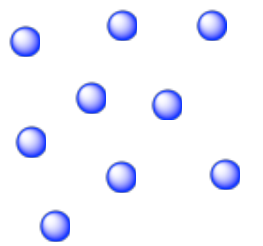
2. ラジカル重合

ラジカル：不対電子を持つ原子or分子



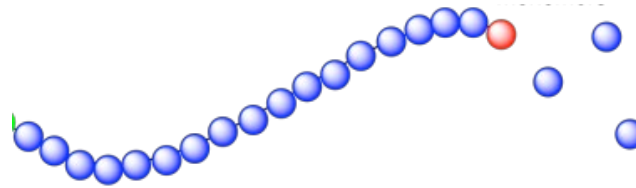
*高い汎用性，簡便な重合法

3. 塊状, 溶液重合

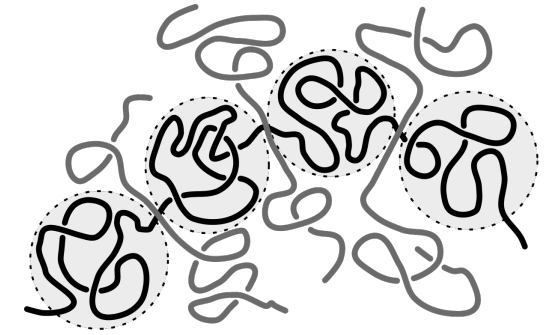


モノマー

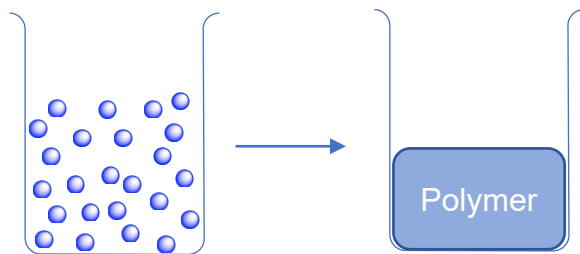
重合



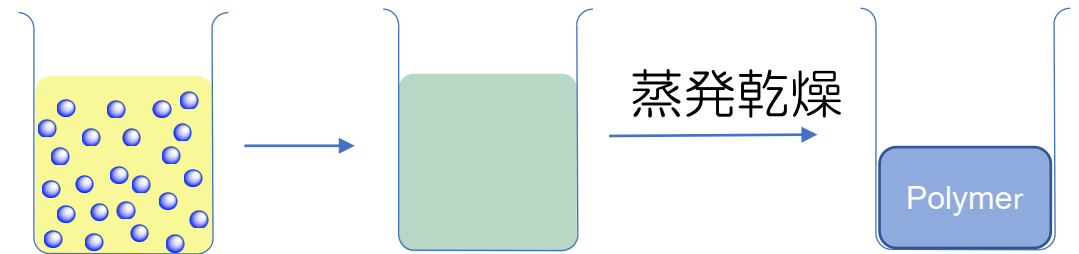
成長ポリマー鎖



直鎖高分子

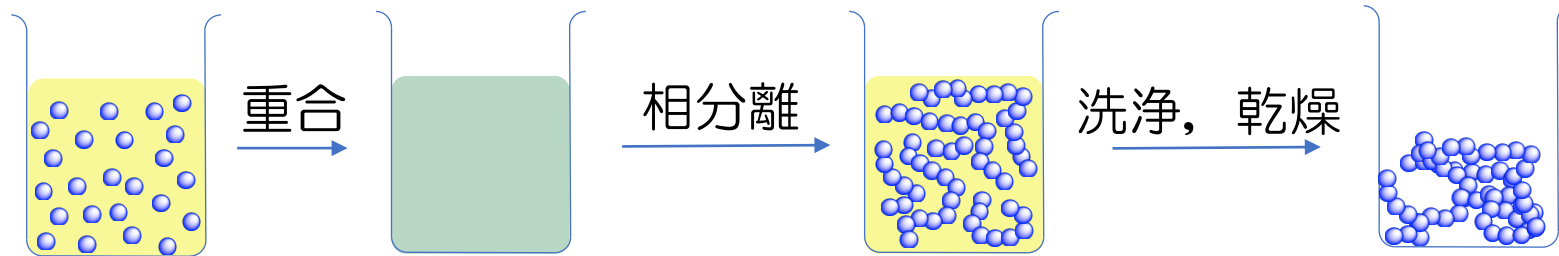


塊状重合



溶液重合 (良溶媒)

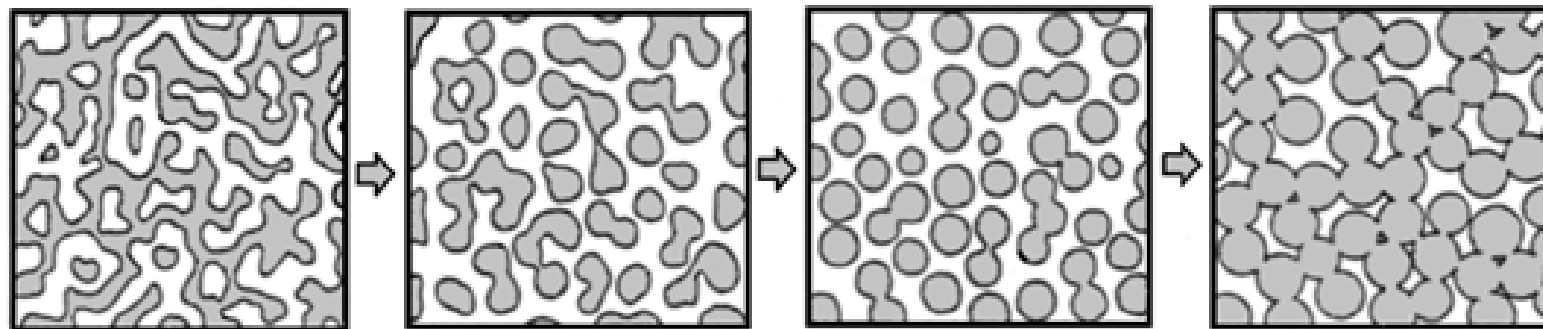
4. 重合誘起相分離による多孔質高分子の合成



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

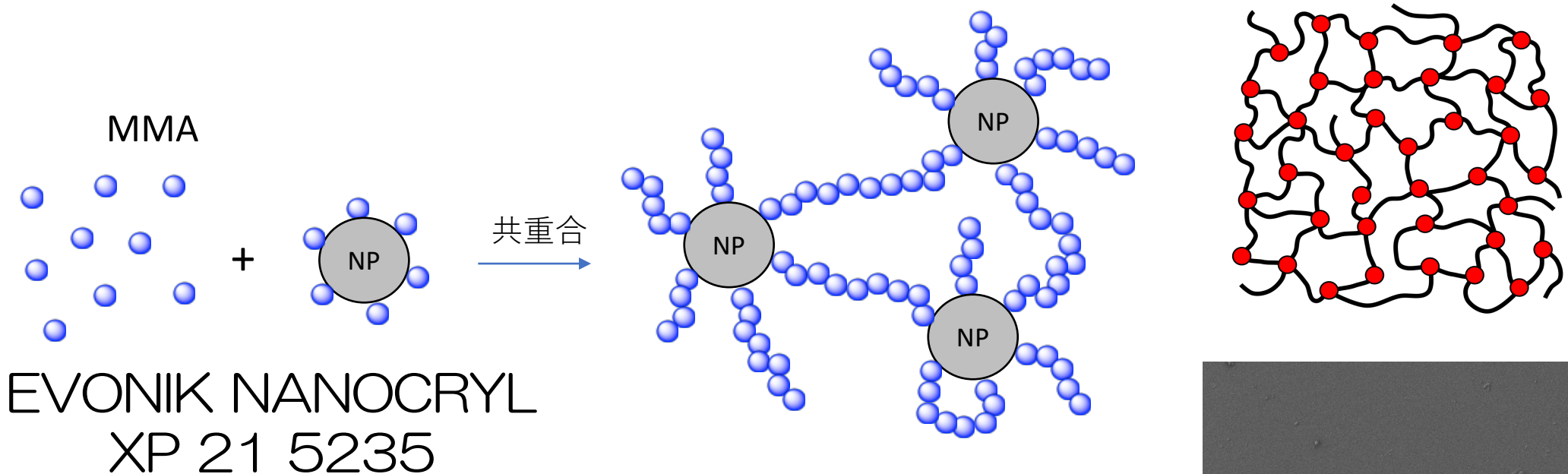
* 重合速度／相分離速度

5. ポリメタクリル酸メチル (PMMA)

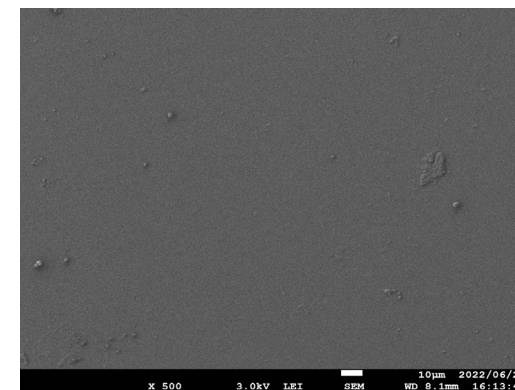
- 軽量，強靱
- 無色透明（光透過度が高い）
- 耐候性，耐水性，耐衝撃性に優れる
- 耐酸性，耐アルカリ性

* 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

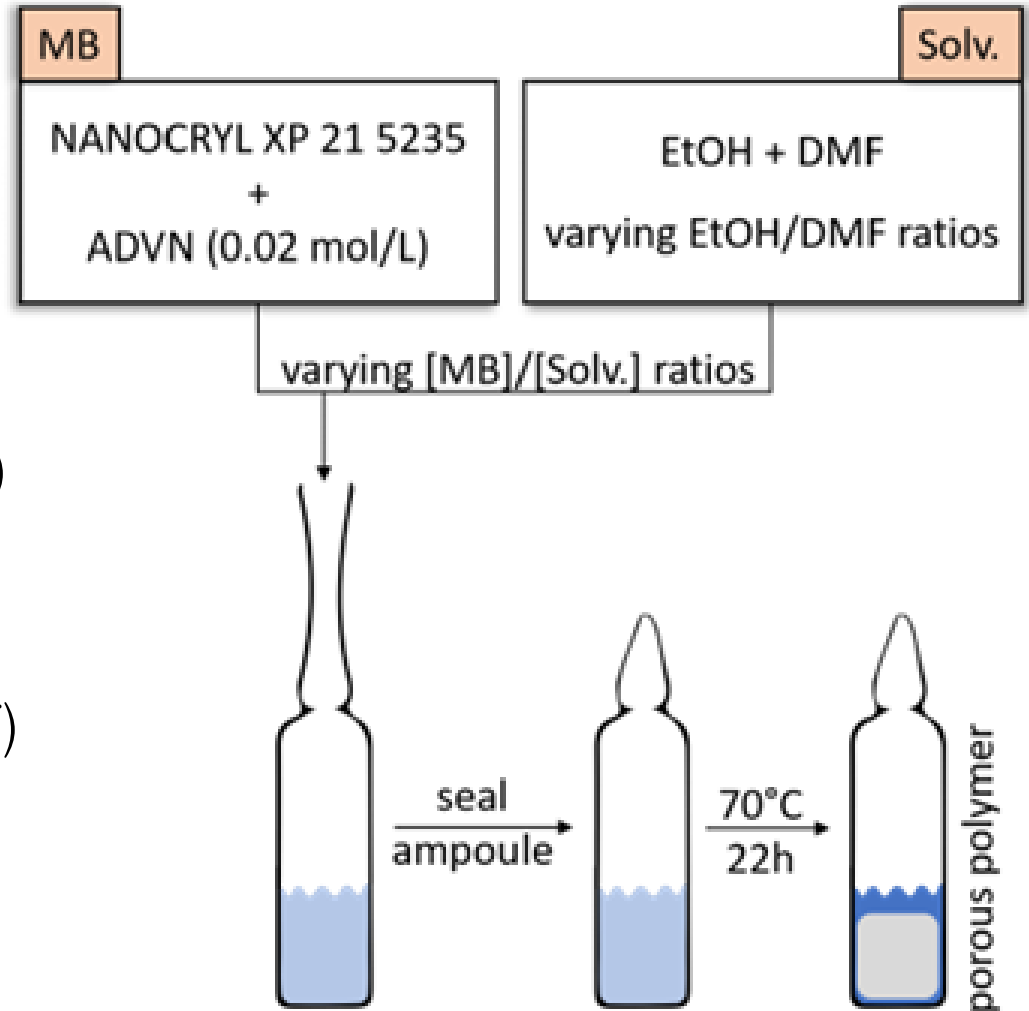
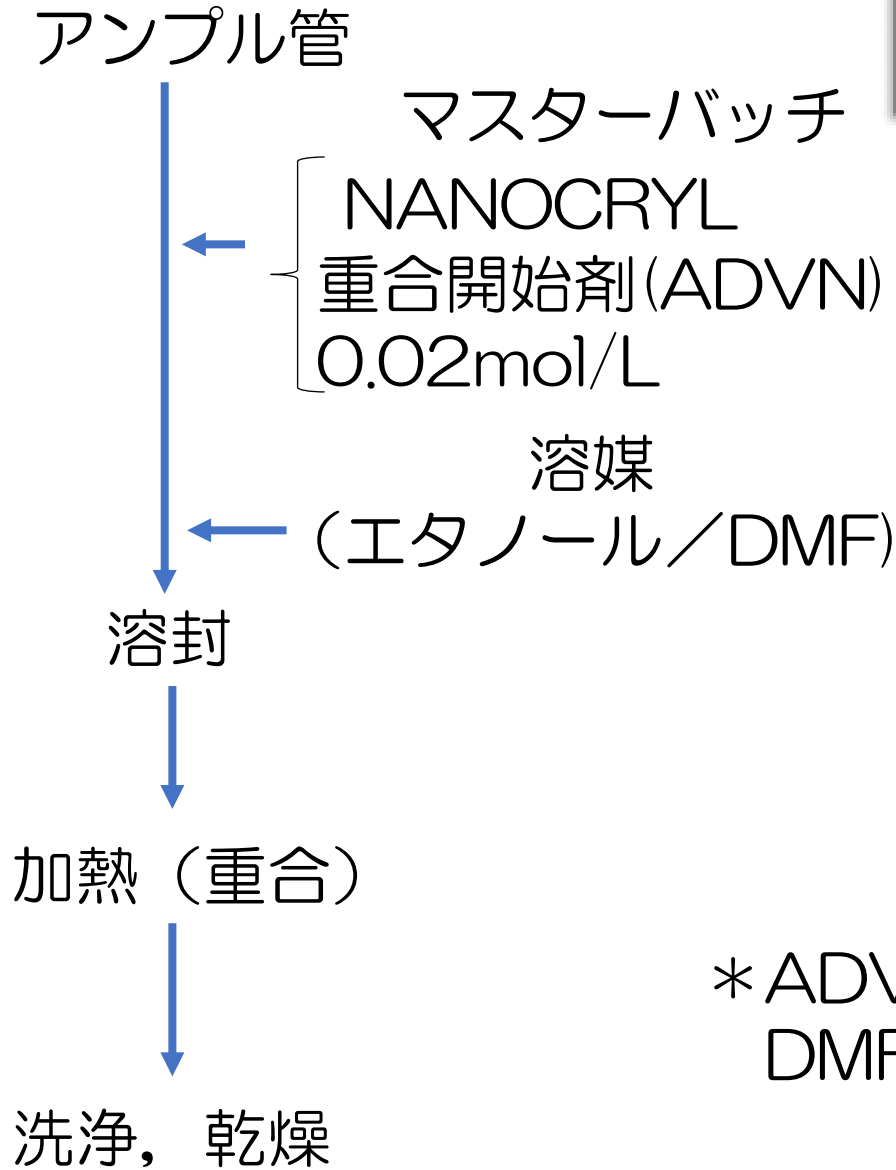


- モノマー: メタクリル酸メチル (MMA)
- NP: シリカナノ粒子 (重合性)
(30wt%, 20 nm)



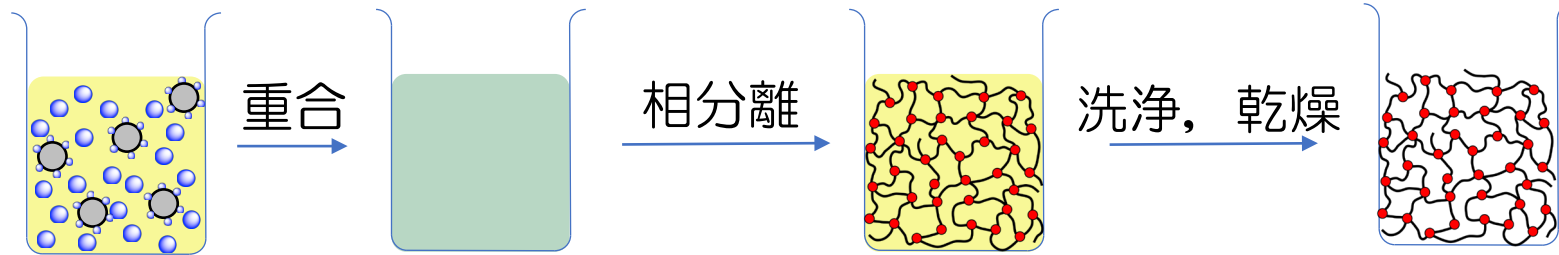
塊状, シート, フィルム

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



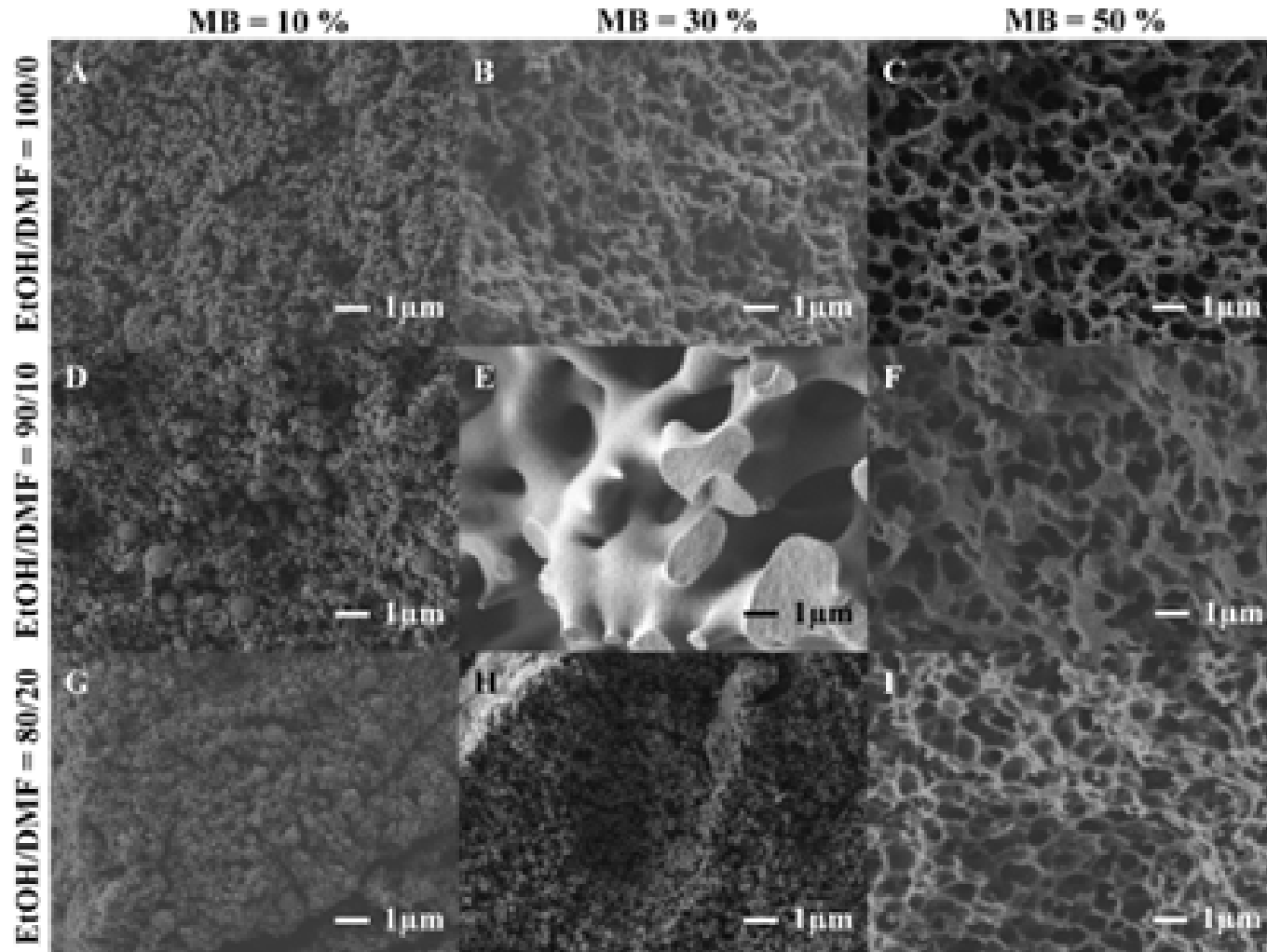
モノマー/溶媒
(良溶媒+貧溶媒)

多孔質高分子
ナノコンポジット



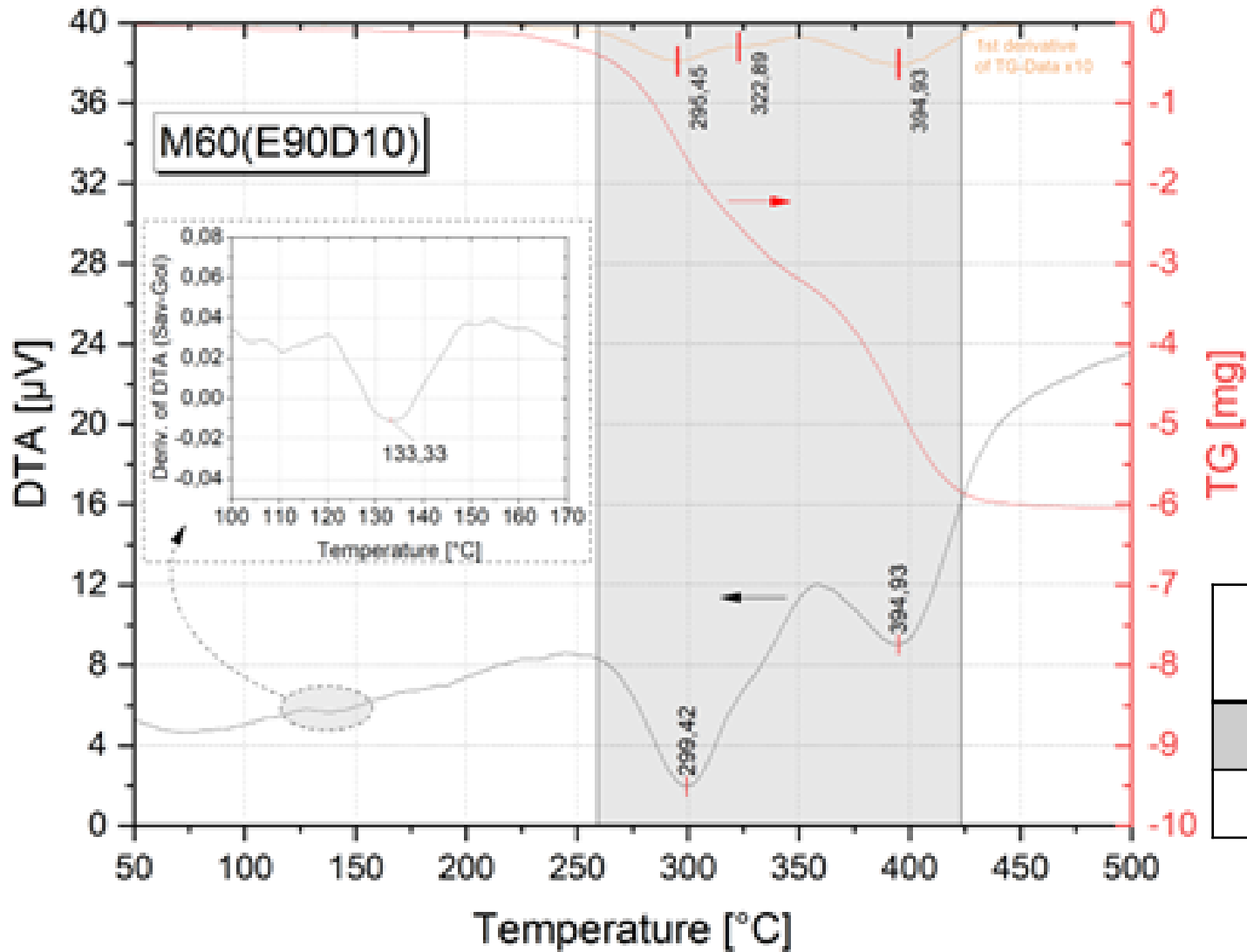
9. 多孔質ナノコンポジットのモルフォロジー制御

マスターバッチ（モノマー）濃度，溶媒組成



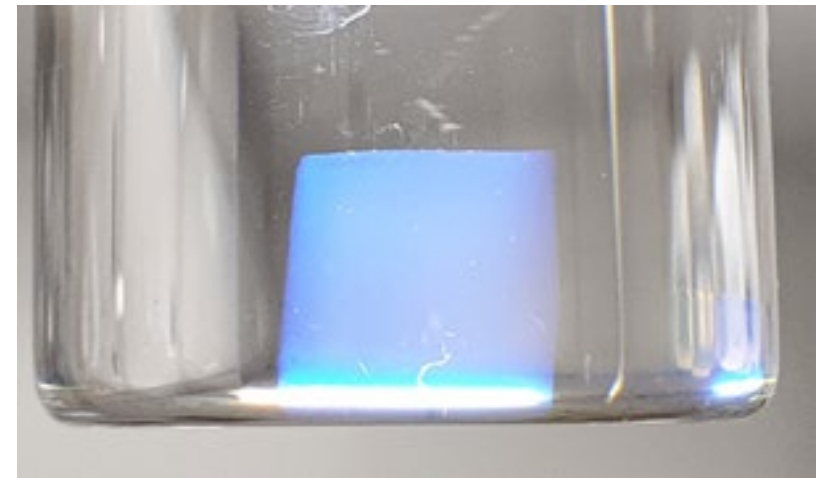
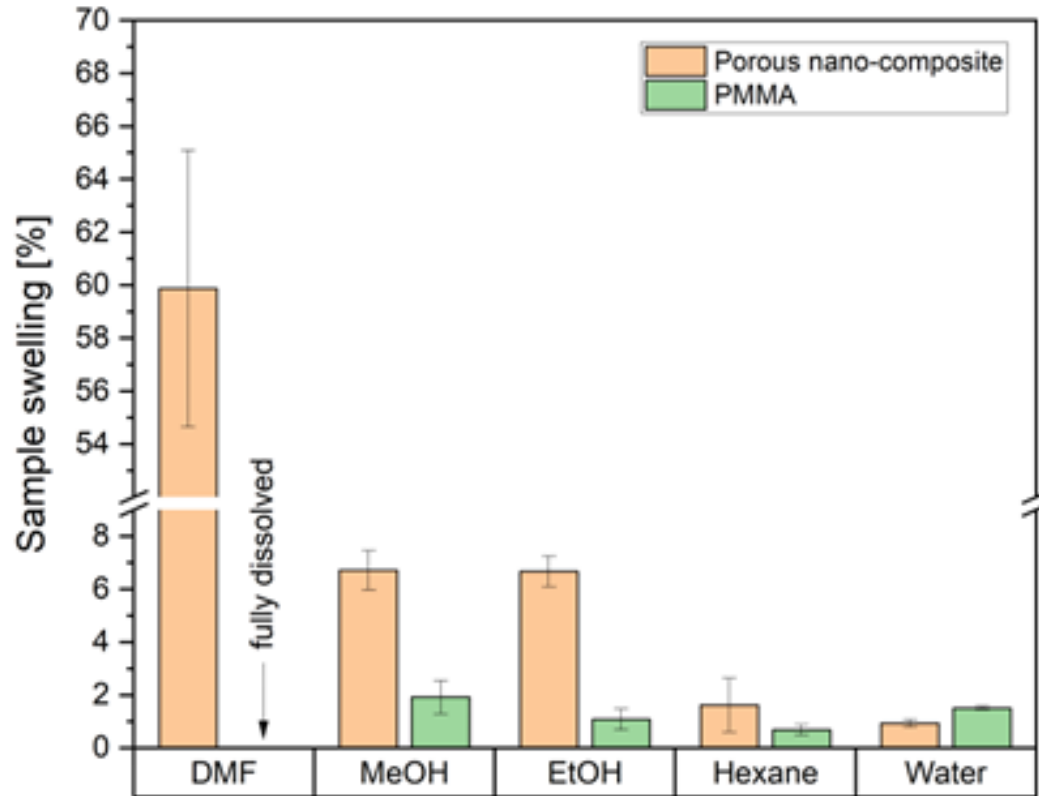
共連続構造 ⇔ 微粒子連結構造、サイズ（骨格，細孔，粒子）

10. 多孔質ナノコンポジットの熱的特性



($^{\circ}\text{C}$)	PMMA	PMMA-SiO ₂ 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