



医薬・食品分野で利用できる マイクロ／ナノ微粒子の製造法

福岡大学 産学官連携研究機関複合材料研究所 所長
福岡大学 工学部 化学システム工学科

教授 三島 健司

E-mail; mishima@fukuoka-u.ac.jp

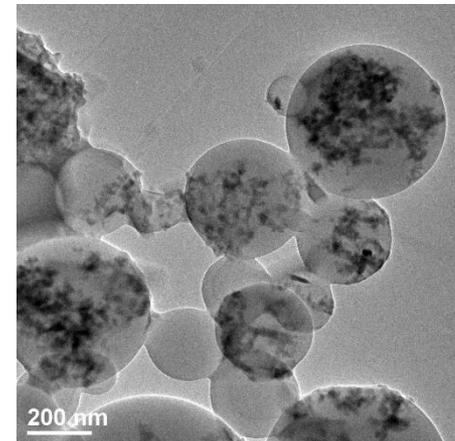
ナノ粒子複合材料

医療用ナノカプセル

ナノ複合材料

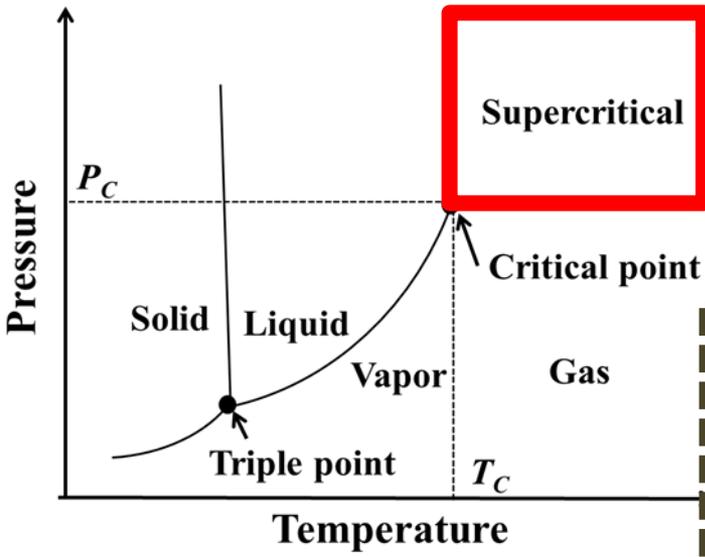
セルロースナノファイバー

高濃度ナノバブル



1. 超臨界二酸化炭素によるマイクロナノコーティング

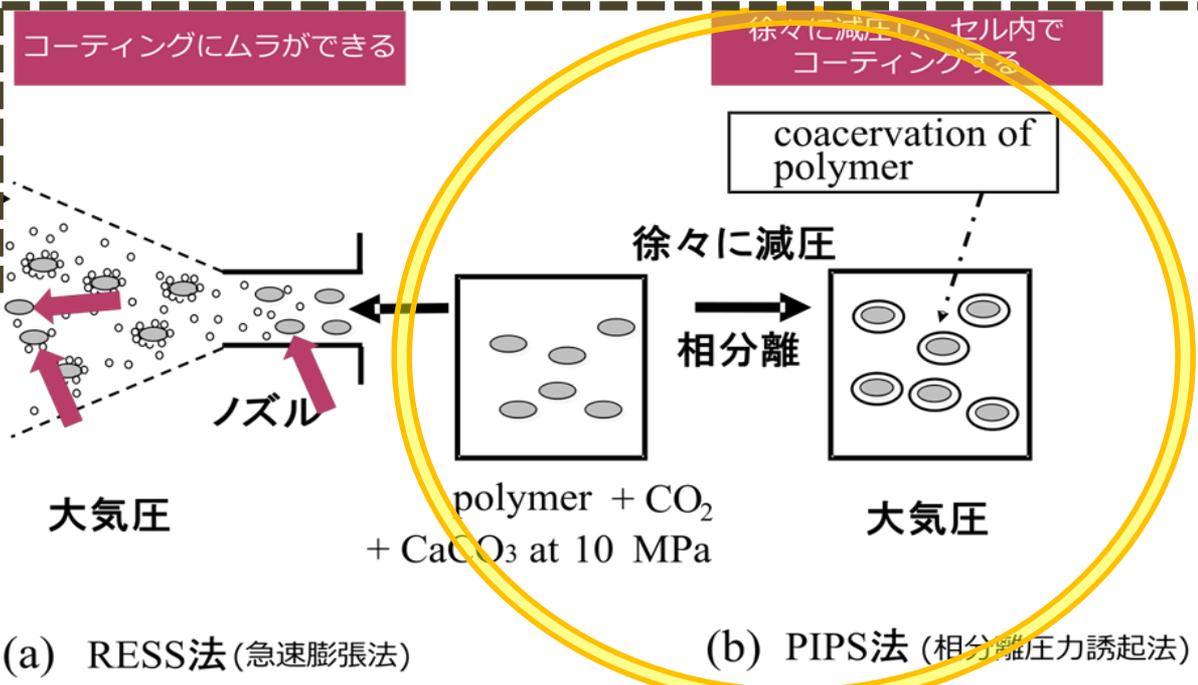
超臨界とは



臨界条件が緩い

各物質の臨界点		
	臨界温度 T_C [°C]	臨界圧力 P_C [MPa]
水	373.9	21.3
二酸化炭素	31.1	7.4
メタノール	374.1	22.1

PIPS法であれば、
むらなく均一な
粒子を製造できる

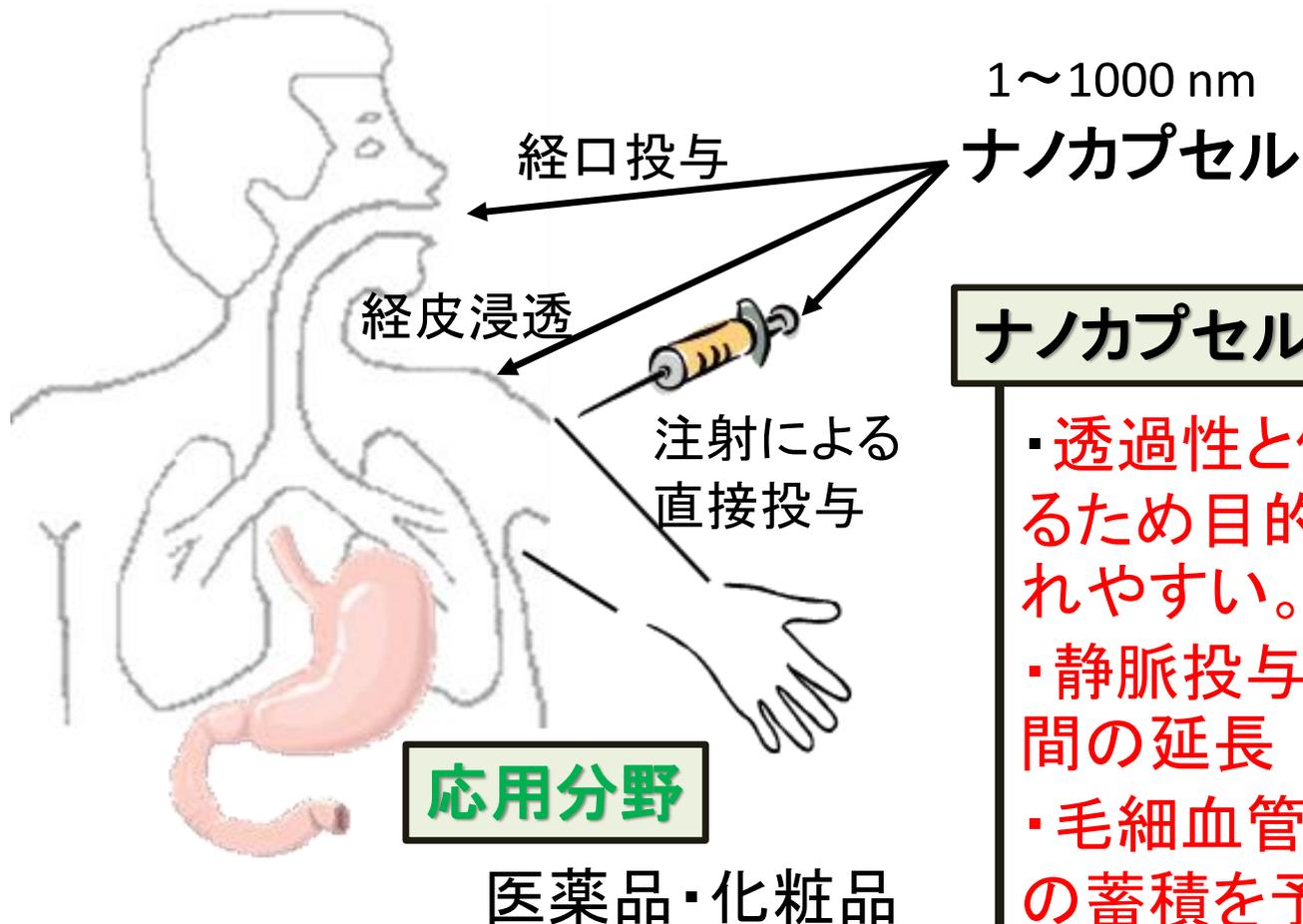


(a) RESS法 (急速膨張法)

(b) PIPS法 (相分離圧力誘起法)

医療用ナノカプセルについて

あらゆる方法で生体への投与が可能

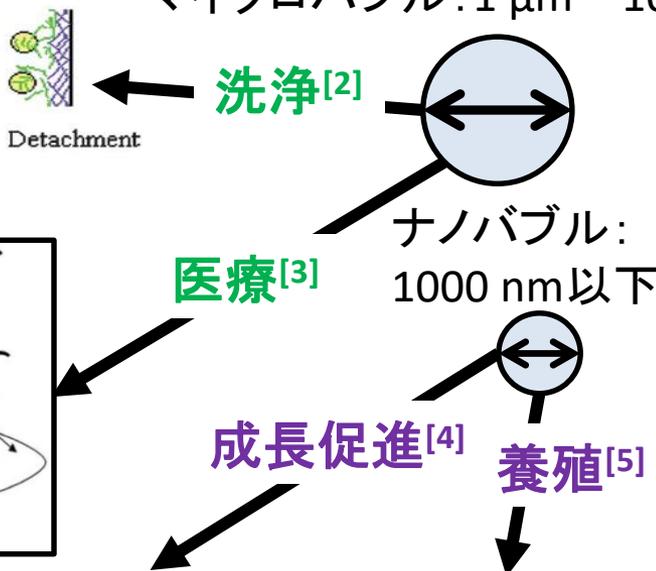
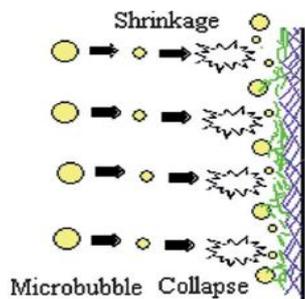


ナノカプセルの特徴

- ・透過性と保持力を持っているため目的細胞に取り込まれやすい。
- ・静脈投与時の体内消滅時間の延長
- ・毛細血管や臓器への薬剤の蓄積を予防

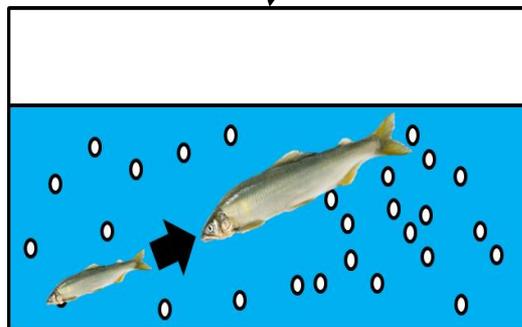
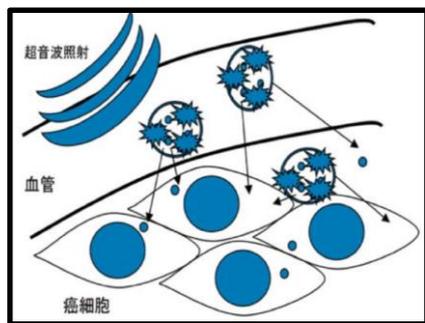
マイクロ・ナノバブルの利用

マイクロバブル: $1\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$



○マイクロ・ナノバブルの特徴^[1]

- ・気泡径が小さい
- ・上昇速度が遅い
- ・摩擦抵抗を低減する
- ・気泡内圧力が高い
- ・気液界面積が大きい
- ・ガス溶解量が大きい
- ・生理活性効果を有する



- [1] 柘植秀樹, Bull. Soc. Water Sci., **64**, 4-10 (2010)
[2] A. Agarwal et al., J. Mater. Chem., **22**, 2203-2207 (2012)
[3] 立花克郎, 生体医工学, **43**(2), 211-215 (2005)
[4] J. S. Park and K. Kurata, Preliminary and Regional Reports, **19**(1), 212-215 (2009)
[5] K. Ebita et al., Nanobubble Water Promotes the Growth of Lives, **8**(6), 1-7 (2013)

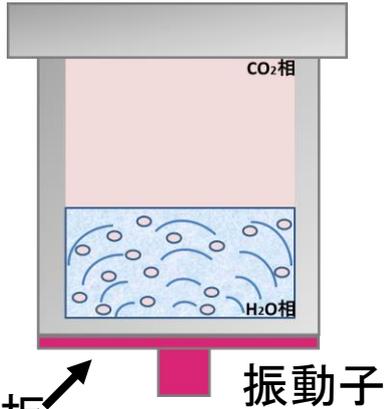
問題点

学術的なバブルの効果についての研究報告は少ない

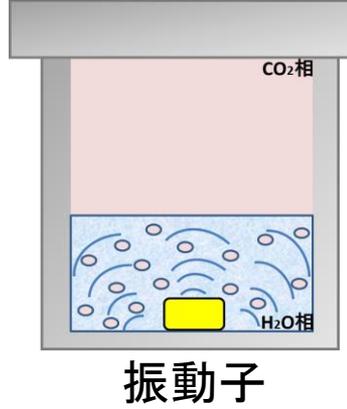
高濃度バブル水の製造・測定法が確立されていない

超音波照射の違い

○超音波間接照射型装置



○投げ込み型超音波振動子

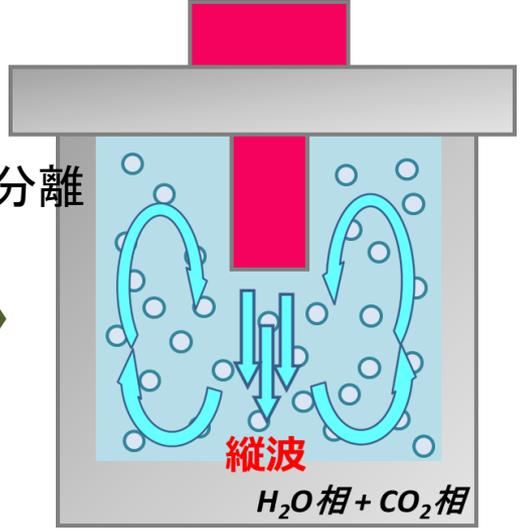
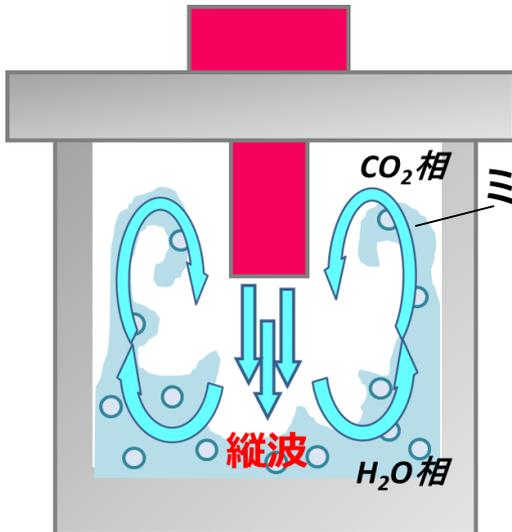
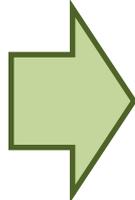
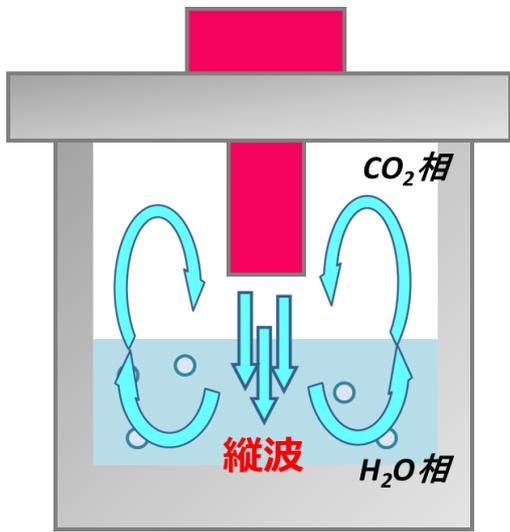


攪拌力が弱い
界面をかき乱せない



高濃度バブルを調製するのが困難

○超音波直接照射型装置(新規法)



界面が全体に広がる

CO₂+水界面積:

$2.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

← 約56000倍 →

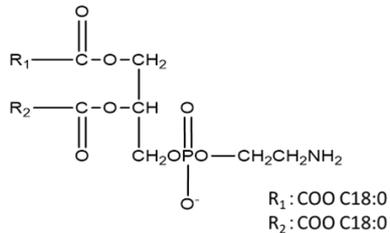
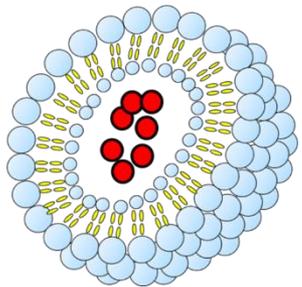
CO₂+水界面積:

128 m^2

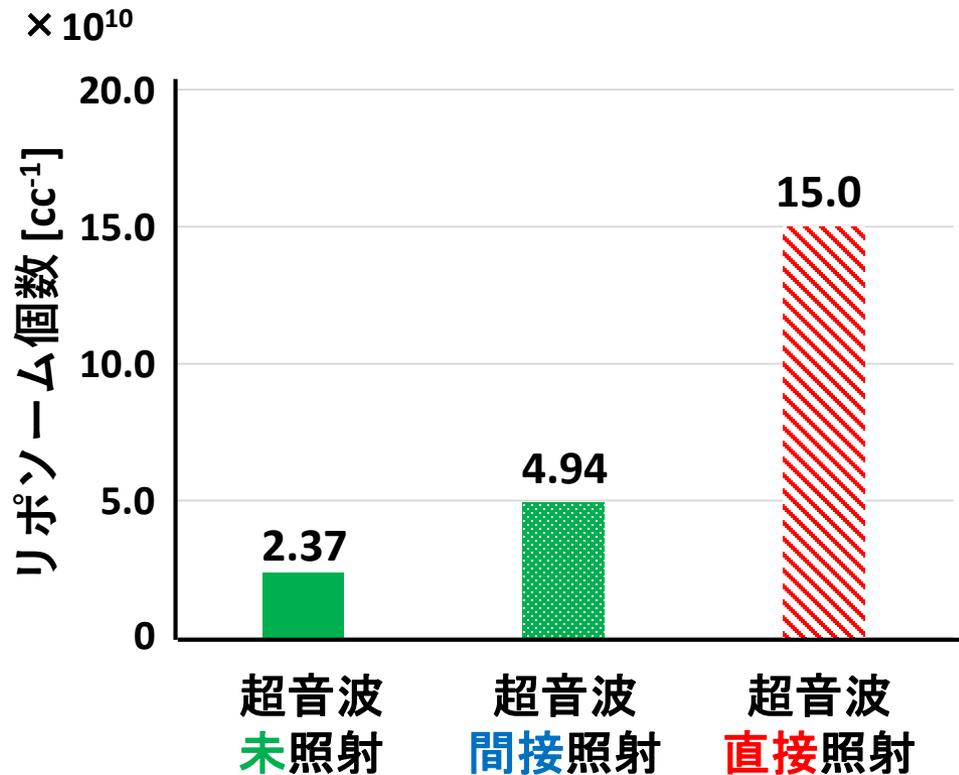
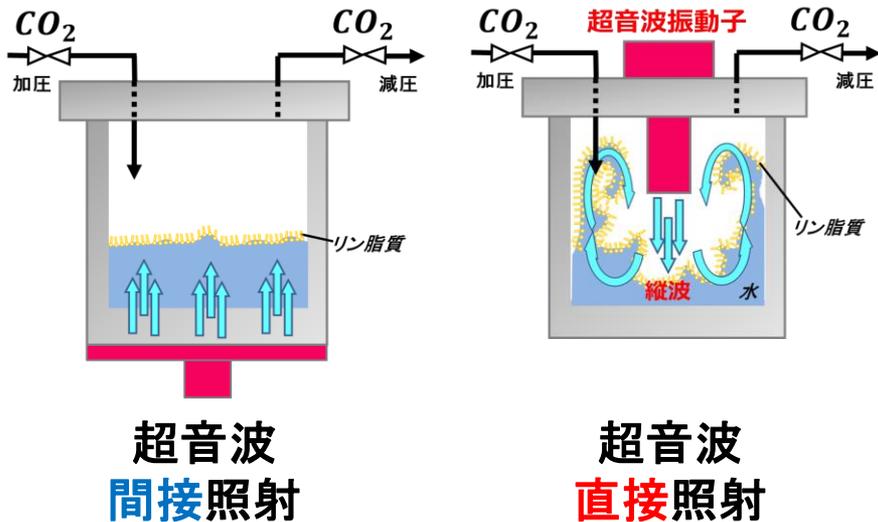
超音波直接照射の他の効果による実証データ

②リポソーム個数濃度

特願2019-91759号

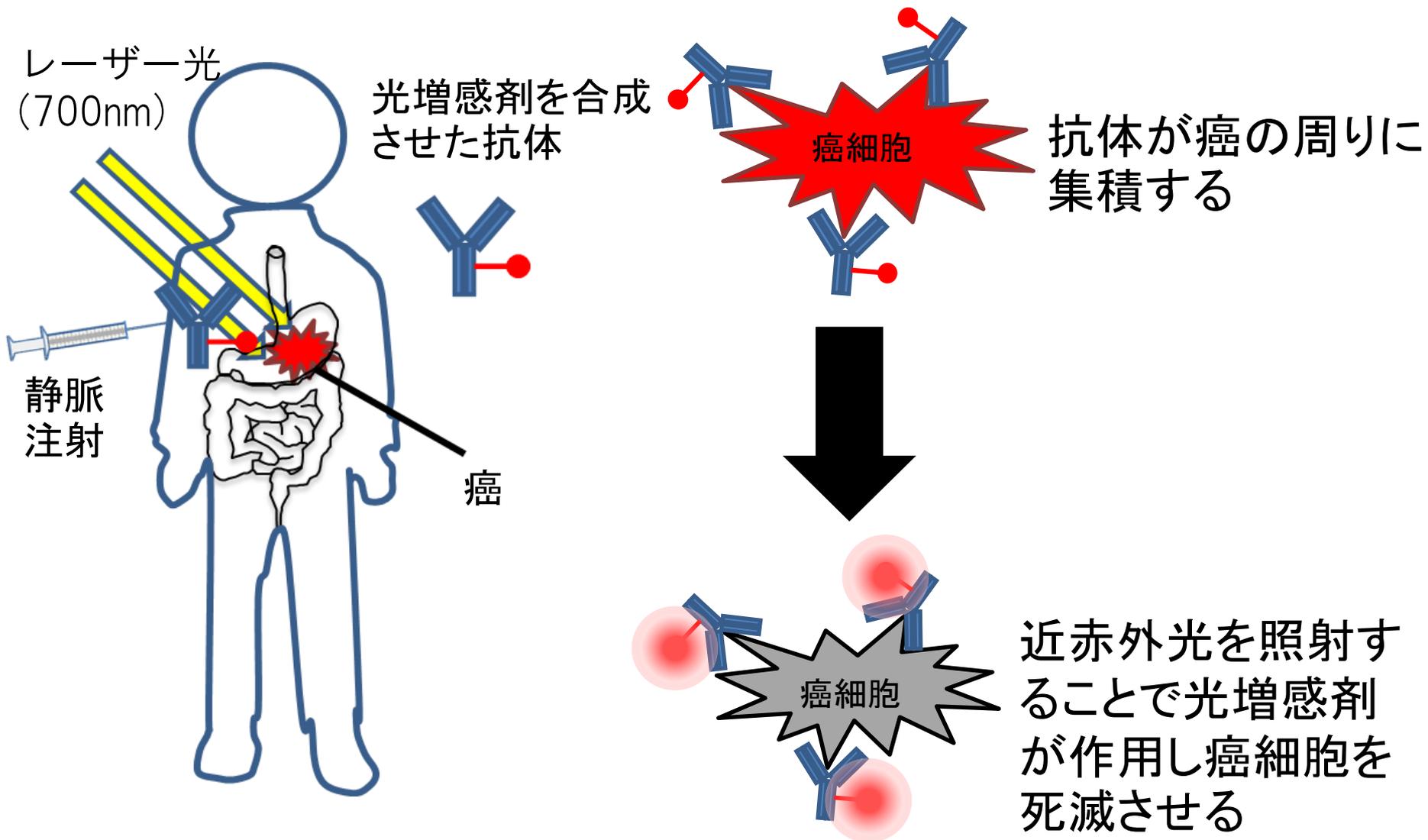


リン脂質の構造式



CO₂-水-リン脂質系において生成したリポソーム個数濃度を、超音波照射方法の違いにより比較した。その結果、直接照射が最も大きく、未照射に比べて**約6.4倍**、間接照射に比べて**約3.0倍**の有意差が生じた。

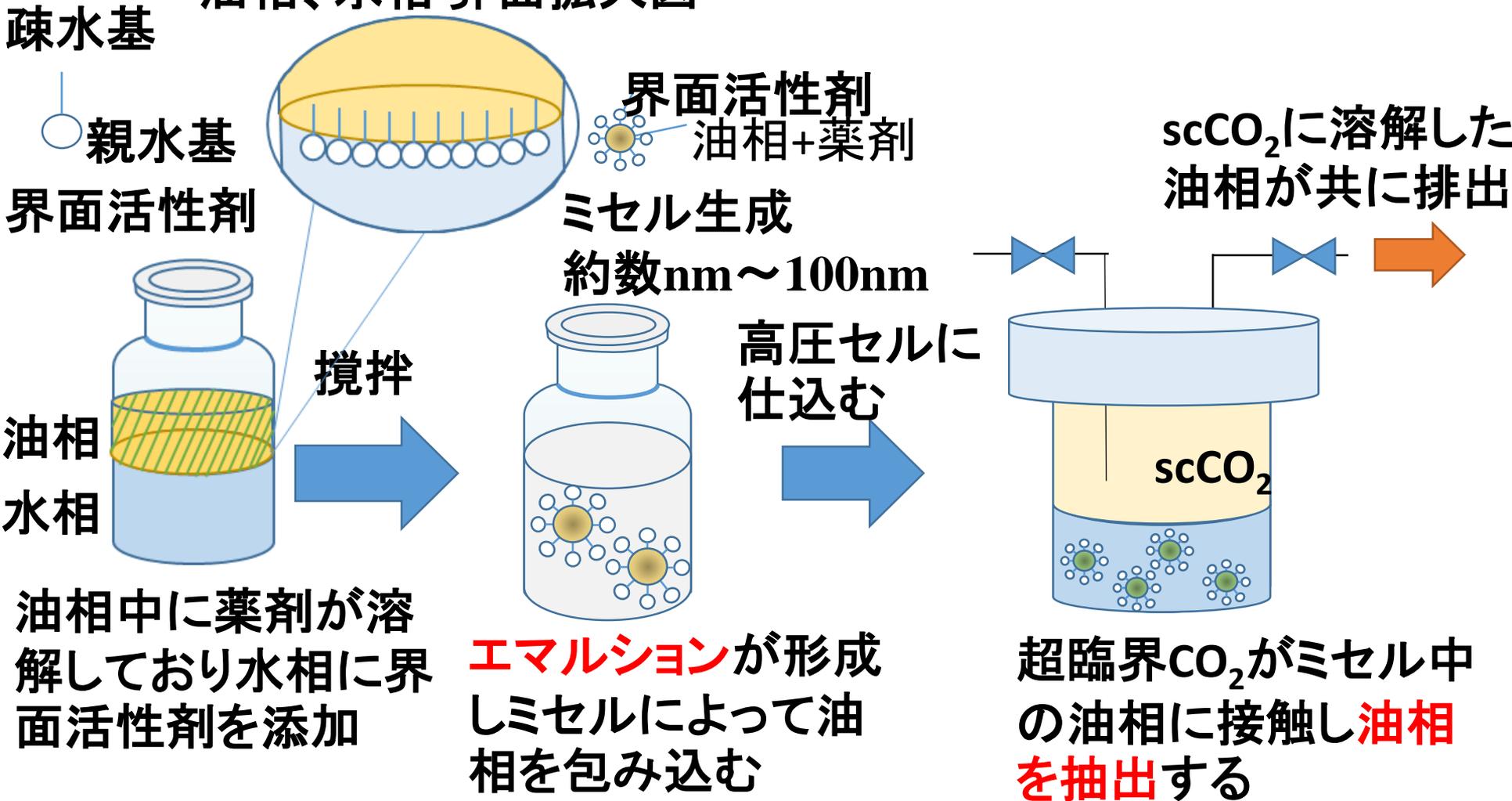
光線免疫療法的作用機序



SFEE法によるナノカプセル調製

SFEE (Supercritical Fluid Extractions of Emulsion) 法原理図

超臨界流体エマルジョン抽出 油相、水相 界面拡大図



SFEE法によるナノカプセル調製



水相

試料	仕込み量
MilliQ	9.5 mL
Tween 80 (界面活性剤)	0.008 g

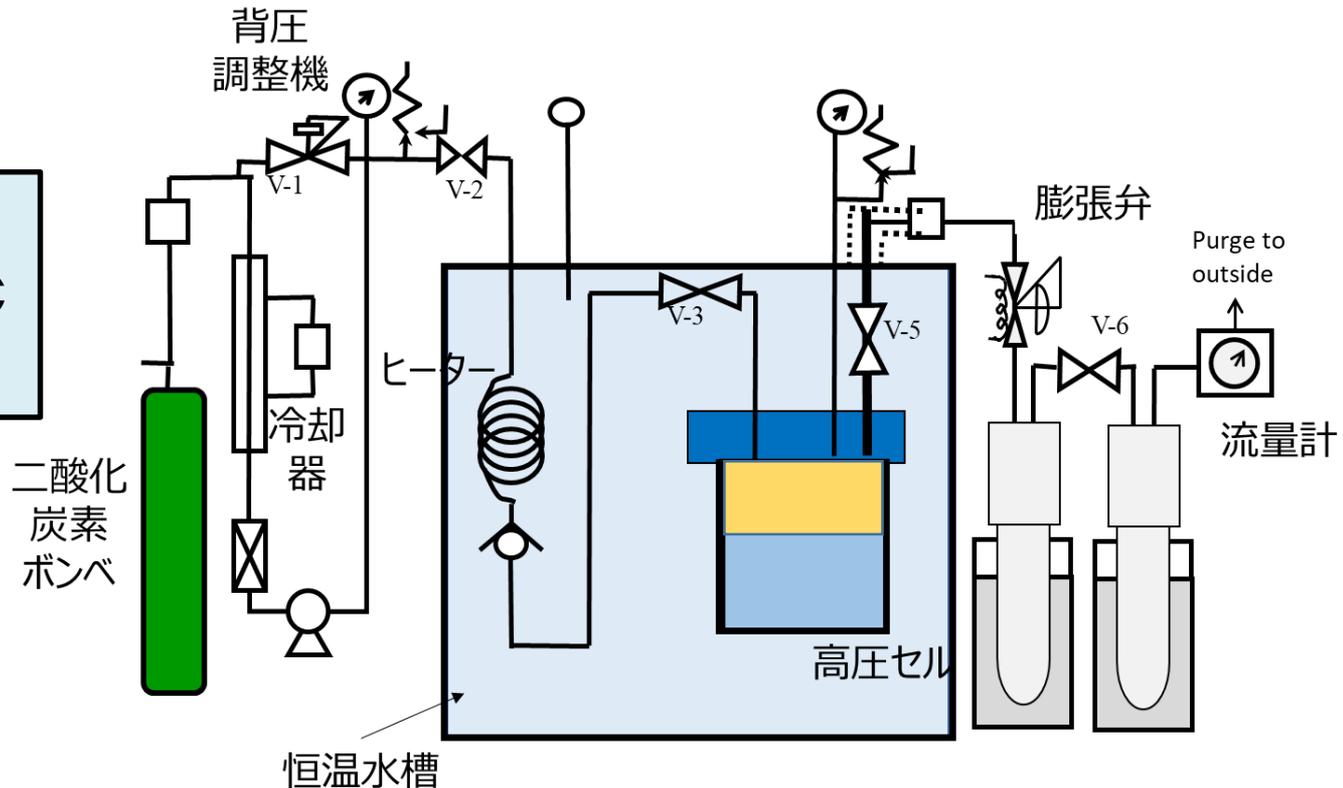


油相

試料	仕込み量
トルエン	0.5 g
スチレン	0.1 g
ブロモ化 銅フタロシアニン	0.025 g

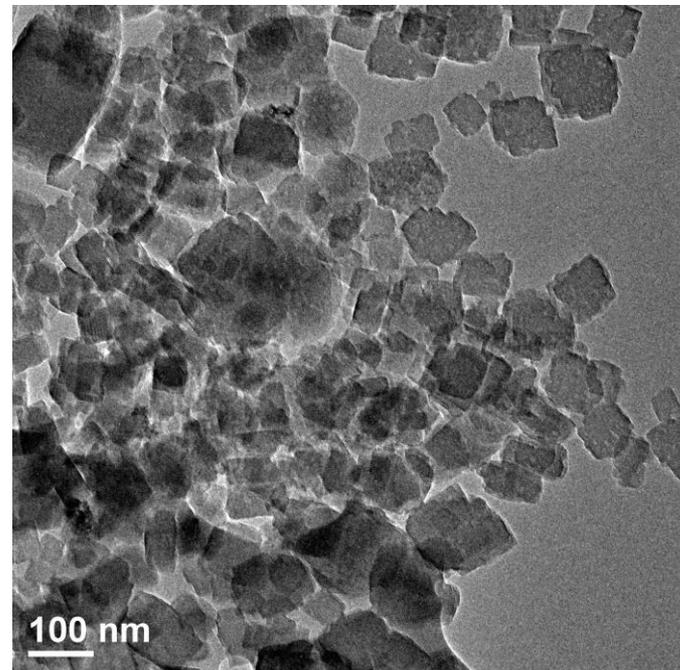
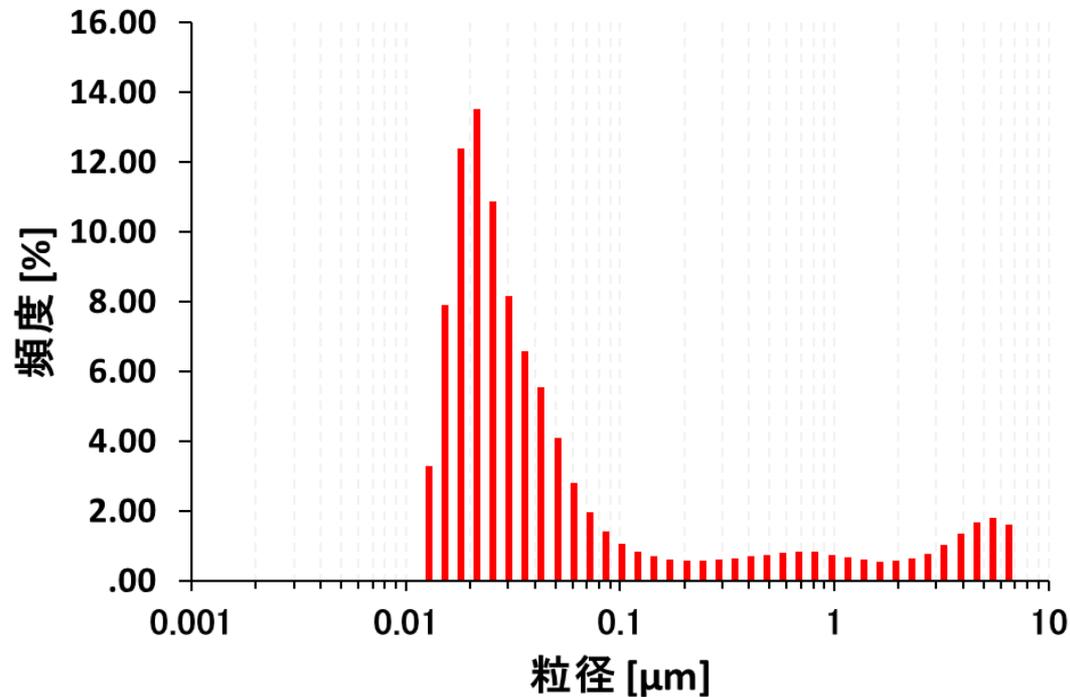
実験装置図

実験条件
恒温槽: 40 °C
圧力: 10 MPa



結果

銅フタロシアニンの粒径測定、TEM写真

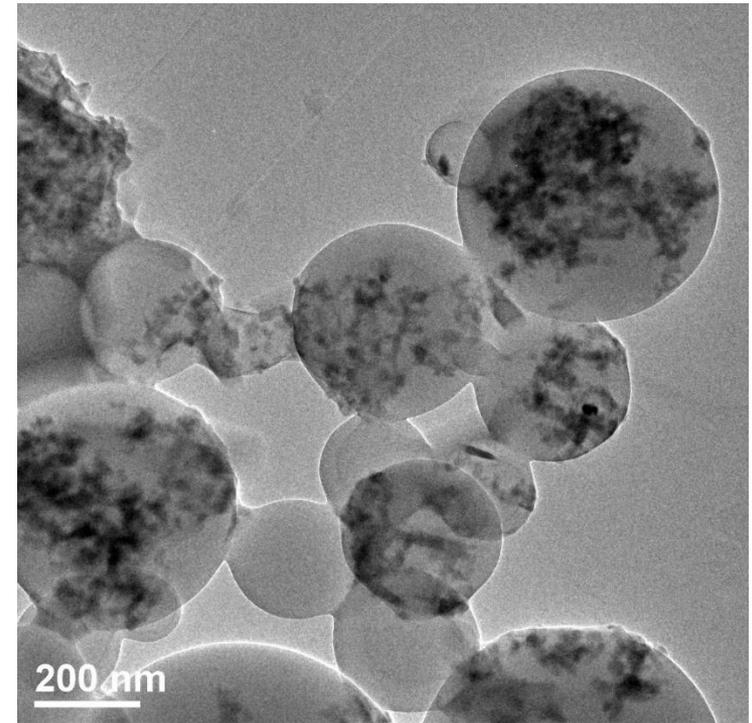
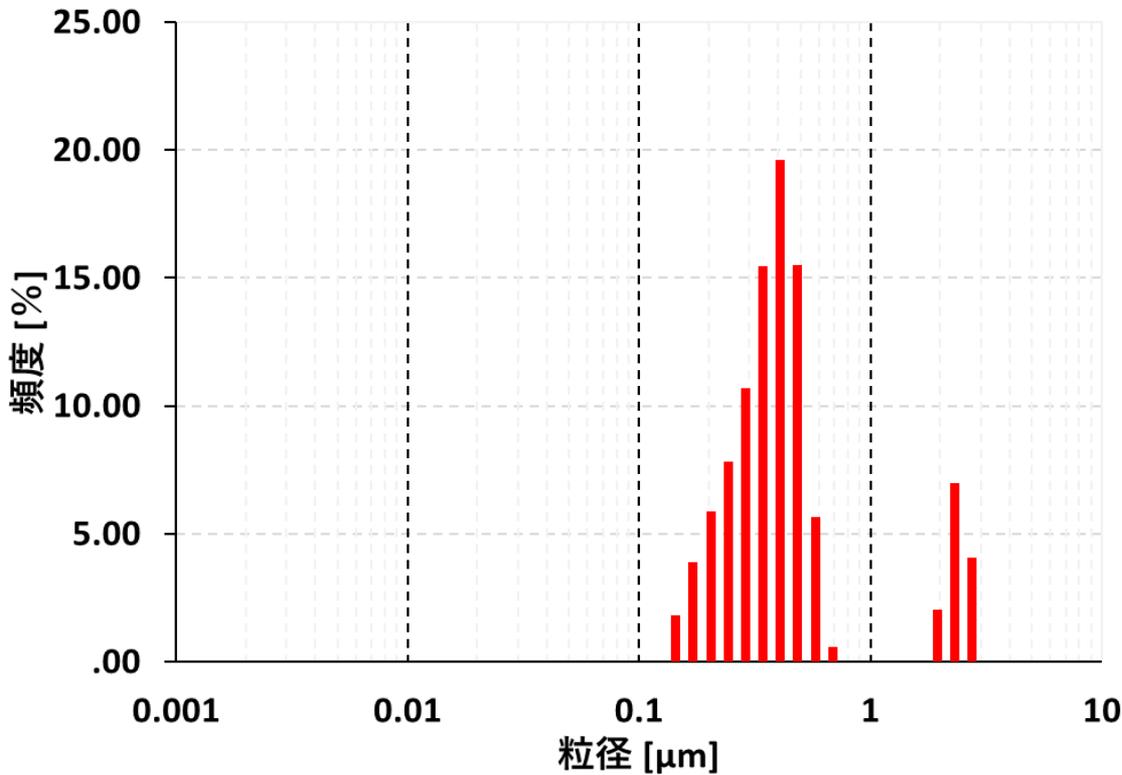


銅フタロシアニンのみの 粒径分布27.7 nm

銅フタロシアニンはナノサイズである

結果

SFEE法により得られた物質の粒径分布とTEM

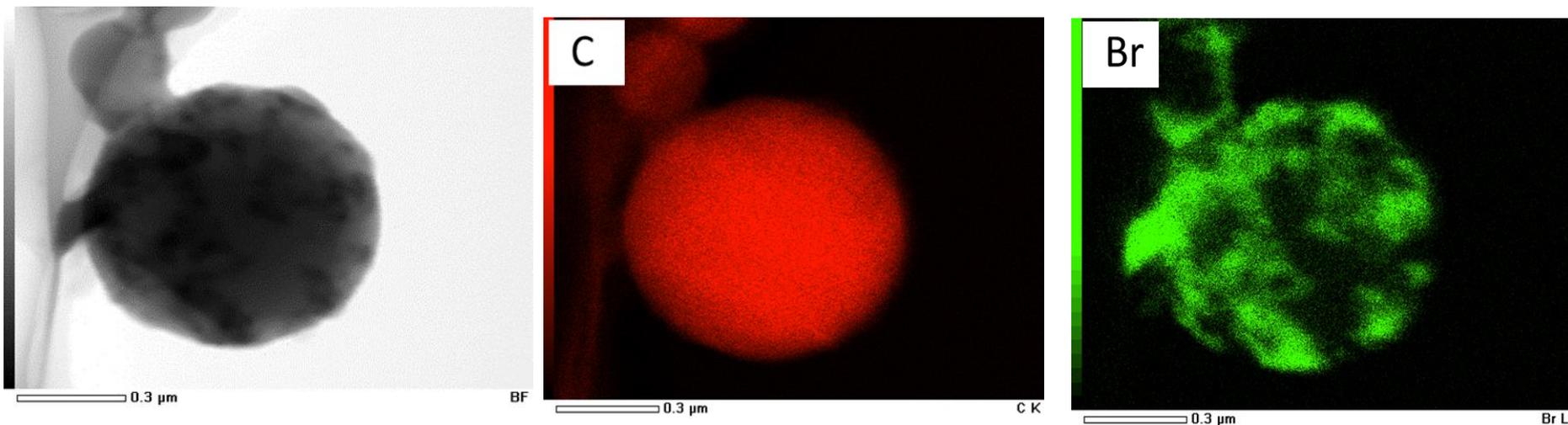


平均粒子径 335nm

コーティングを確認

結果

得られた物質のEDXによるマッピングデータ

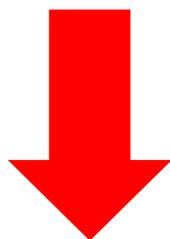


銅フタロシアニンに含まれるBrのピークが出ていてかつ炭素のピークが全体に出ているためコーティングできていることがわかる

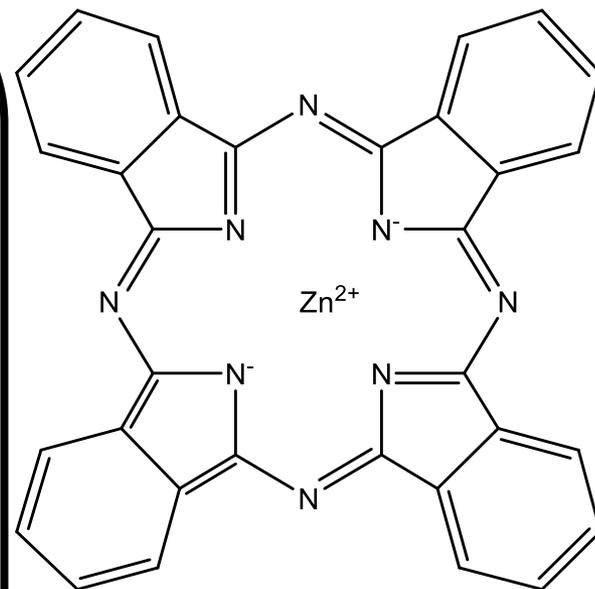
塩素系化学修飾による光増感機能の強化

亜鉛フタロシアニン

低波長領域に強い吸収帯を持たないため、エネルギーが弱い。



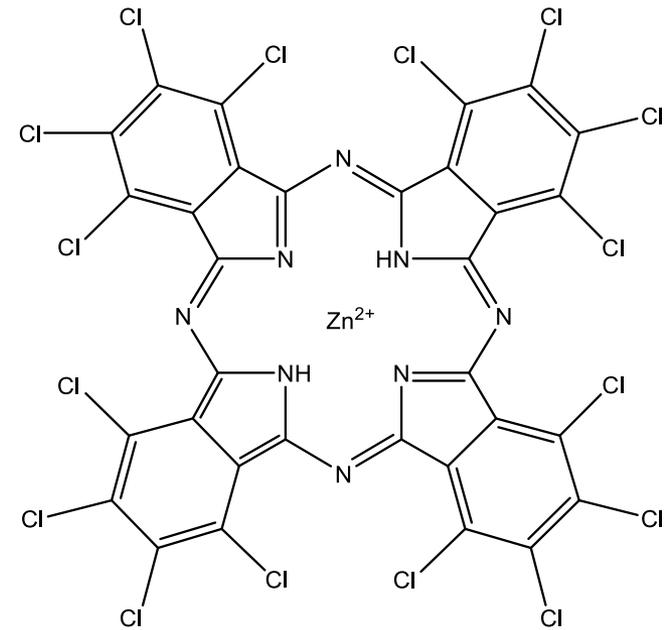
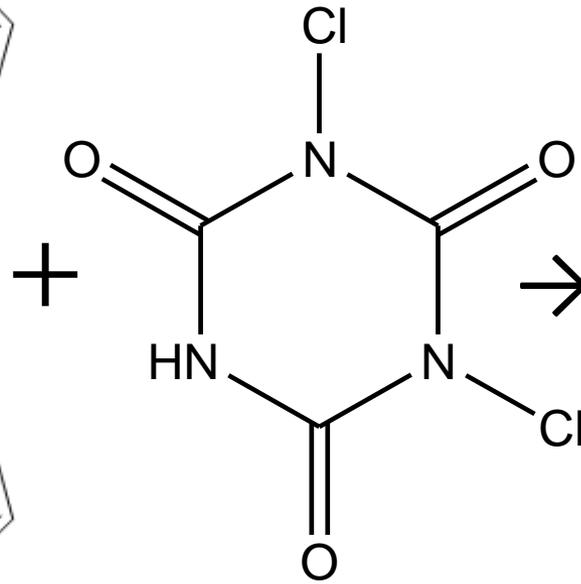
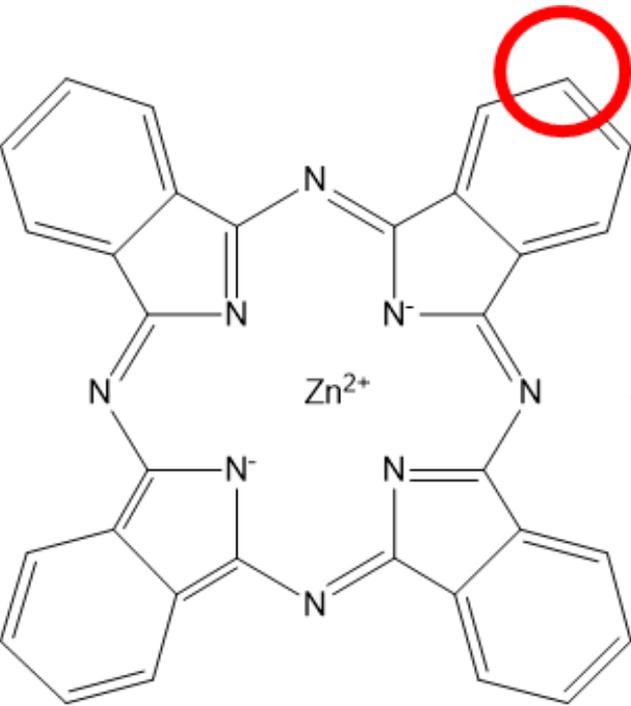
塩素化することにより低波長領域の吸収波長の増加について試みた。



亜鉛フタロシアニン
構造式

$\langle C_{32}H_{16}N_8Zn \rangle$
M.W:577.92

塩素化亜鉛フタロシアニンの反応式



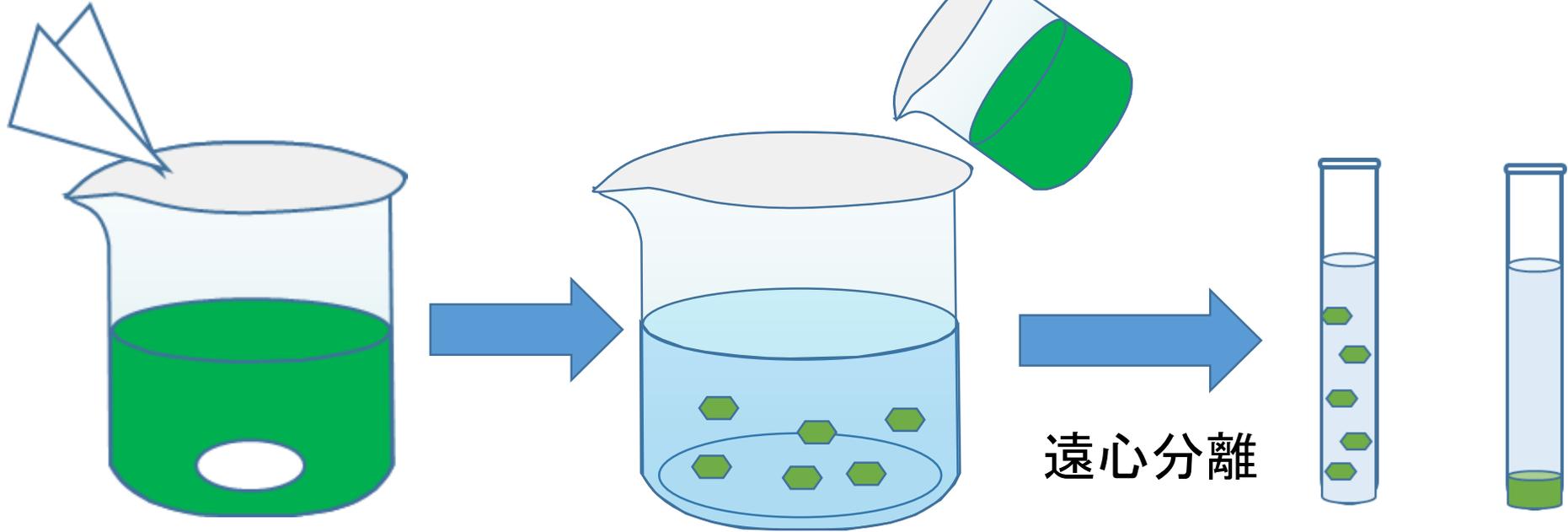
亜鉛フタロシアニン

ジクロロイソシアヌル酸

塩素化亜鉛フタロシアニン

塩素化亜鉛フタロシアニンの合成

① 亜鉛フタロシアニン
ジクロロイソシアヌル酸

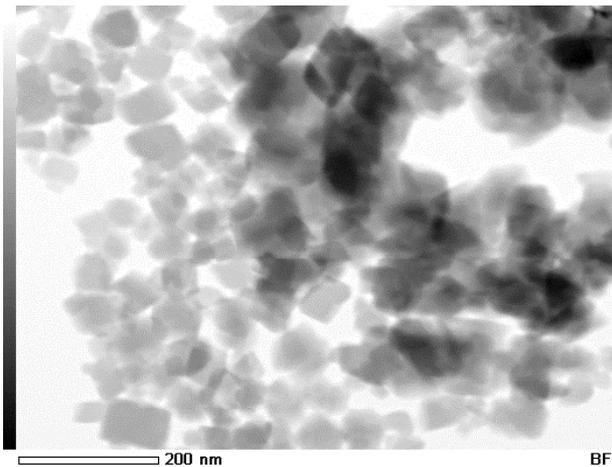


塩素化亜鉛フタロシアニン
が析出する。

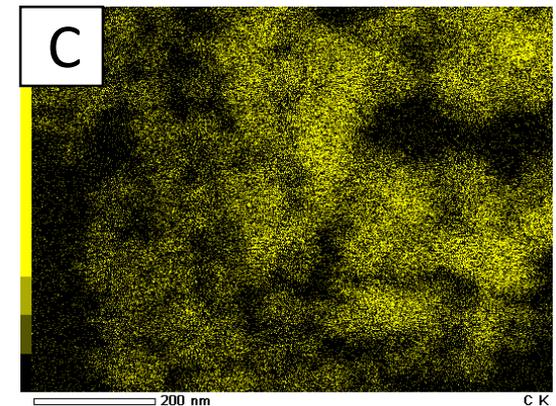
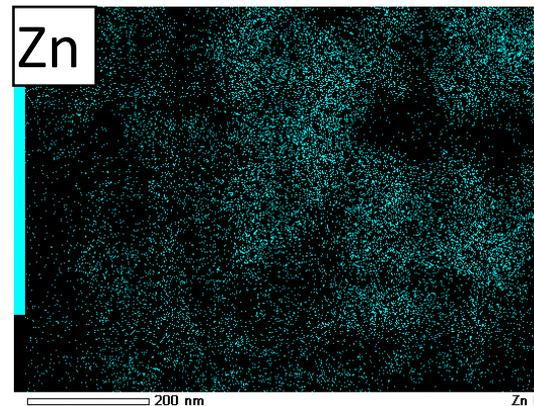
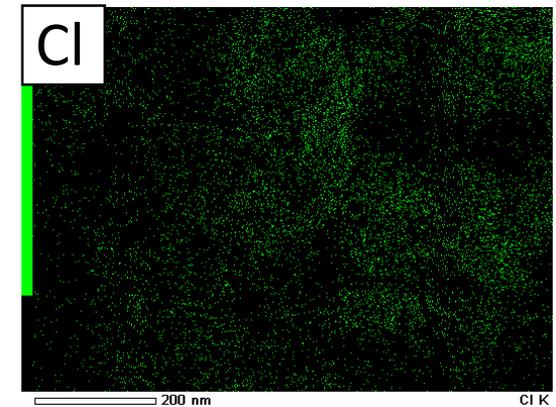
EDXによる塩素化亜鉛フタロシアニン分析結果

亜鉛フタロシアニンの塩素付加

透過型電子顕微鏡(TEM) による
エネルギー分散型 X 線分光分析(EDX)法を
用いた測定結果



塩素化亜鉛フタロシアニン

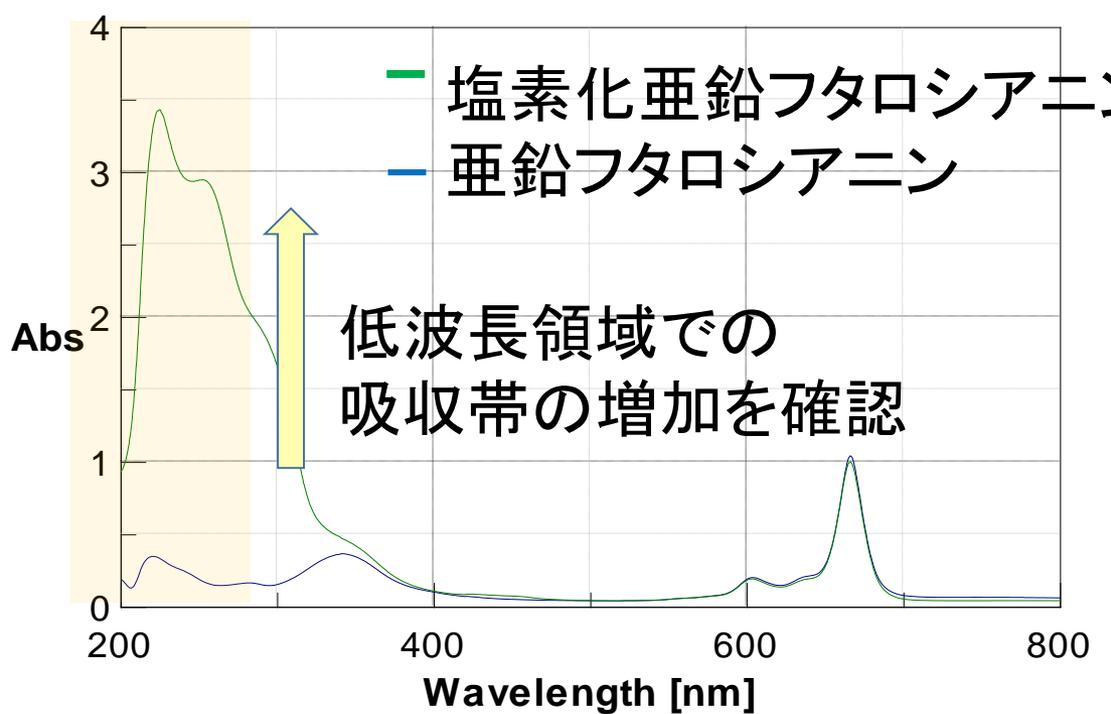
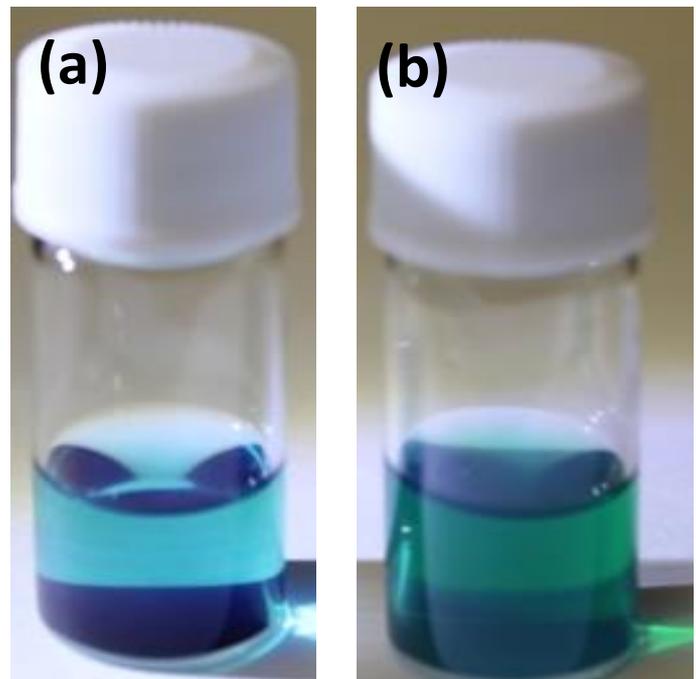


EDXによるマッピングデータ

塩素化亜鉛フタロシアニンUV測定結果

亜鉛フタロシアニンの塩素付加

UV測定器で測定した結果



(a) 亜鉛フタロシアニン(エタノール分散)

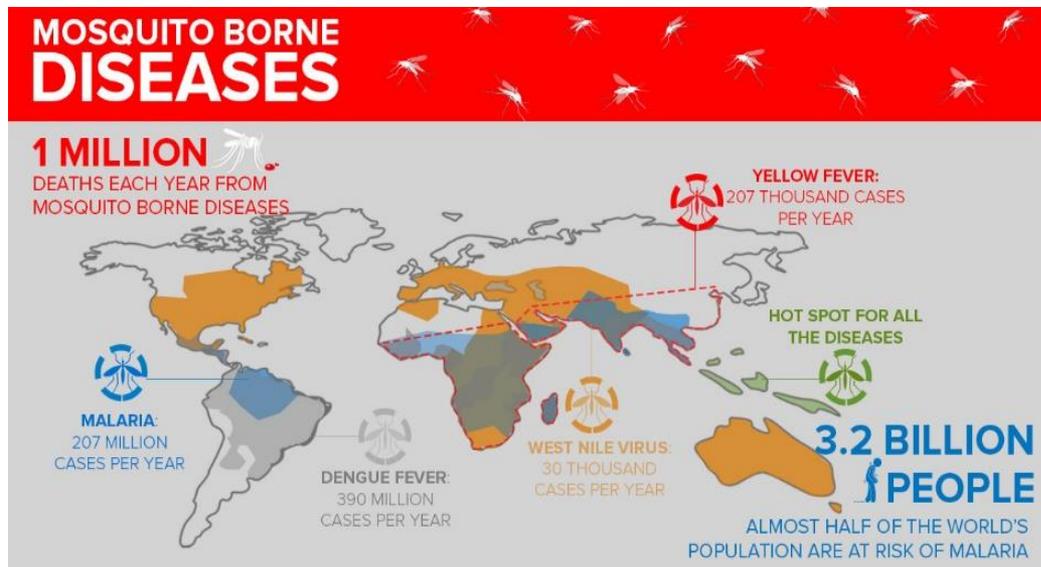
(b) ハロゲン化亜鉛フタロシアニン(エタノール分散)

亜鉛フタロシアニン、ハロゲン化亜鉛フタロシアニンUVスペクトルの比較

背景

蚊の脅威について

世界で最も人間を殺している動物は、蚊である。
早急に対処すべき重大な問題だ(ビル・ゲイツ)



世界の实情

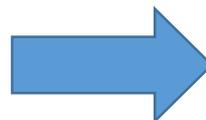
蚊が媒介する病気により年間
100万人が亡くなっている

蚊が媒介する主な感染症

- ・マラリア
- ・デング熱
- ・黄熱病

世界人口の約半分である32億人が
マラリア感染の危機にある

蚊を効率的に死滅させるものが必要

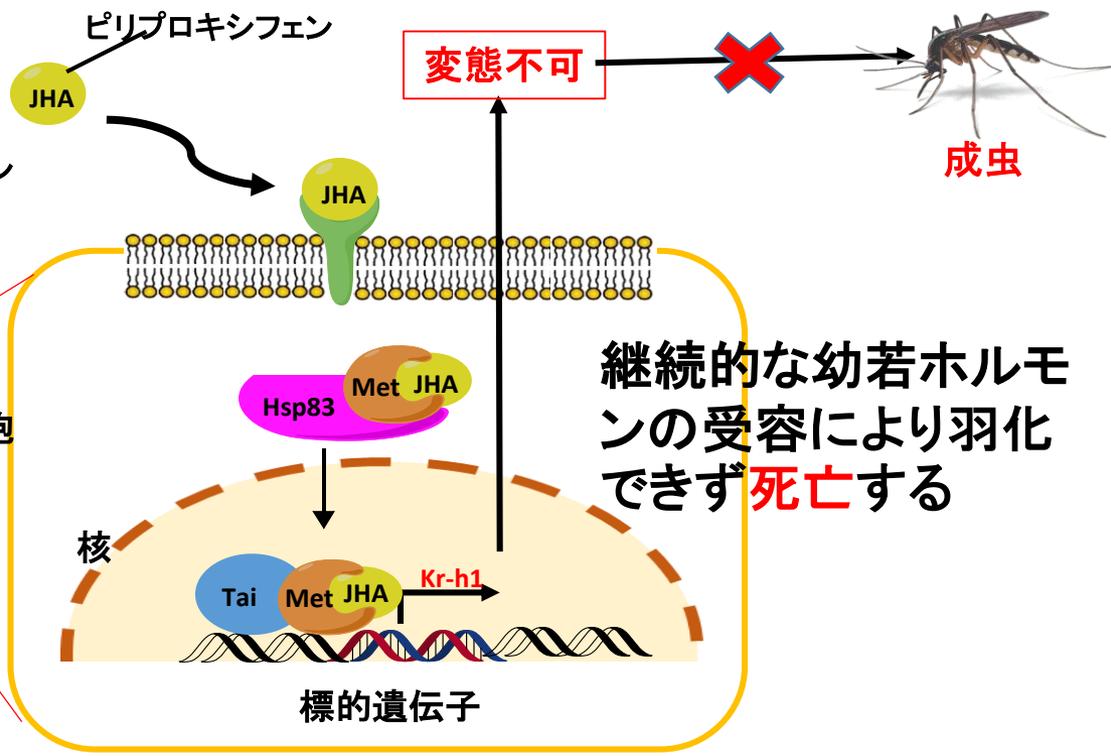
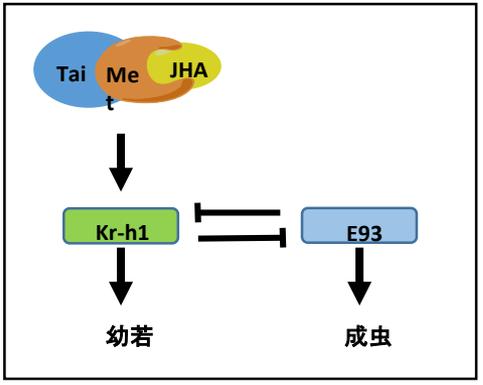
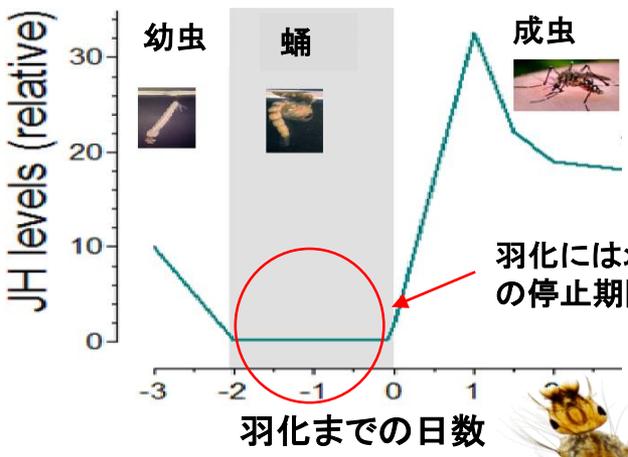


幼若ホルモン類似体

背景

幼若ホルモン類似体の作用機序

※JHA : Juvenile Hormone Analogs (幼若ホルモン類似体)



背景

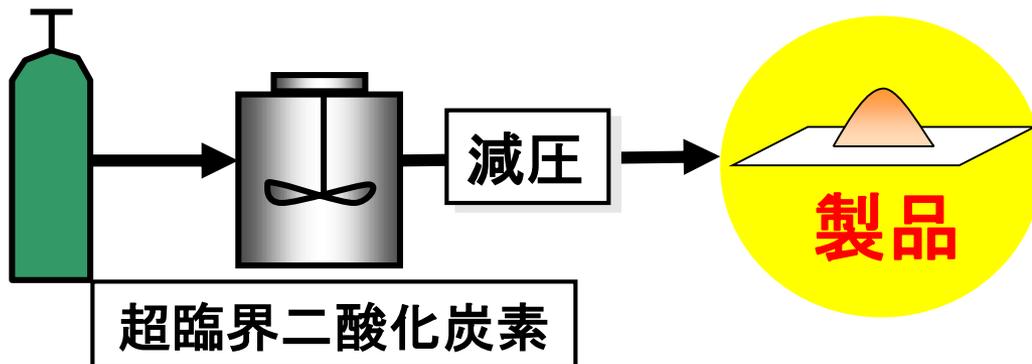
従来のコーティング法

- ・粒子径100 μm 以上の比較的大きい粒子, スプレードライコーティング等
- ・粒子径100 μm 以下の微粒子
有害な有機溶媒や界面活性剤を使用する
液中乾燥(W/O/W)法



- ・環境への負荷
- ・粒径制御が困難

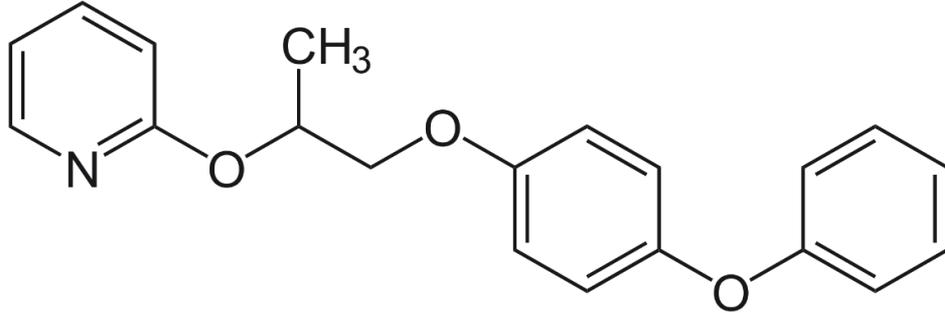
超臨界二酸化炭素中でのコーティング法(本実験)



- ・環境に優しい
- ・害の少ない
- ・廃液処理が不要

背景

ピリプロキシフェン



$C_{20}H_{19}NO_3$

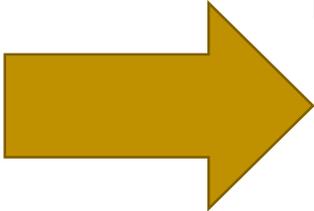
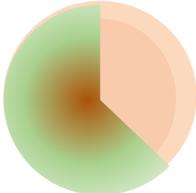
Mw = 321.5 g/mol

溶解度 = 0.367 mg/L

融点 = 47.4°C

- ・急性毒性が低く、人体へのリスクが少ない^[3]
- ・飲料水として使用するための農薬としてWHOが認めている唯一の農薬
- ・さまざまな昆虫に対して有効である農薬

実験目的

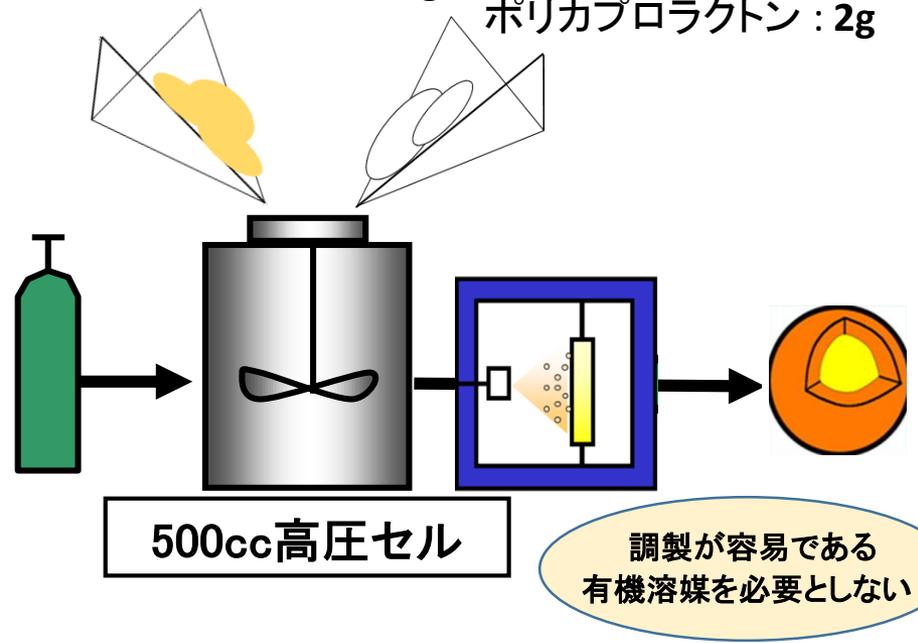
- 
- ・超臨界二酸化炭素のPGSS法を用いた、ピリプロキシフェンを芯物質としたマイクロカプセルの製造法の検討
- 

実験

実験方法

PGSS法 Particle from Gas Saturated Solution (ガス飽和溶液懸濁法)

ピリプロキシフェン : 0.5g ポリカプロラクトン : 2g



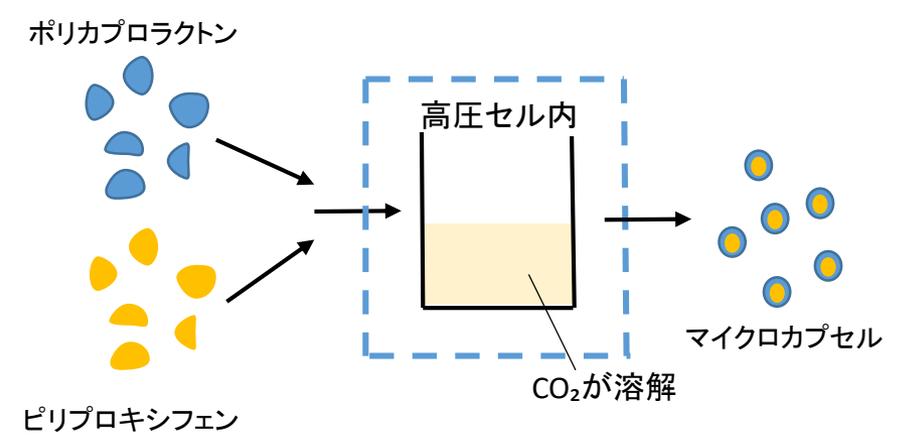
高圧セル(500 cc)内に芯物質とポリマーを仕込む

↓

温度一定 (60°C) のセル内にガスボンベから二酸化炭素を送液し、高速攪拌 (940 rpm) をしながらセル内を高圧状態 (10 MPa) とする

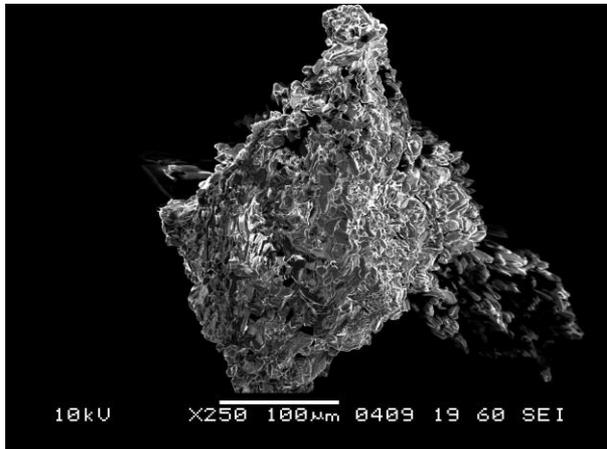
↓

一定時間 (30分) 攪拌し、高速攪拌を維持しながら、テフロンシートに2回噴出し、テフロンシート上の微粒子を回収する

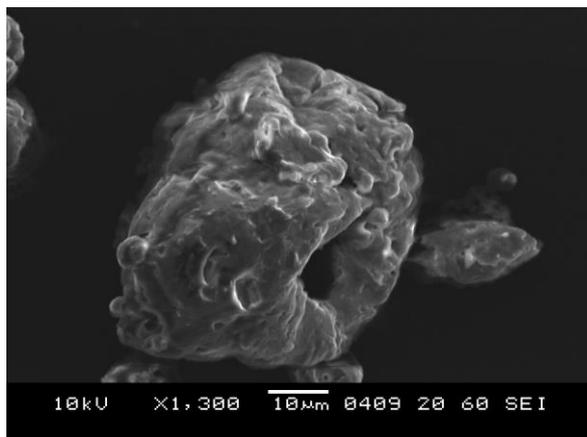


実験結果

SEM画像及び粒径分布

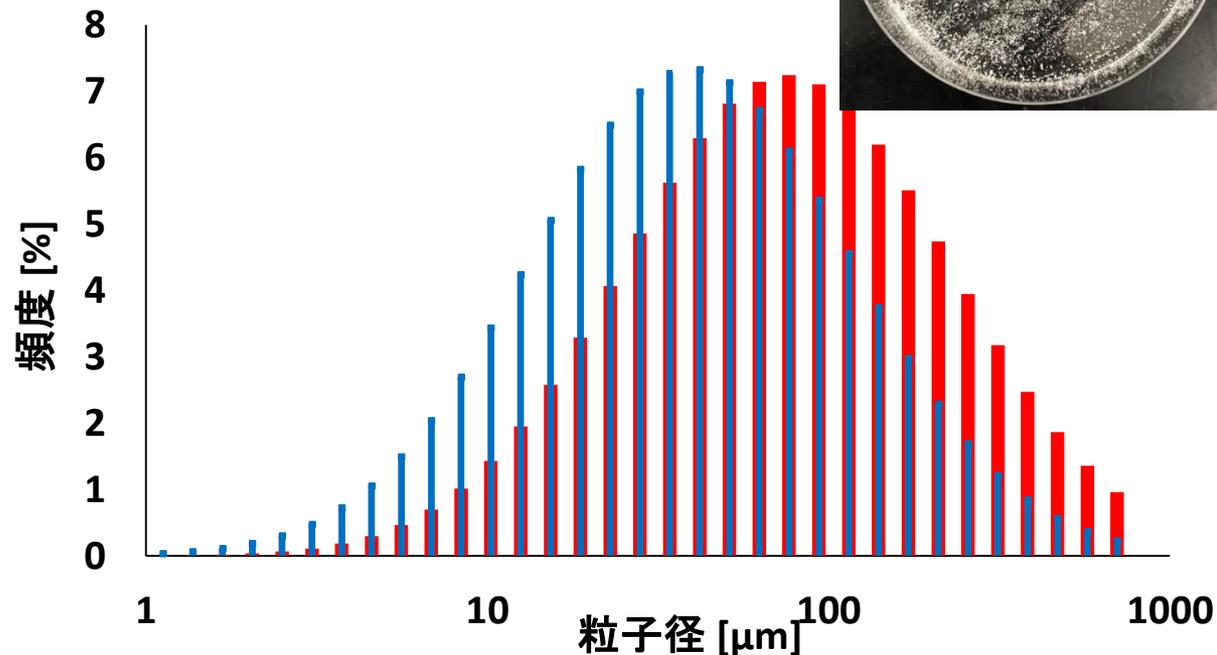


ピロキシフェン単体



コーティング後の試料

マイクロカプセル



■ ピロキシフェン単体 ■ マイクロカプセル

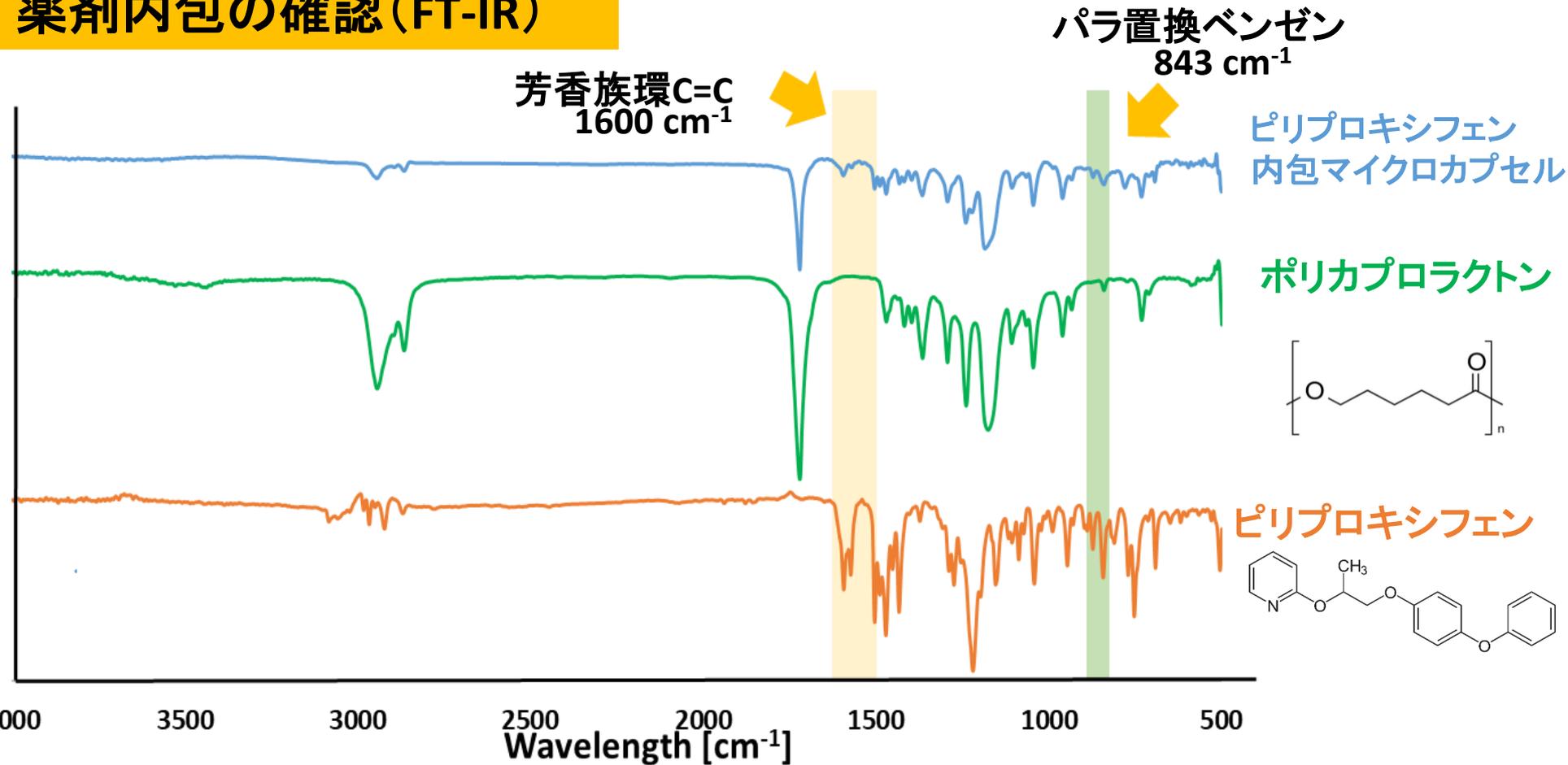
35.6 µm

73.6 µm

➡ ピロキシフェン単体より粒子径が**増大**

実験結果

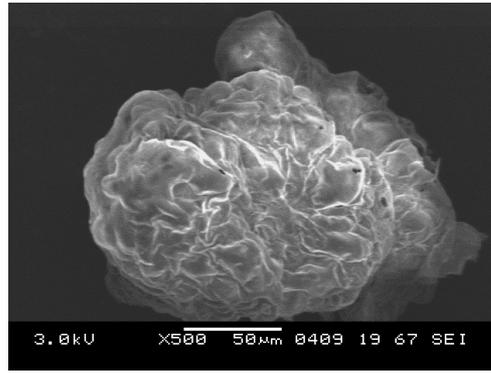
薬剤内包の確認 (FT-IR)



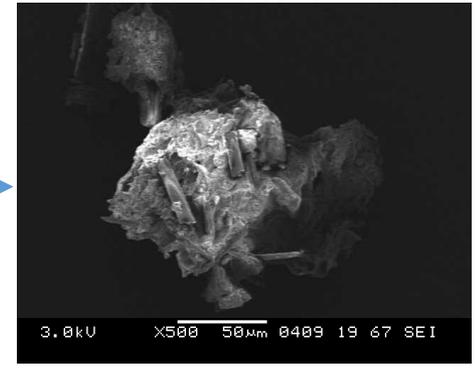
ピロキシフェン内包マイクロカプセルの波長に
ピロキシフェン特有の波長があることから薬剤内包が確認された

実験結果

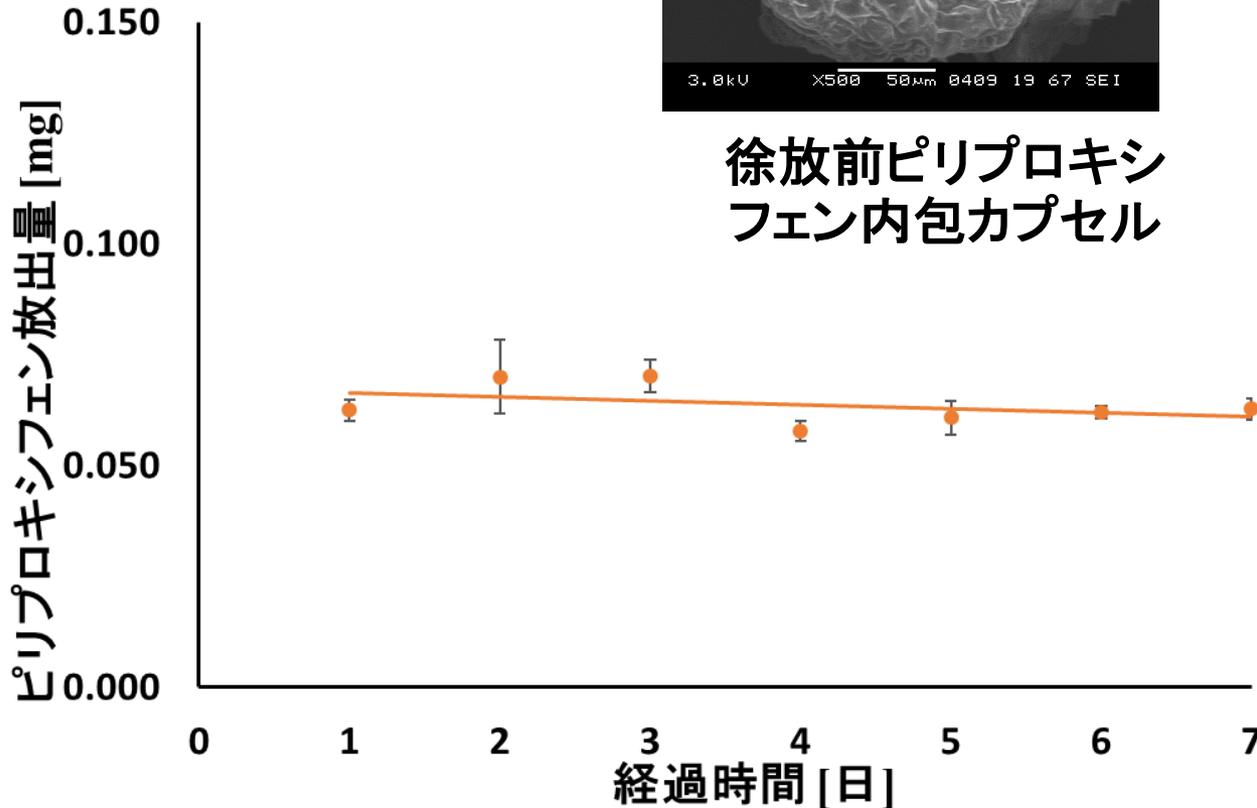
放出性実験



徐放前ピリプロキシ
フェン内包カプセル



徐放後ピリプロキシ
フェン内包カプセル



7日間にわたり**一定量**の薬剤が放出された → 薬剤放出量のコントロールが可能

タンパク質固化によるマイクロコーティング

従来のコーティング法

・物理的手法

スプレードライコーティング等

製造条件（温度、圧力、pHなど）

に伴う、機能性の低下

・物理化学的手法

コアセルベーション法

有害な有機溶媒を使用する

・化学的手法

界面重合法

有害な界面活性剤を使用する

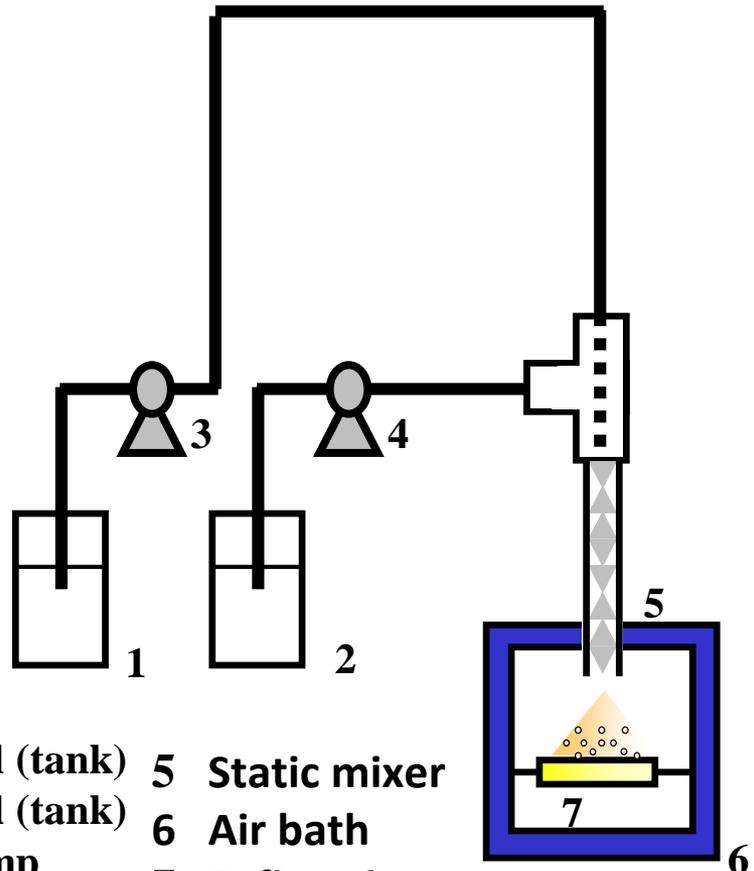


課題

- ・製造条件に伴う機能性の低下
- ・有害な有機溶媒の使用
- ・界面活性剤の使用

タンパク質固化によるマイクロコーティング

タンパク質の固化を応用したコーティング法(本実験)



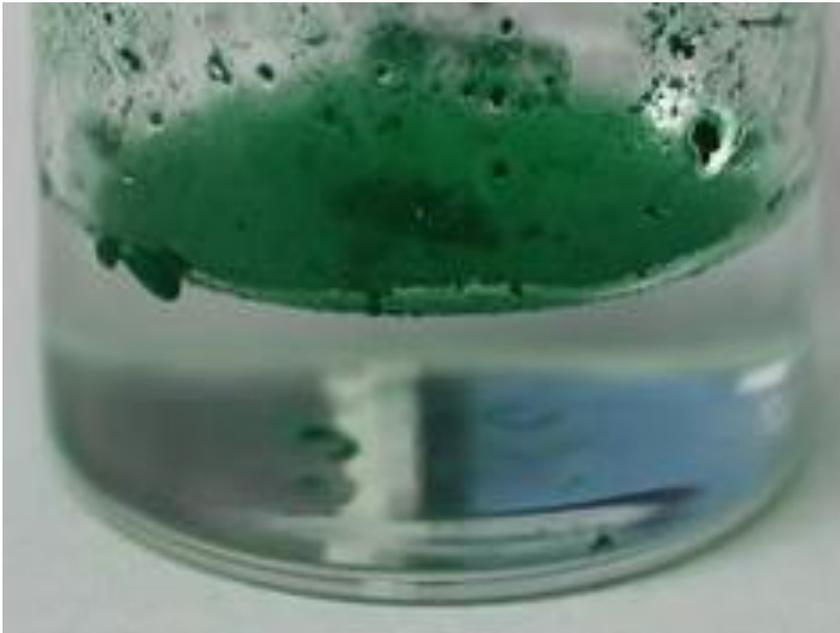
- 1 Cell (tank)
- 2 Cell (tank)
- 3 Pump
- 4 Pump
- 5 Static mixer
- 6 Air bath
- 7 Teflon sheet

- ・常温、常圧下で製造が可能
- ・有害な有機溶媒を使用しない
- ・界面活性剤を使用しない

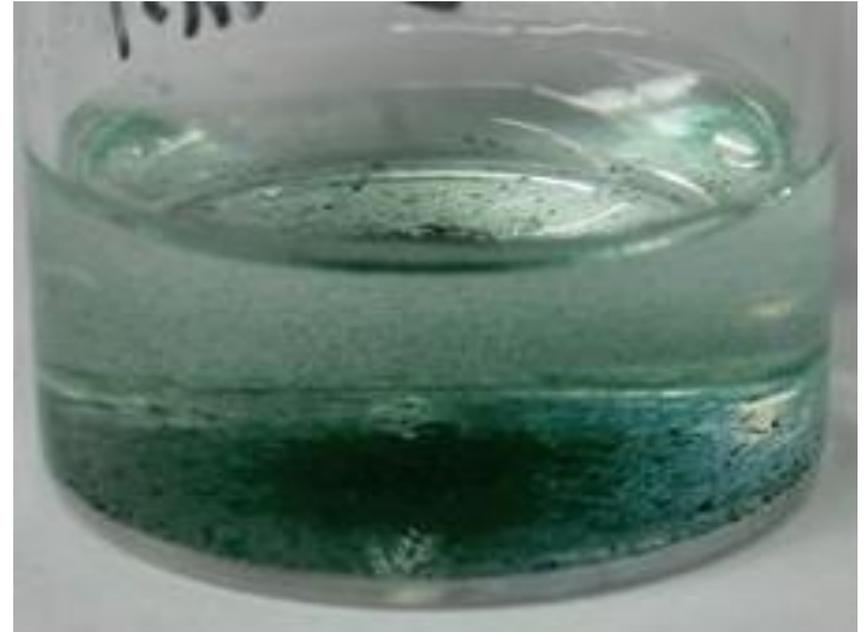
タンパク質固化によるマイクロコーティング

実験結果

(a) 芯物質のみを
水中に添加した様子



(b) 本手法を用いて製造した
カプセルを水中に添加した様子

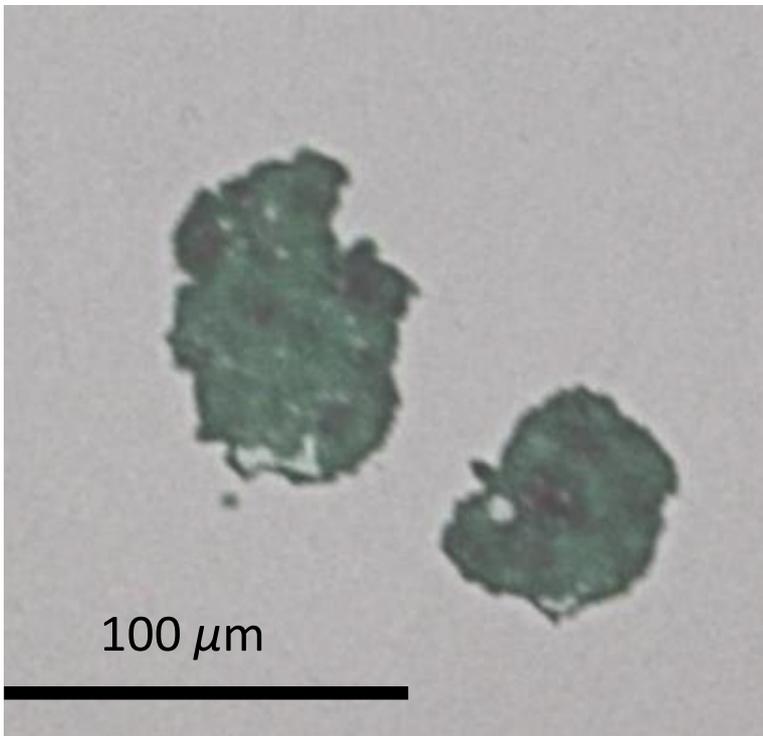


(芯物質: ブロモ化銅フタロシアニン、被覆材: PLA0005 + グリシン)

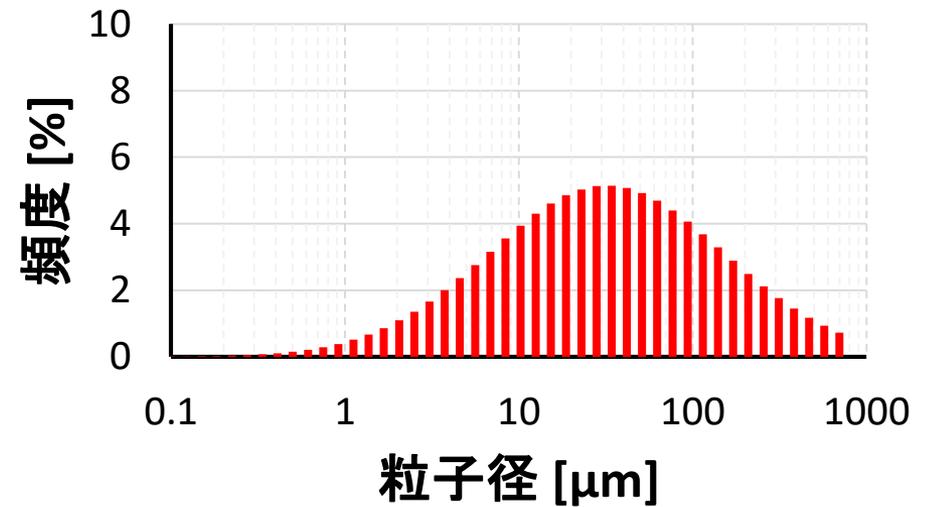
タンパク質固化によるマイクロコーティング

ブロモ化銅フタロシアニン原末

(a)レーザー顕微鏡像



(b)粒度分布

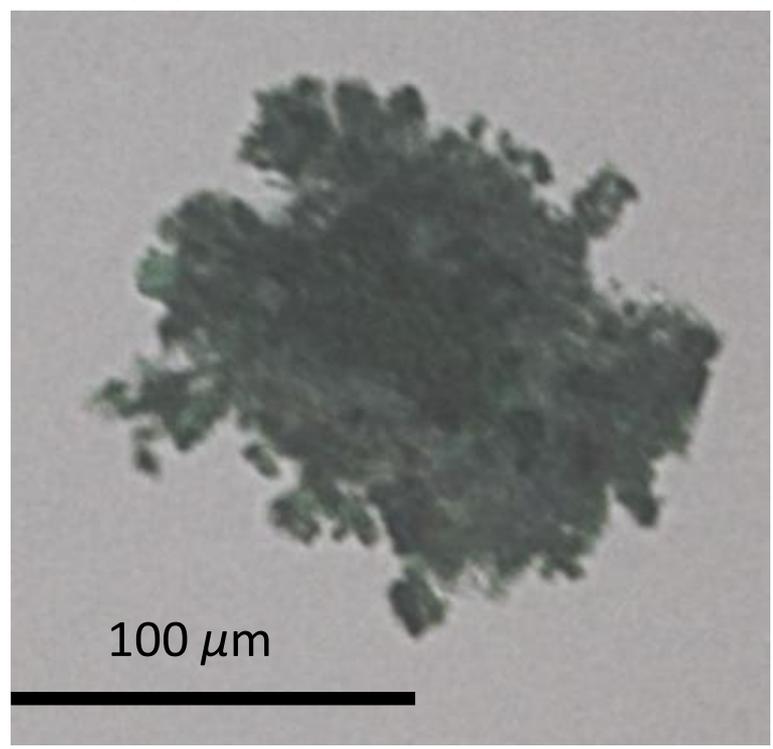


平均粒径 : $30.2 \pm 1.1 \mu\text{m}$

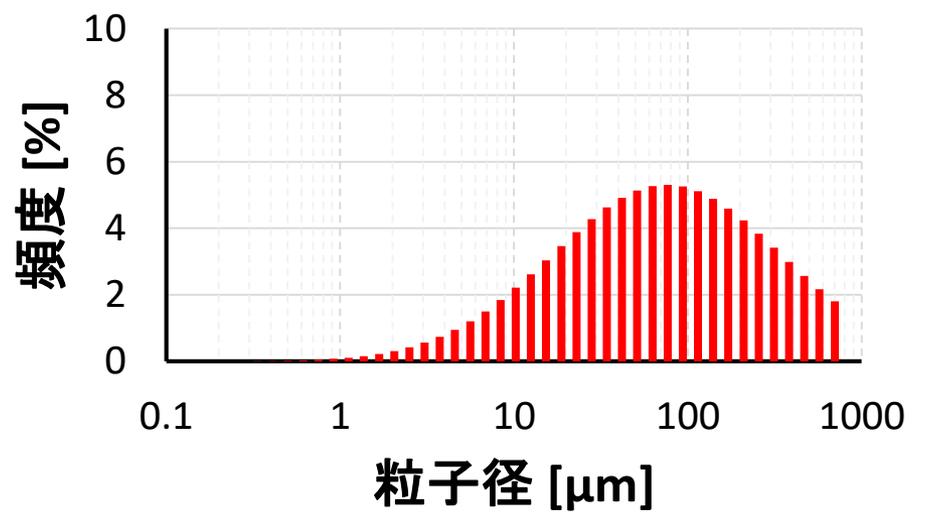
タンパク質固化によるマイクロコーティング

コーティング後の粒子

(a)レーザー顕微鏡像



(b)粒度分布



平均粒径 : $65.0 \pm 3.1 \mu\text{m}$

(芯物質:ブロモ化銅フタロシアニン、被覆材:PLA0005+グリシン)

特許の背景

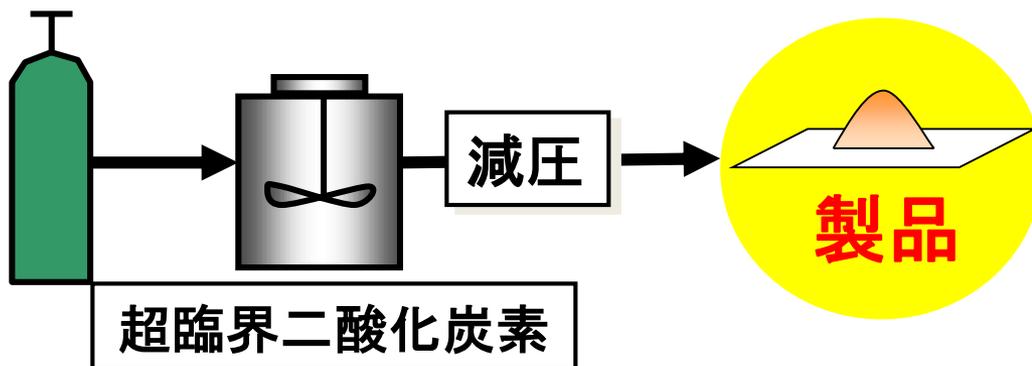
従来のコーティング法

- ・粒子径100 μm 以上の比較的大きい粒子, スプレードライコーティング等
- ・粒子径100 μm 以下の微粒子
有害な有機溶媒や界面活性剤を使用する
液中乾燥(W/O/W)法



- ・環境への負荷
- ・粒径制御が困難

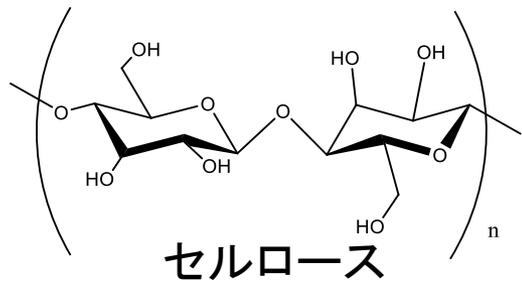
超臨界二酸化炭素中でのコーティング法(本実験)



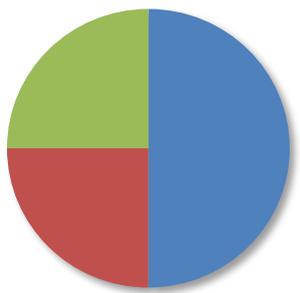
- ・環境に優しい
- ・害の少ない
- ・廃液処理が不要

セルロースナノファイバー(CNF)の利点

CNF(セルロースナノファイバー)とは



細胞壁構造割合



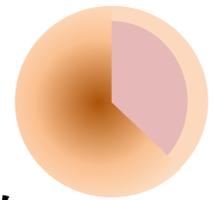
- セルロース
 - ヘミセルロース
 - リグニン
- CNF (セルロース)

- ・軽くて強い
(鋼鉄の1/5の軽さで5倍以上の強さ)
- ・大きな比表面積
- ・熱による変形が小さい
(ガラスの1/50程度)
- ・植物由来
⇒持続型資源、環境負荷少

実験目的



・超臨界二酸化炭素のPIPS法を用いた、CNFをコーティング材としたマイクロカプセルの製造法の検討



従来技術とその問題点

薬剤などに広く用いられていたゼラチン、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、プルランなどは、直径数ミリ程度のカプセルを製造することはできたが、直径数マイクロメートル程度の微細なカプセルや複合材を作ることは、困難であった。

発明等の特徴

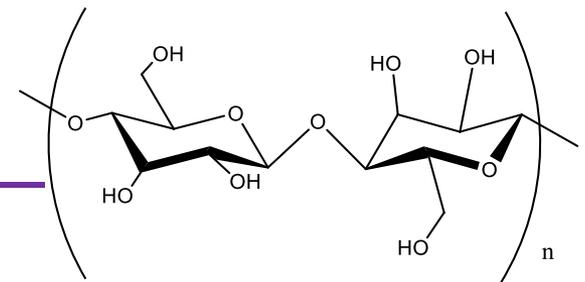
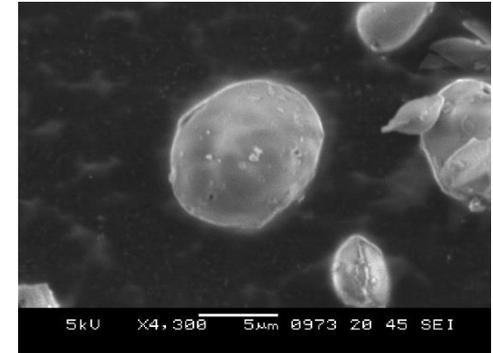
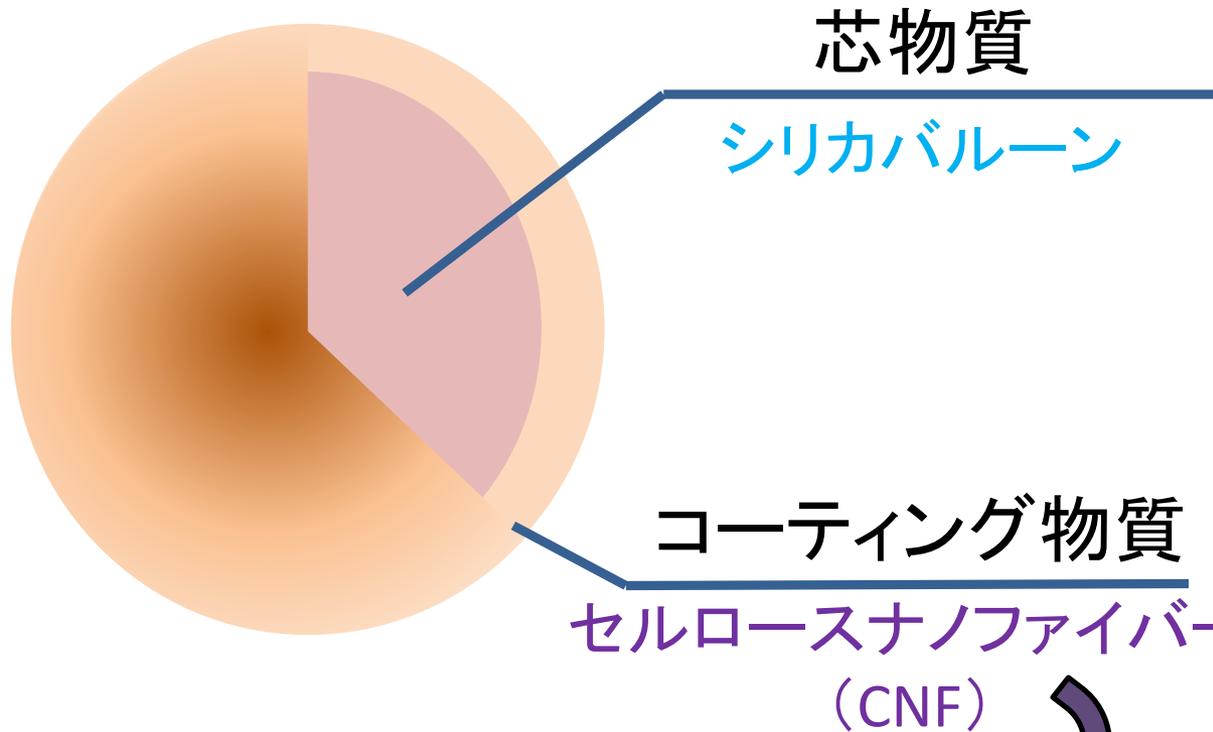
本発明では、超臨界二酸化炭素を機能性溶媒として用い、微細構造を形成しやすセルロースナノファイバーをコーティング剤として用いることで、直径数マイクロメートル程度の微細なカプセルならびに複合材を作ることに成功した。

発明等の効果

セルロースナノファイバーをコーティング剤として用いて、直径数マイクロメートル程度の微細なカプセルや複合材を作ることで、従来困難とされていたセルロースをコーティング材とした機能性薬剤・機能性食品・再生医療などへの利用が可能な高機能性微小粒子の形成が可能となった。

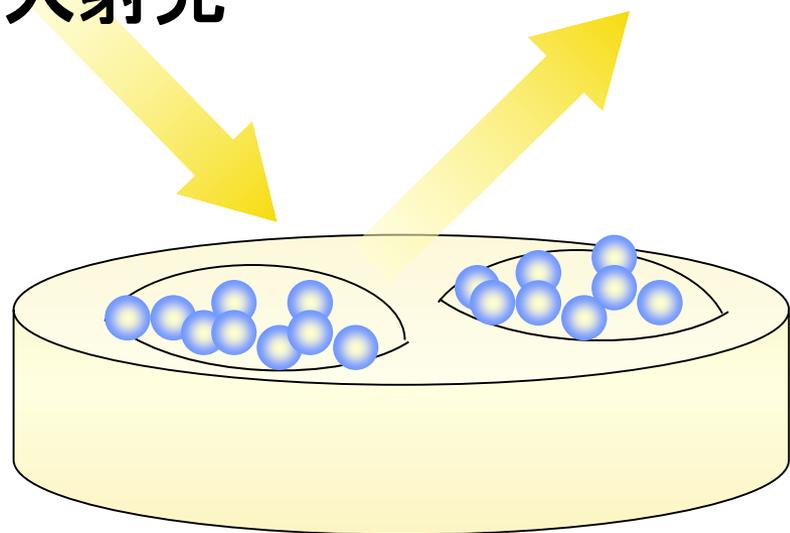
マイクロコーティング

本実験のマイクロカプセルの構造



芯物質との親和性を得るためのスチレン付加

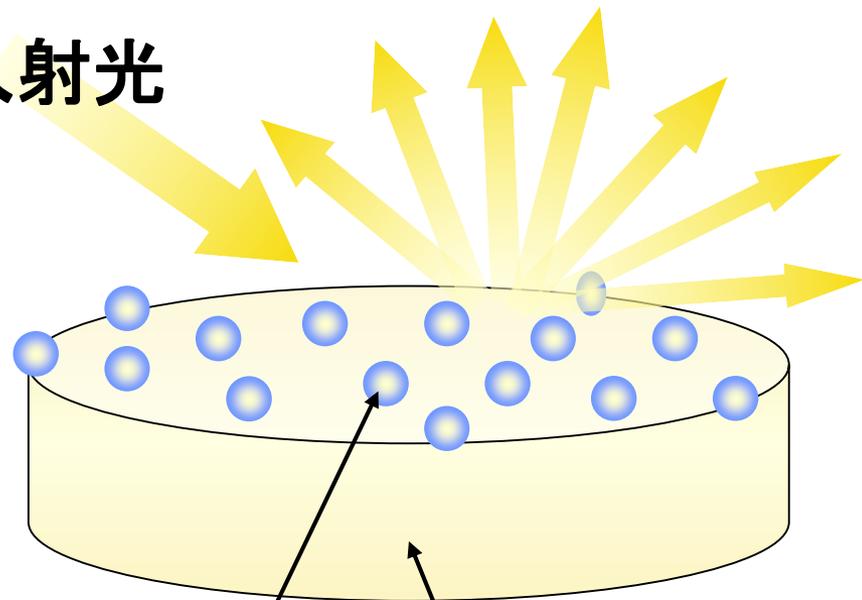
入射光



10μm

(a)

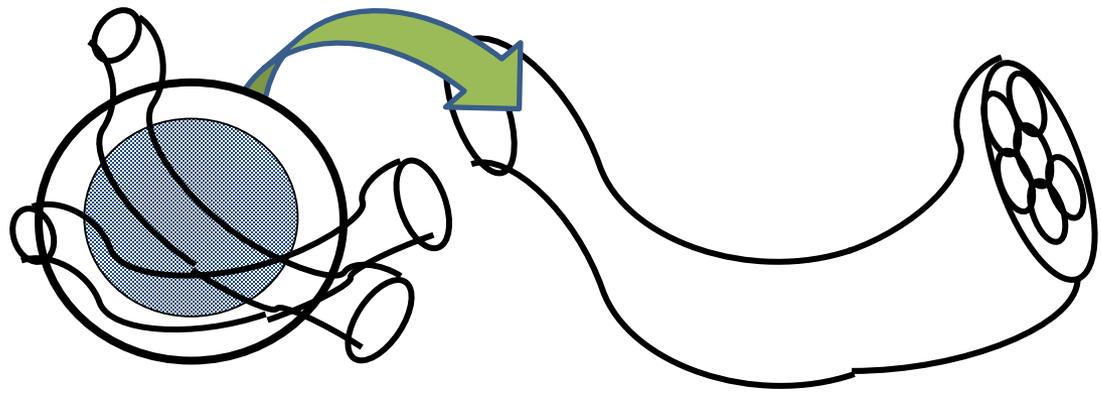
入射光



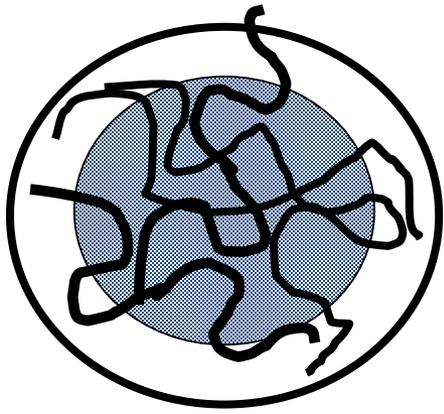
フッ素系樹脂粒子

タルク粒子

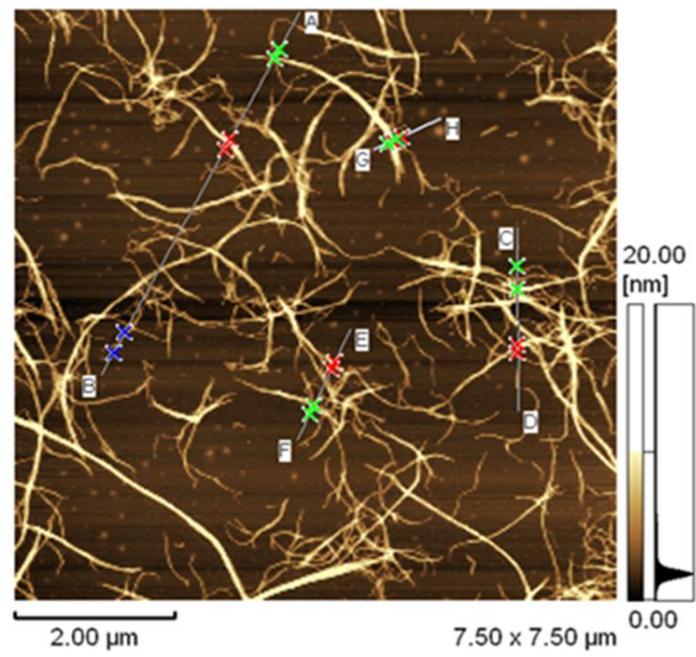
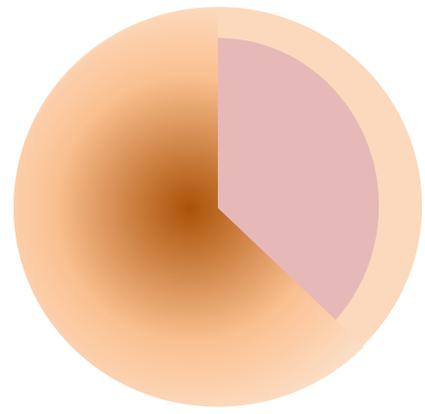
(b)



On the order of $10\mu\text{m}$

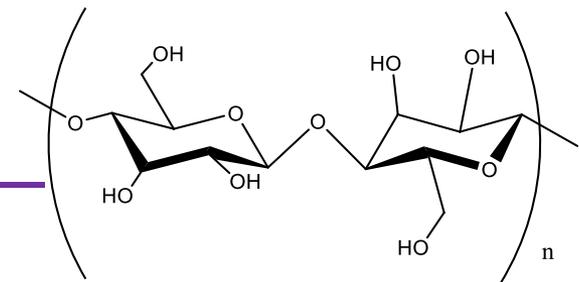
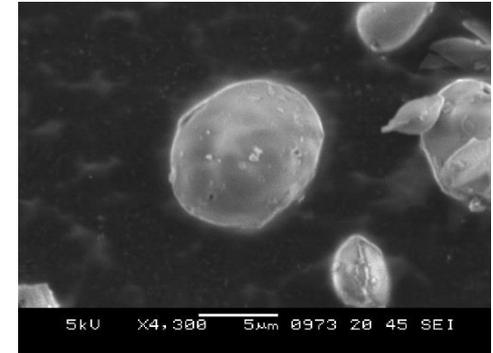
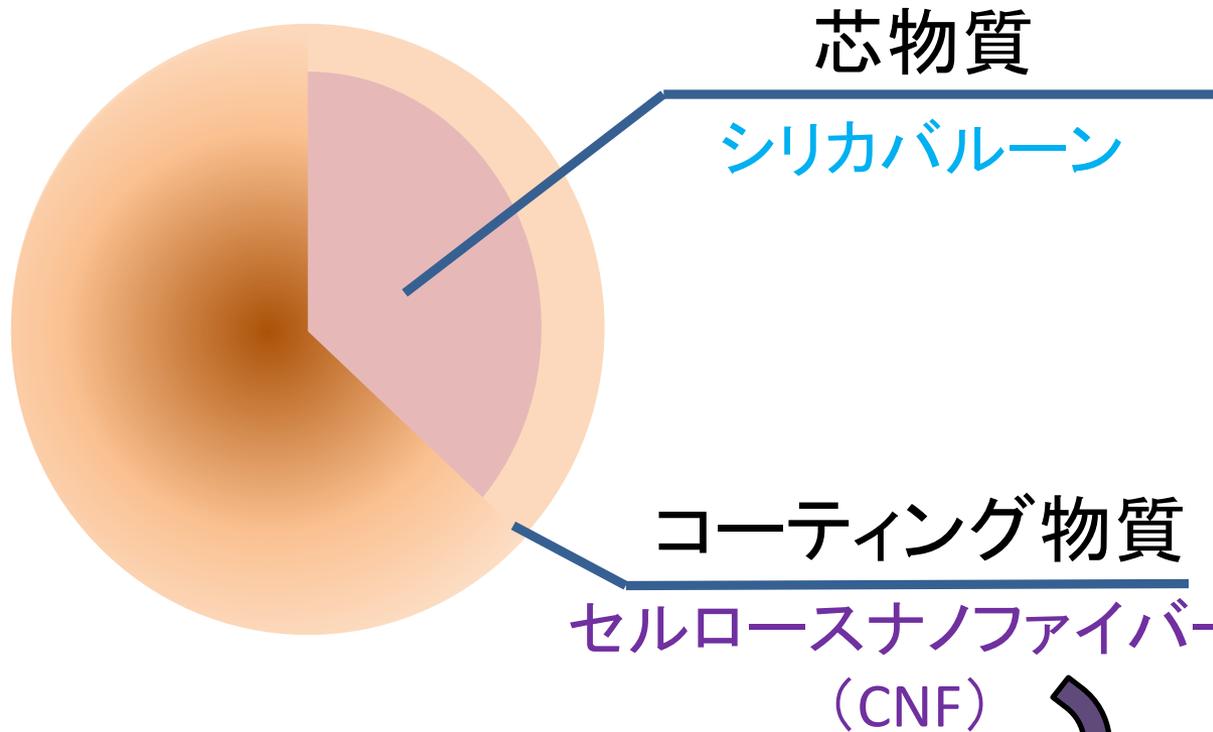


On the order of $10\mu\text{m}$



マイクロコーティング

本実験のマイクロカプセルの構造

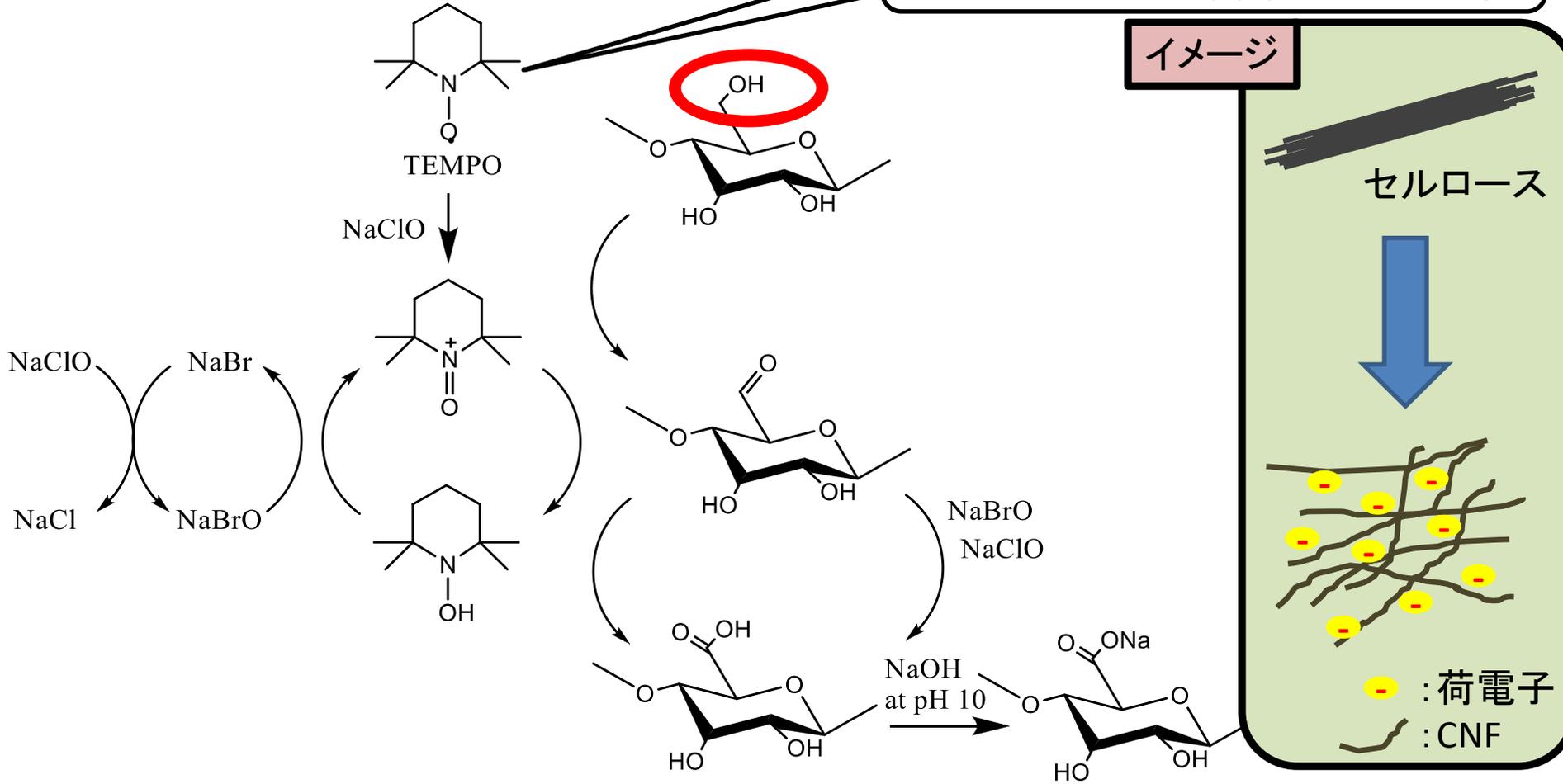


芯物質との親和性を得るためのスチレン付加

セルロースナノファイバーの調整

TEMPO酸化触媒による高分散化

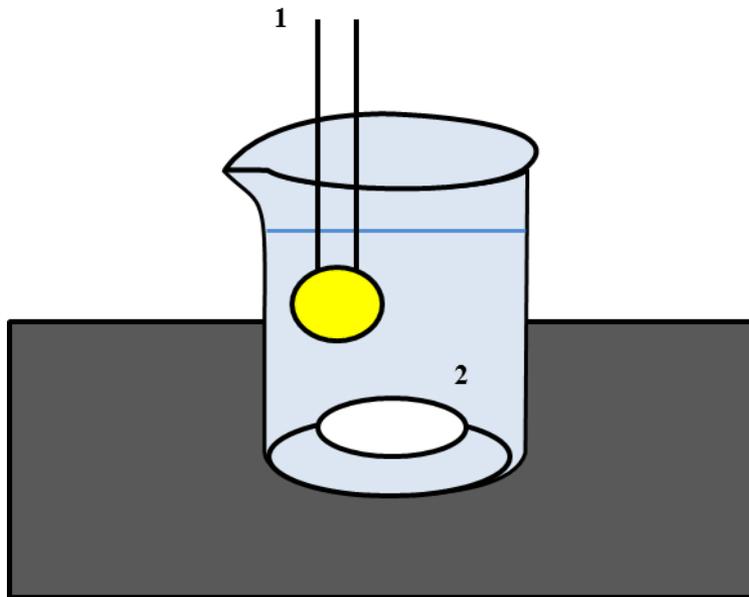
TEMPO・・・
(2,2,6,6-tetramethylpiperidine 1-oxyl)



C6位のアルコールの酸化による荷電反発を利用した高分散化

3. 実験方法

3.1 CNFの高分散化



1 pH meter
2 Stirrer

ビーカー内に

- ・CNF液標準品 : 50 mL
 - ・TEMPO : 0.008 g
 - ・臭化ナトリウム : 0.05 g
 - ・次亜塩素酸ナトリウム : 1.3 mmol/g(-cellulose)
- をそれぞれ仕込んだ。

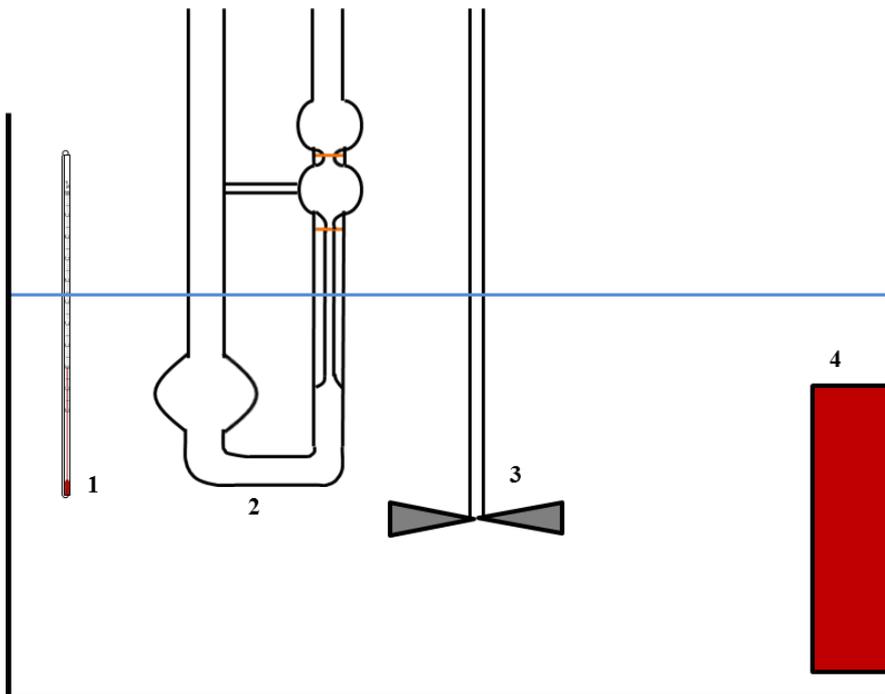
室温にしつつマグネチックスターラーで24時間攪拌した。

攪拌しているときはpHを10に保つように0.1 M水酸化ナトリウムを入れた。

実験方法

3.1 CNFの高分散化

・みかけの粘度平均分子量算出



1 Thermometer

5

2 Viscometer

3 Stirring blade

4 Heater

5 Thermostatic bath

乾燥させたCNFを所定量採り、エチレンジアミン銅(Ⅱ)溶液に溶解させた。

図のように粘度計内に仕込んだ。

粘度計の毛細管側から溶液を吸い上げ、上の標線から下の標線まで溶液が流下する時間を測定した。

測定は溶液毎に3回ずつ行った。

実験結果

CNFの高分散化

・流下時間測定結果

CNF標準品

質量[g]	降下時間t[s]					濃度C[g/mL]	
0.0053	13.51	13.48	13.52	av:	13.50333	C1:	0.000353
0.0106	15.07	15.09	15.07	av:	15.07667	C2:	0.000707
0.0157	16.61	16.6	16.6	av:	16.60333	C3:	0.001047

TEMPO処理CNF



流下時間の減少

質量[g]	降下時間t'[s]					濃度C'[g/mL]	
0.0056	12.6	12.6	12.54	av:	12.58	C'1:	0.000373
0.0156	12.76	12.78	12.76	av:	12.76667	C'2:	0.00104
0.0357	13.14	13.13	13.16	av:	13.14333	C'3:	0.00238

エチレンジアミン銅(II)溶液のみ

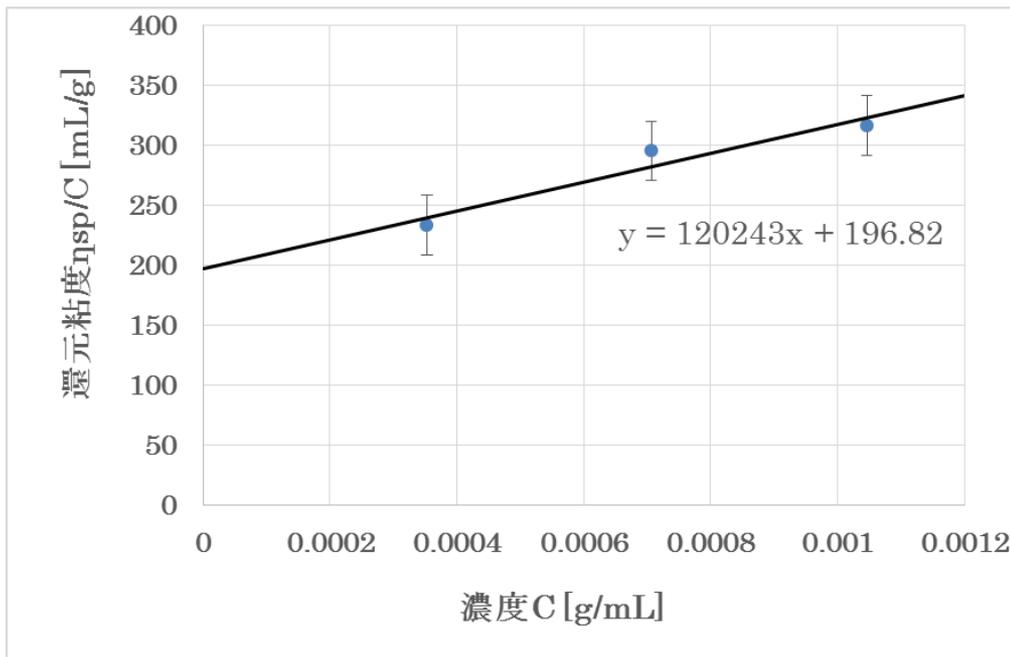
降下時間t0[s]				
12.5	12.45	12.48	av:	12.47667

実験結果

CNFの高分散化

- ・みかけの粘度平均分子量 M_v 算出(CNF標準品)

	濃度C [g/mL]	相対粘度 η_r (=t/t ₀)	比粘度 η_{sp} (= η_r-1)	還元粘度 η_{sp}/C [mL/g]
C1:	0.000353	1.082287	0.082287	232.88755
C2:	0.000707	1.208389	0.208389	294.89008
C3:	0.001047	1.330751	0.330751	316.00389



固有粘度 $[\eta] = 196.82$ mL/g

$[\eta] = 1.67(M_v/162)^{0.71}$

より、

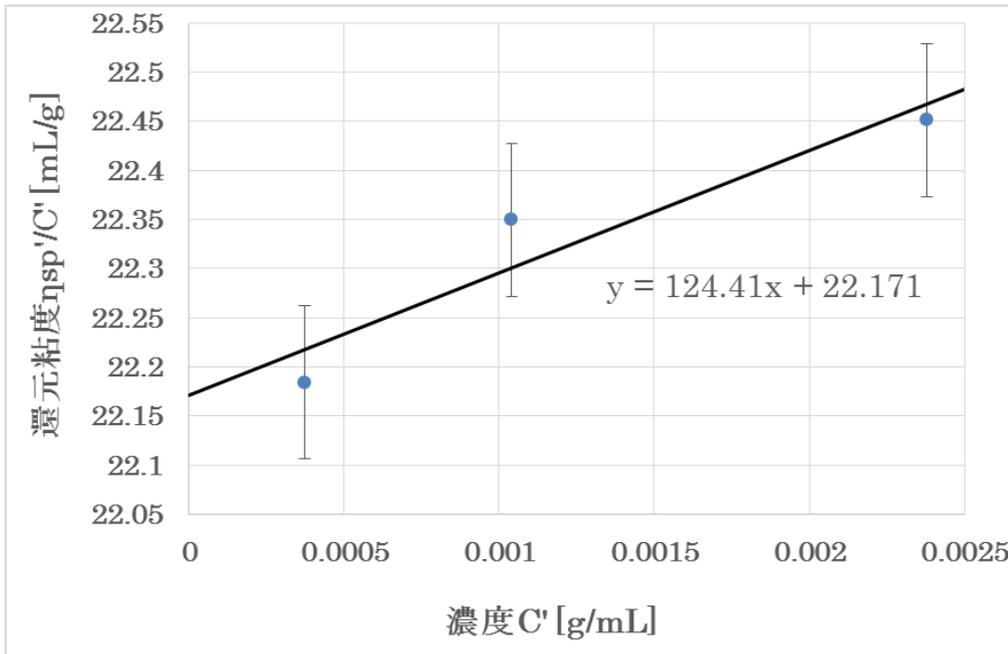
$M_v = 134000$

実験結果

CNFの高分散化

- ・みかけの粘度平均分子量 Mv' 算出 (TEMPO処理CNF)

	濃度 C' [g/mL]	相対粘度 η_r' (= t'/t_0)	比粘度 η_{sp}' (= $\eta_r' - 1$)	還元粘度 η_{sp}'/C' [mL/g]
C'1:	0.000373	1.008282	0.008282	22.184268
C'2:	0.00104	1.023243	0.023243	22.349411
C'3:	0.00238	1.053433	0.053433	22.450872



固有粘度 $[\eta]' = 22.171$ mL/g

$$[\eta] = 1.67(Mv'/162)^{0.71}$$

より、

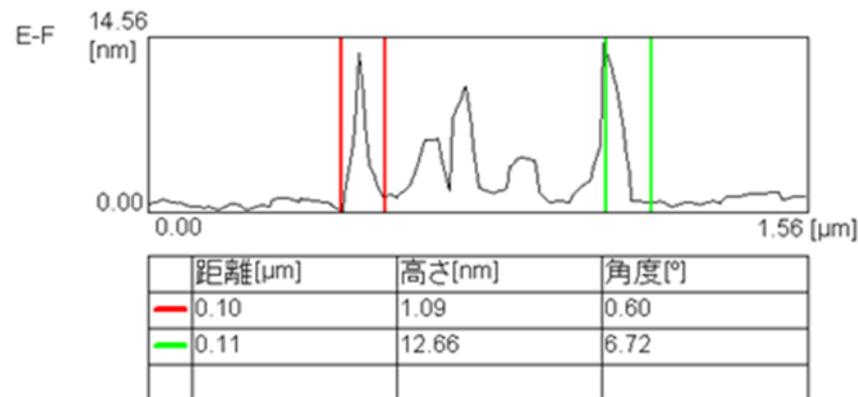
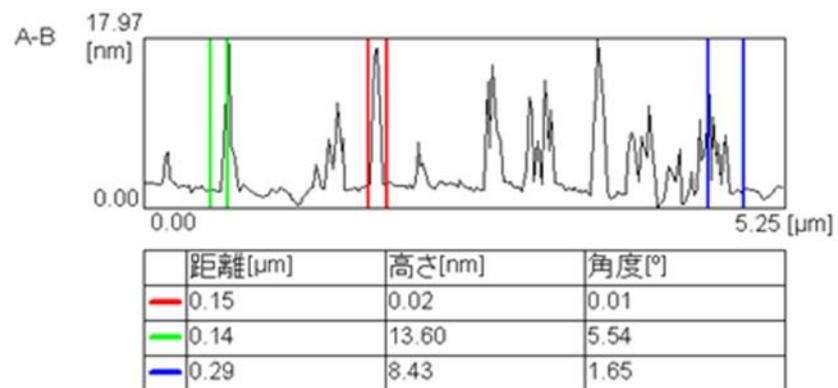
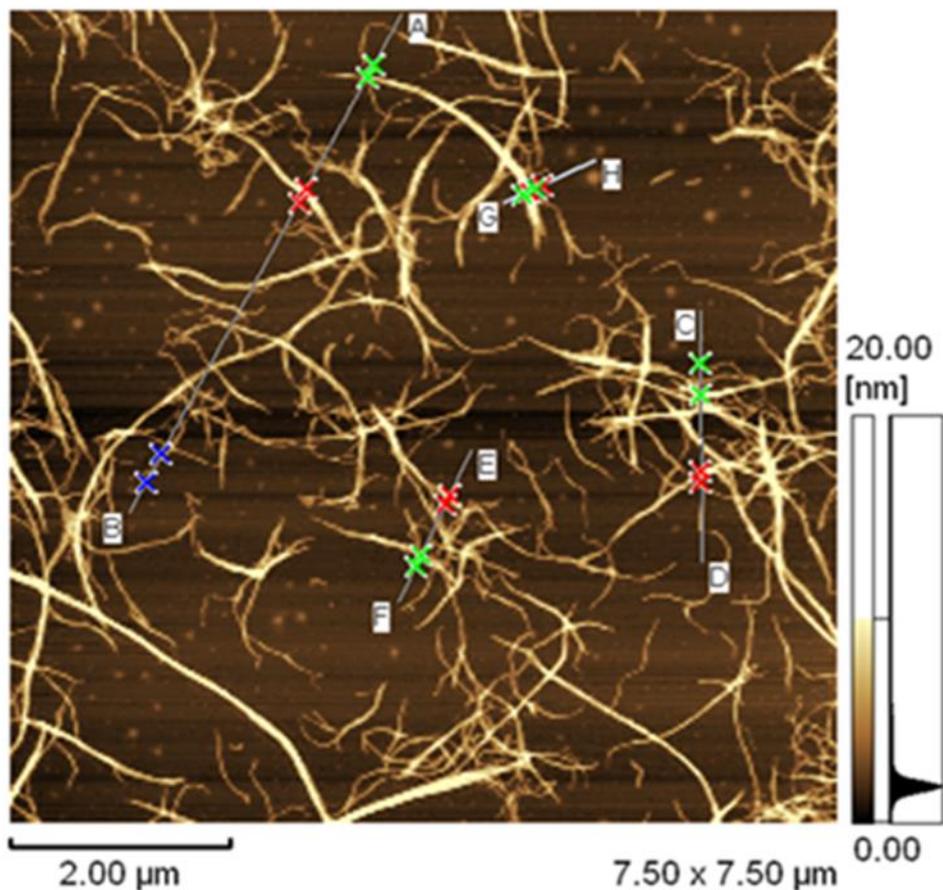
$Mv' = 6190$

$$\frac{Mv'}{Mv} = \frac{6190}{134000} = 0.046$$

CNFの高分散化

- ・原子間力顕微鏡 (AFM) で測定した結果

CNF (TEMPO処理後)

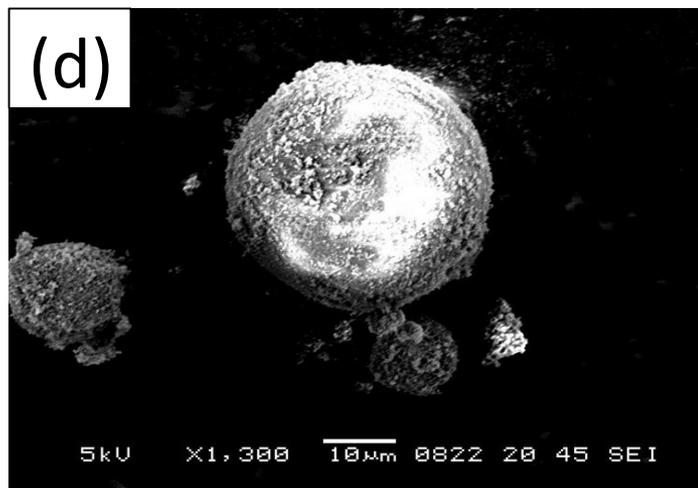
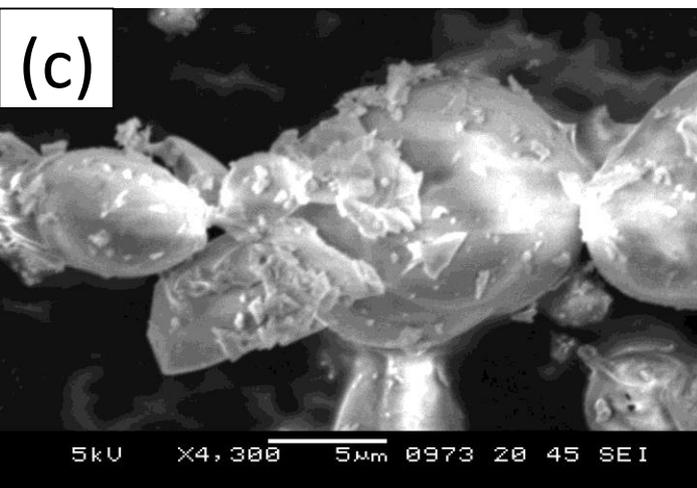
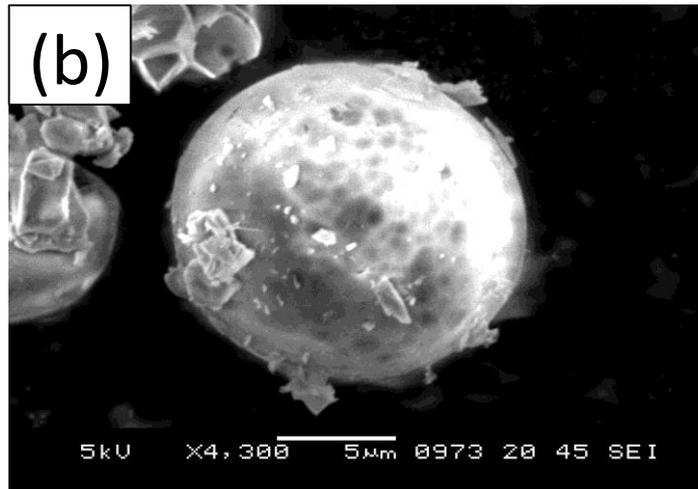
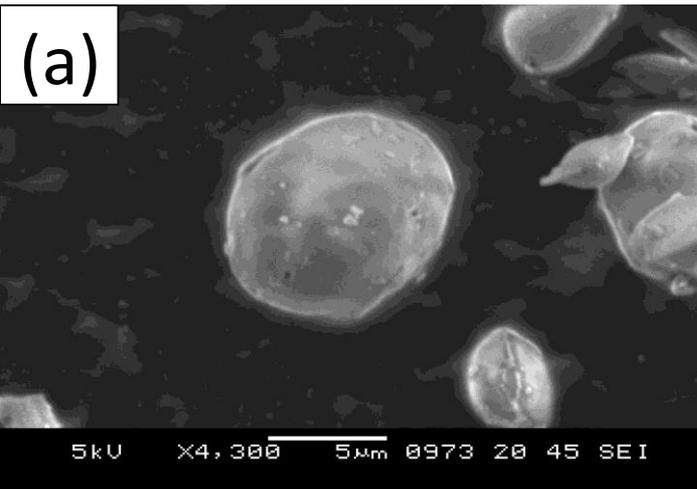


走査範囲: 7.5 μm

実験結果

4.3 マイクロカプセル化

・走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた比較



(a) シリカバルーンのみ

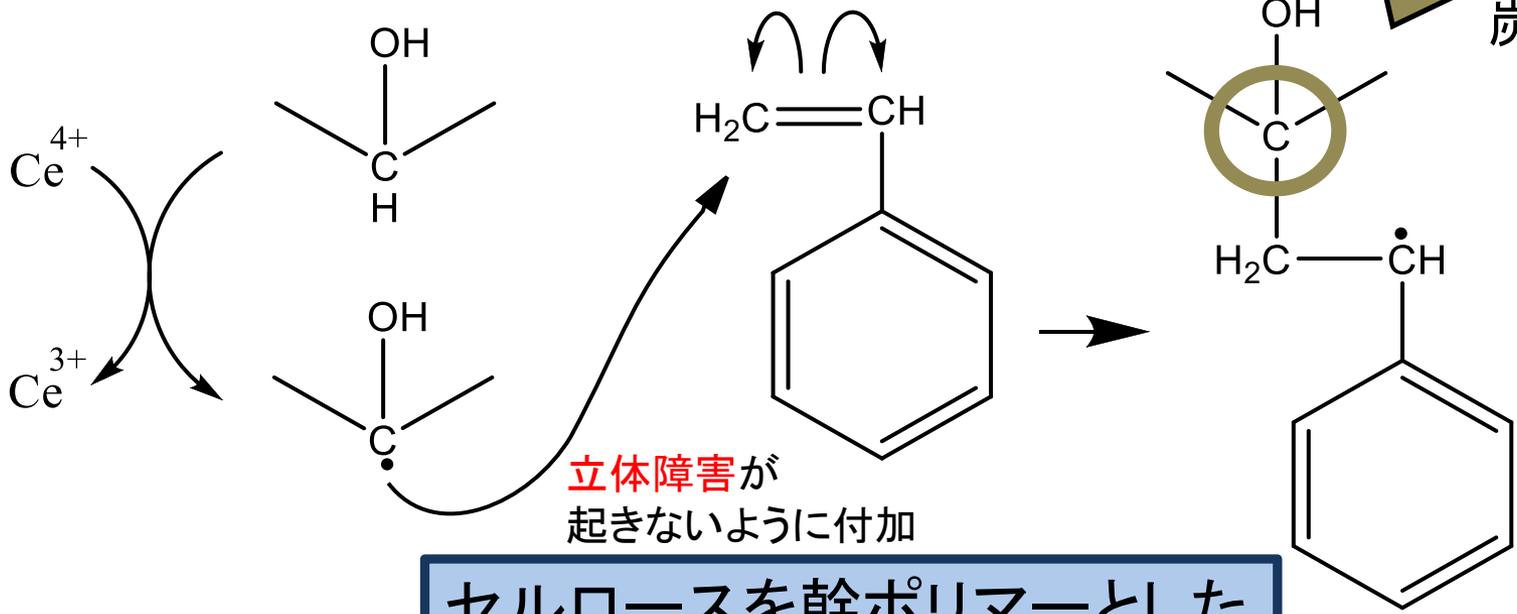
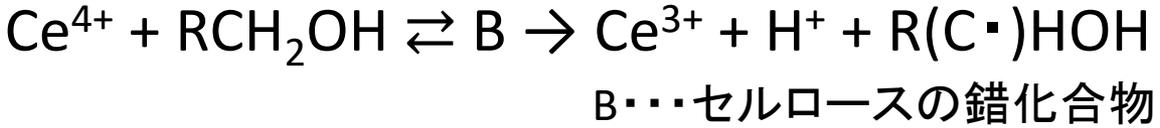
(b) シリカ-CNF

(c) シリカ-CNF-スチレン

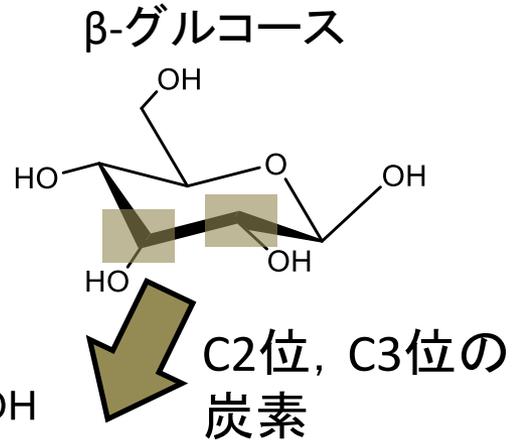
(d) シリカ-CNF-スチレン
(高分散化)

スチレン付加の原理

セリウム(IV)塩の反応式

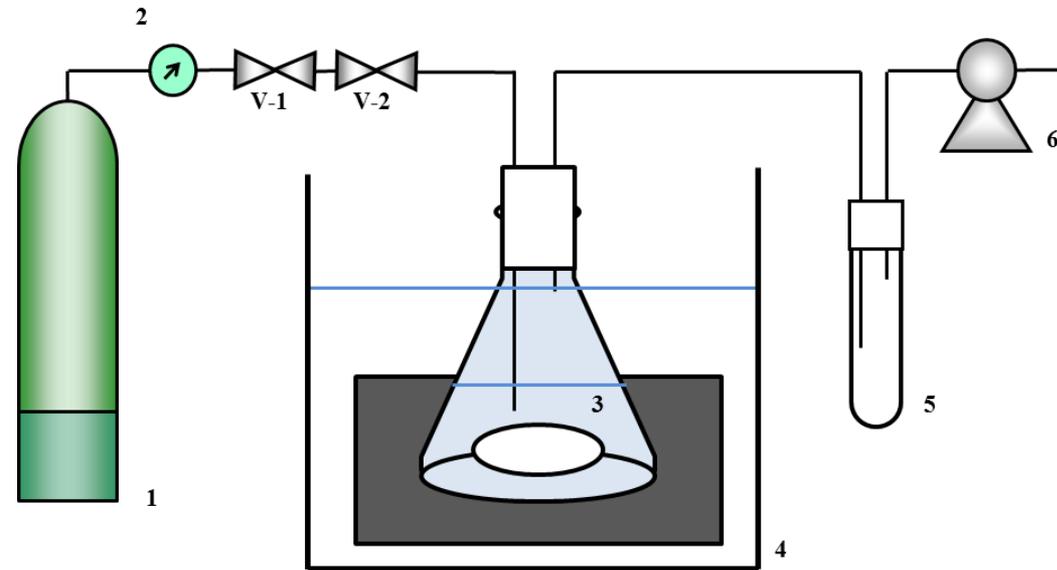


セルロースを幹ポリマーとした
グラフト重合物



セルロースナノファイバーの化学修飾実験

CNFのスチレン付加



- 1 Gas cylinder
- 2 Pressure gauge
- 3 Stirrer
- 4 Thermostatic bath
- 5 Trap
- 6 Pump
- V-1,V-2 Stop valve

三角フラスコ内に

- ・CNF液：約1 mL
 - ・スチレン，モノマー：10 mL
 - ・硝酸ニアンモニウムセリウム(IV)：2.8 mmol/L
- をそれぞれ仕込んだ。

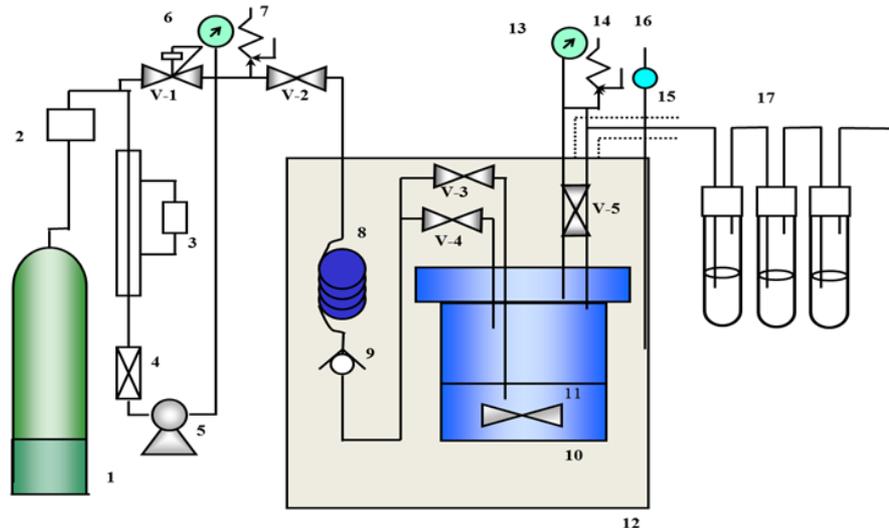
ガスボンベからフラスコ内に窒素を送液し、フラスコ内空気を窒素と置換した。

マグネチックスターラーの攪拌をしながら50°Cで反応させた。

フラスコ内固体相を分離後、エタノールを充填した。
(T-CNFの組成は、0.65%)

マイクロカプセル化実験

マイクロカプセル化



- 1 Gas cylinder
- 2 Dryer
- 3 Cooling system
- 4 Filter
- 5 Pump
- 6 Pressure gauge
- 7 Safety valve
- 8 Preheating piping
- 9 Stopper
- 10 High-pressure cell
- 11 Stirrer
- 12 Thermostatic bath
- 13 Pressure gauge
- 14 Safety valve
- 15 Heater
- 16 Thermometer
- 17 Trap
- V-1 Back pressure valve
- V-2 ~ V-5 Stop valve

10の高圧セル内に
・シリカバルーン: 0.010 g
・CNF液: 2.5 mL
(・ポリ乳酸添加の有無)
・エタノール: 2.5 mL
をそれぞれ仕込んだ。

ガスボンベからセル内に
二酸化炭素を送液し、セル内を
超臨界状態とした。

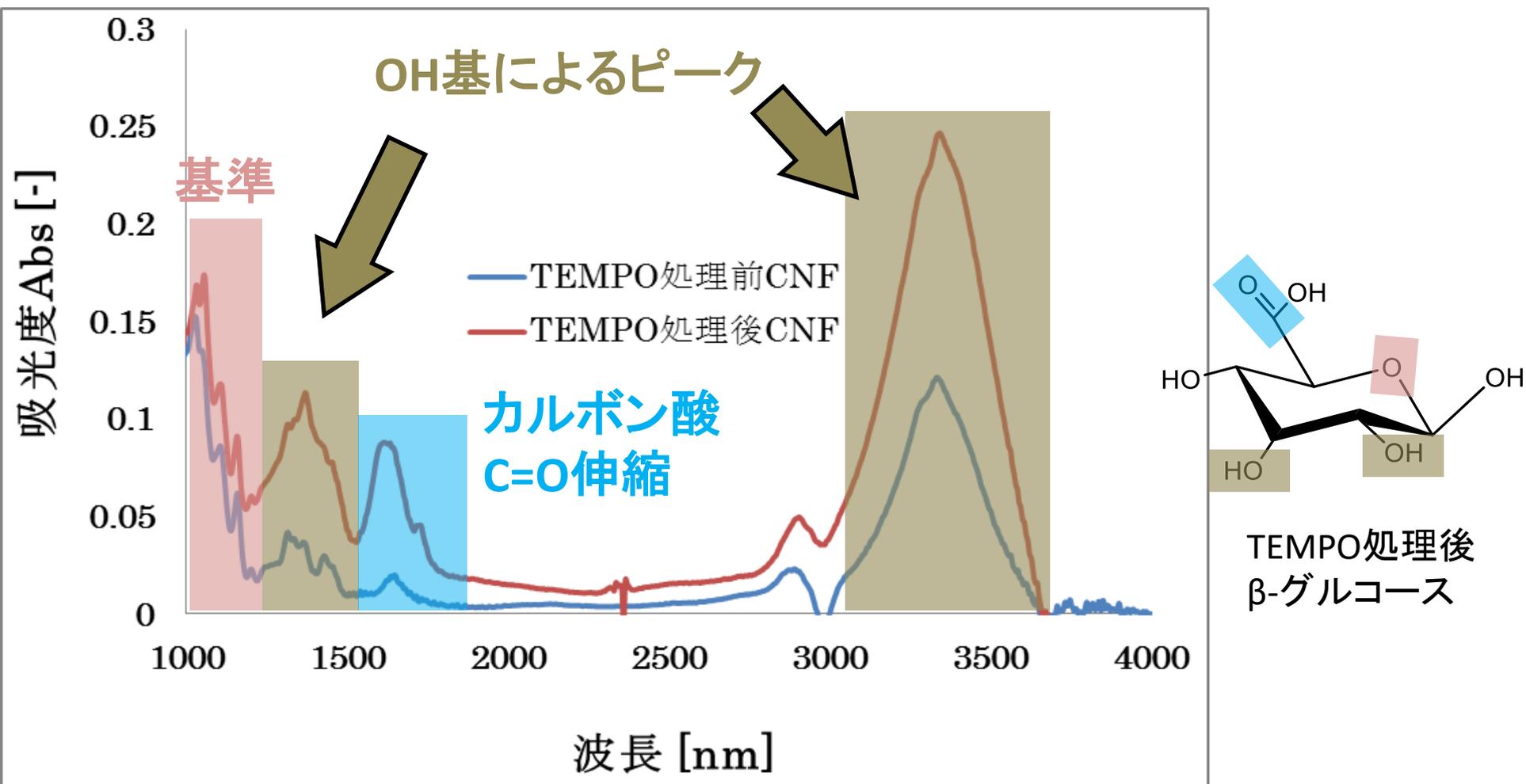
そのままマグネチックスターラーの
攪拌を1時間行った。

0.067 MPa/minで減圧し、セル内の
微粒子を回収した。

実験結果

CNFの高分散化

- ・フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を用いて測定した結果



実験結果

CNFのスチレン付加

・反応物重量での検討

	採取量(乾燥重量)[g]	触媒量[g]	フラスコ内固体質量[g]
CNF	0.0106	0.0155	0.023
TEMPO処理CNF	0.0105	0.0156	0.029

重量増加率

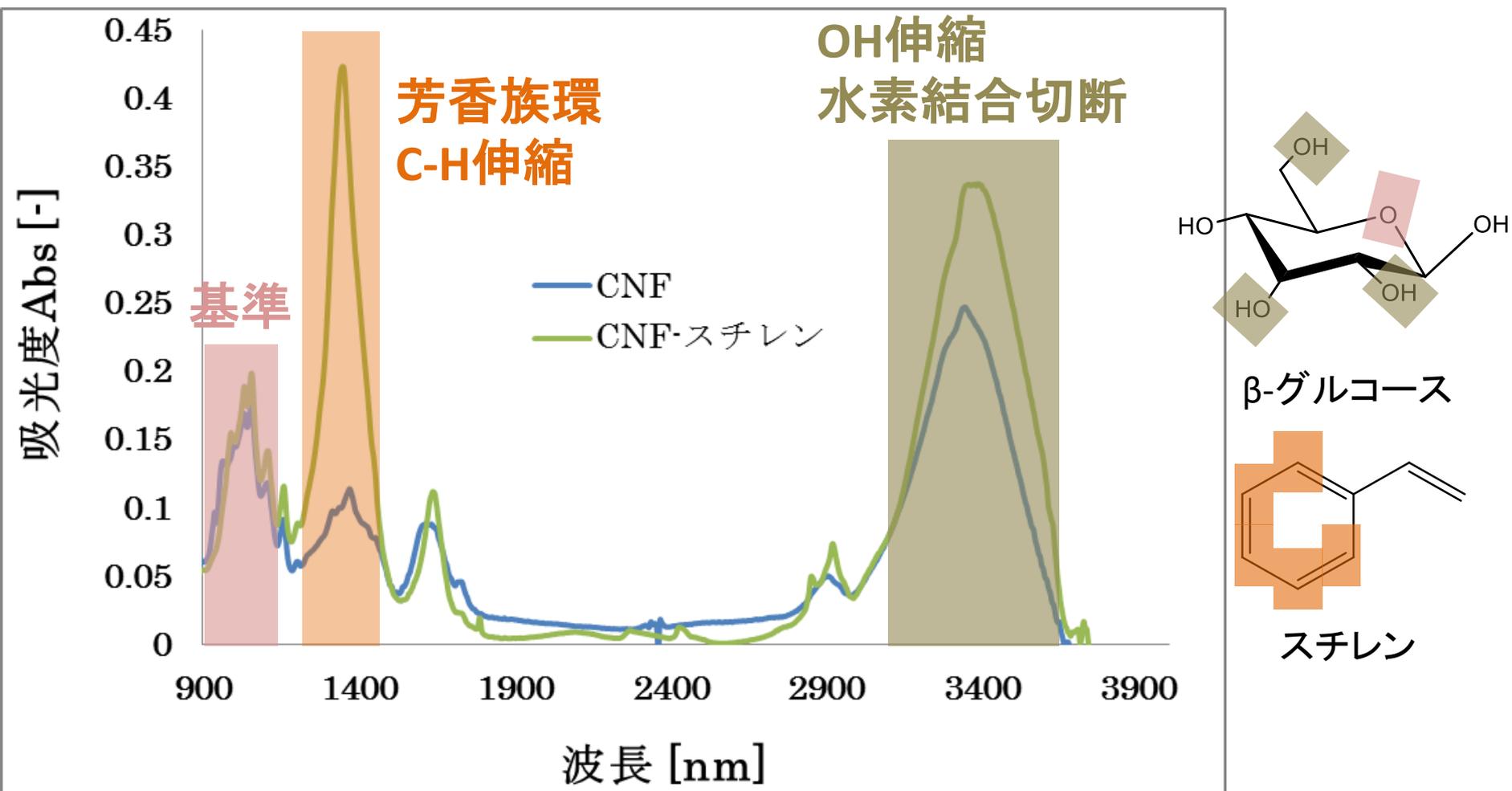
$$\frac{\text{反応後全固体質量} - \text{反応前セルロース質量}}{\text{反応前セルロース質量}} \times 100 + 100(\%)$$

	重量増加率 [%]	セルロース1 molあたりのスチレン付加量 [g]
CNF	217.0	189.5 (1.82 mol)
TEMPO処理CNF	276.2	285.4 (2.74 mol)

実験結果

CNFのスチレン付加

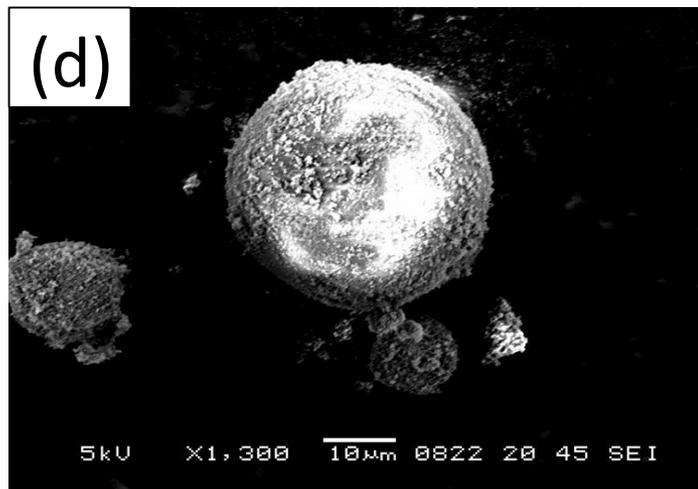
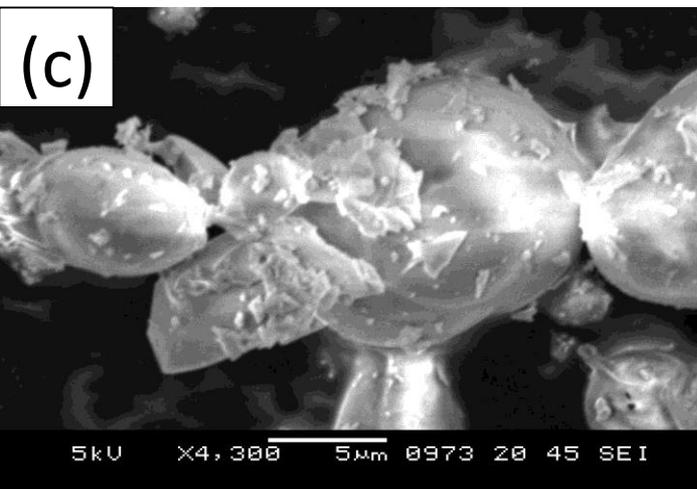
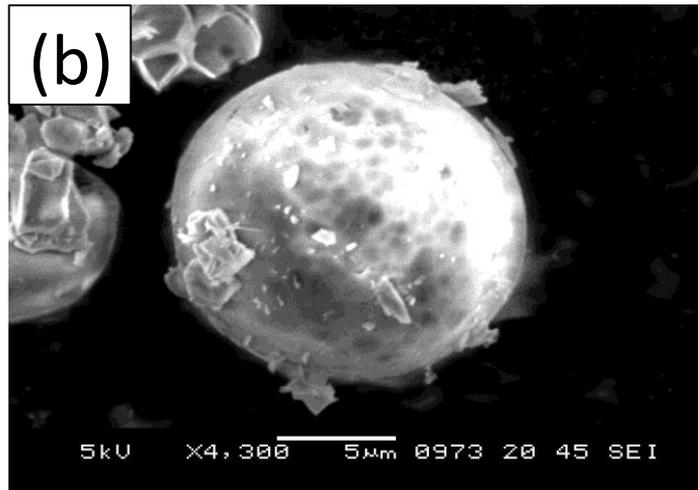
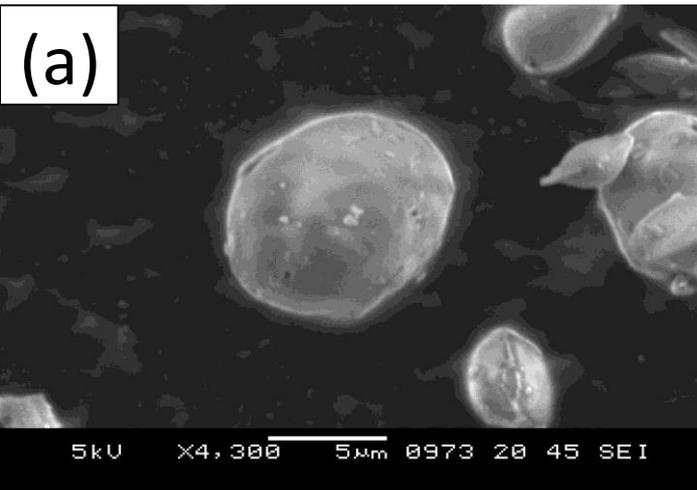
- ・フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を用いて測定した結果



コーティング結果

マイクロカプセル化

・走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた比較



(a) シリカバルーンのみ

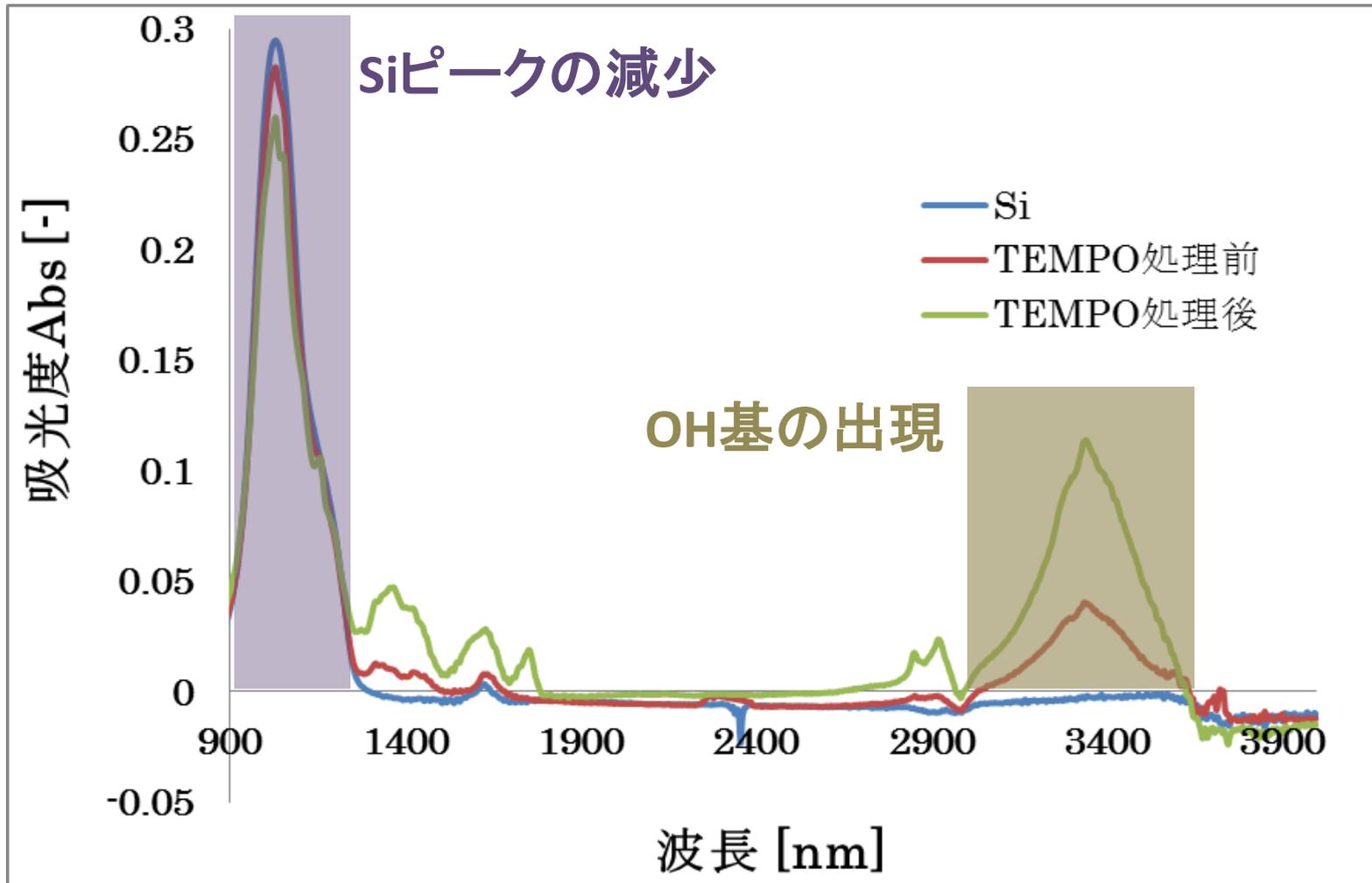
(b) シリカ-CNF

(c) シリカ-CNF-スチレン

(d) シリカ-CNF-スチレン
(高分散化)

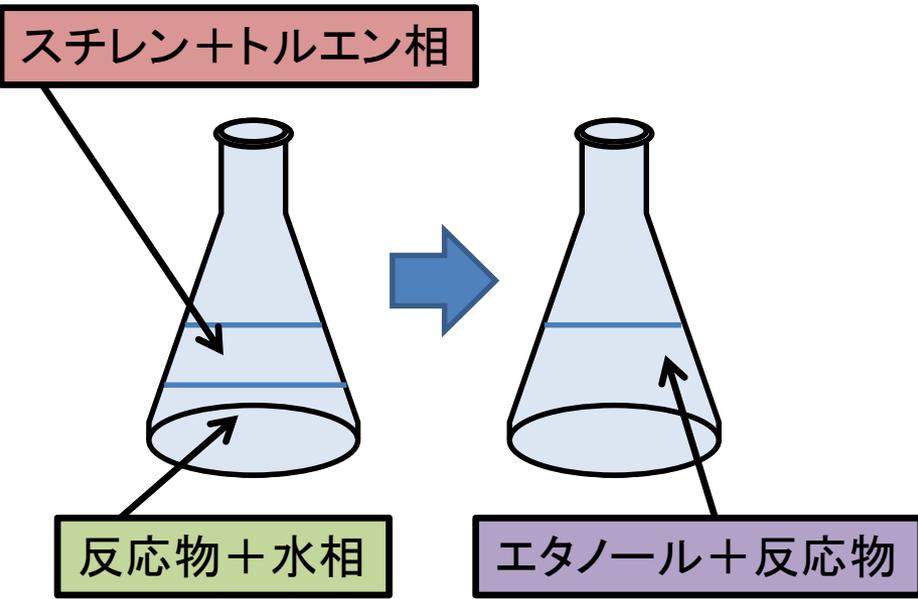
4.3 マイクロカプセル化

- ・フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を用いて測定した結果



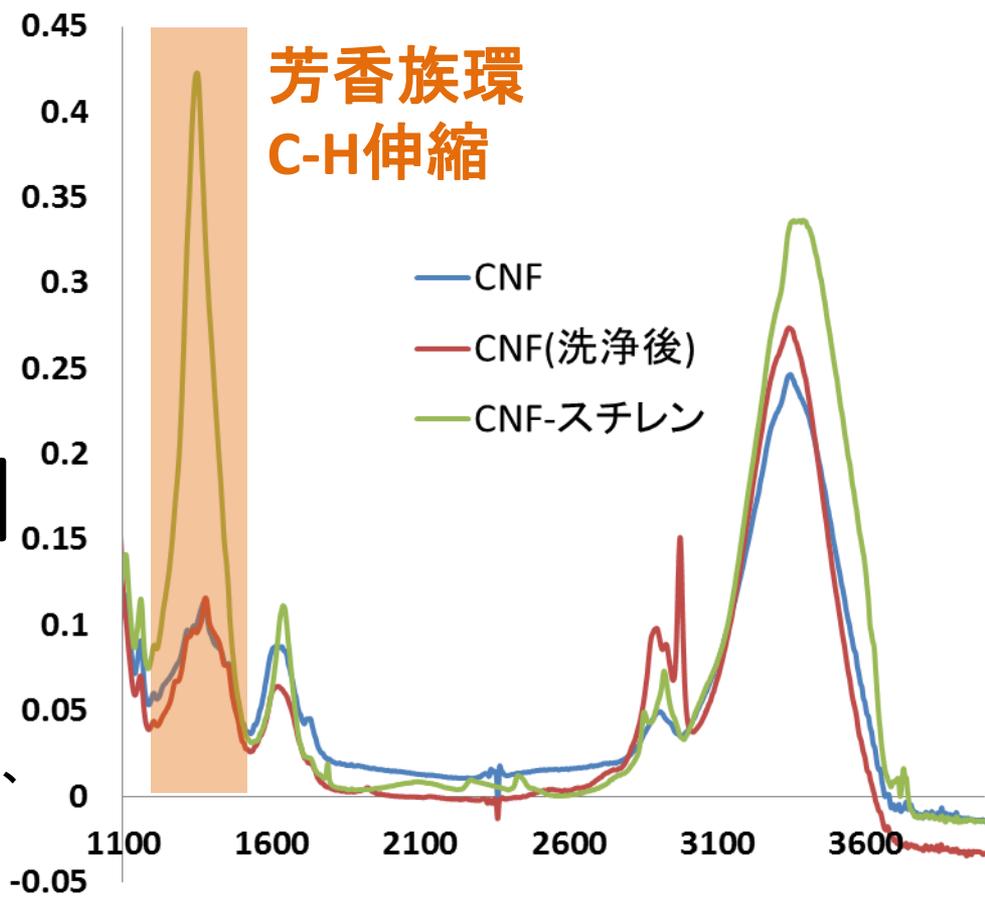
4.2 CNFのスチレン付加

・CNF-スチレン内の未反応スチレンについて



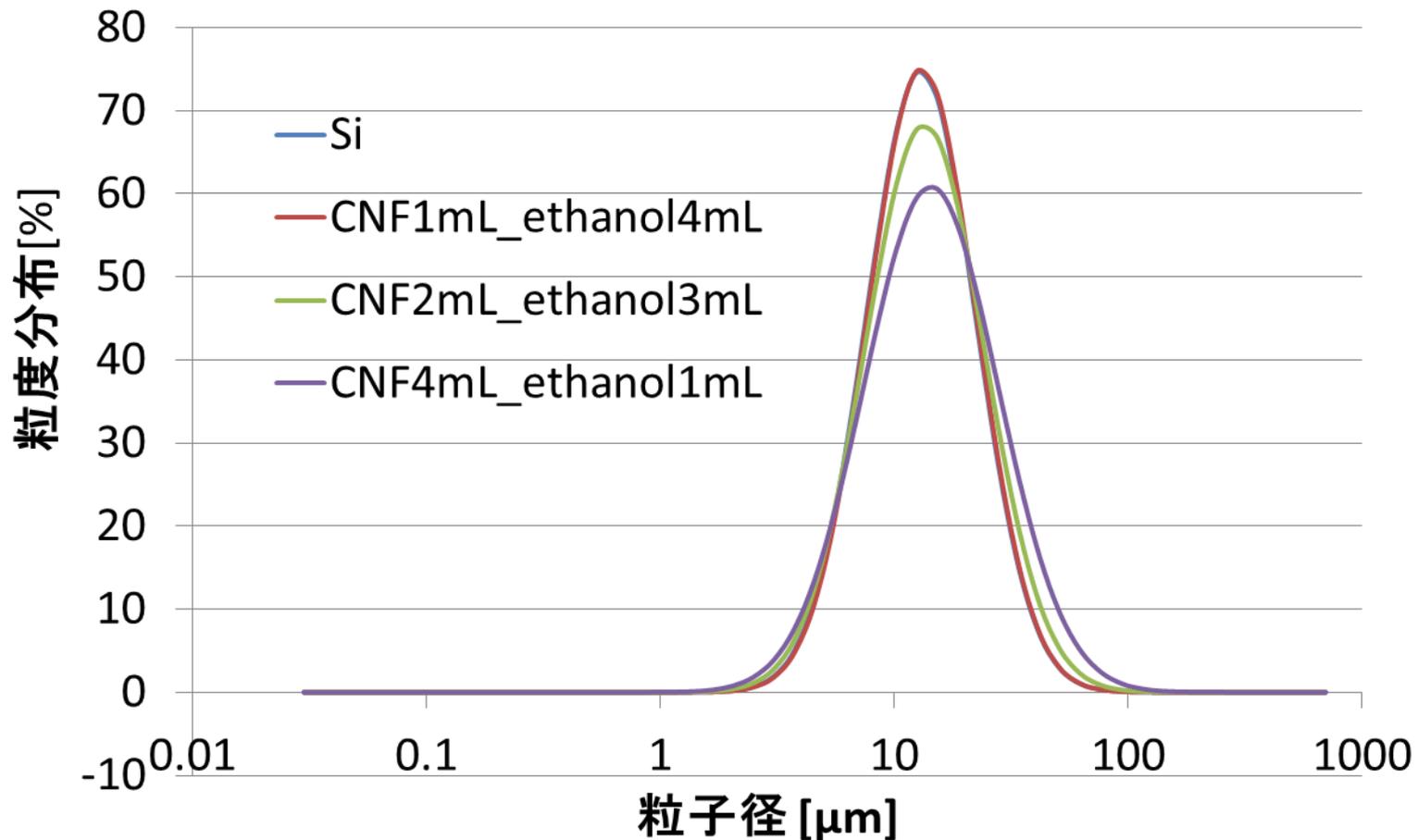
3.2 CNFのスチレン付加において、フラスコ内の未反応スチレンはトルエン相に溶かし、二相分配させた後分離、その後エタノール・アセトン洗浄を3回繰り返したため、ほとんど残っていないと考えられる。

FT-IRで測定したそれぞれCNFの比較



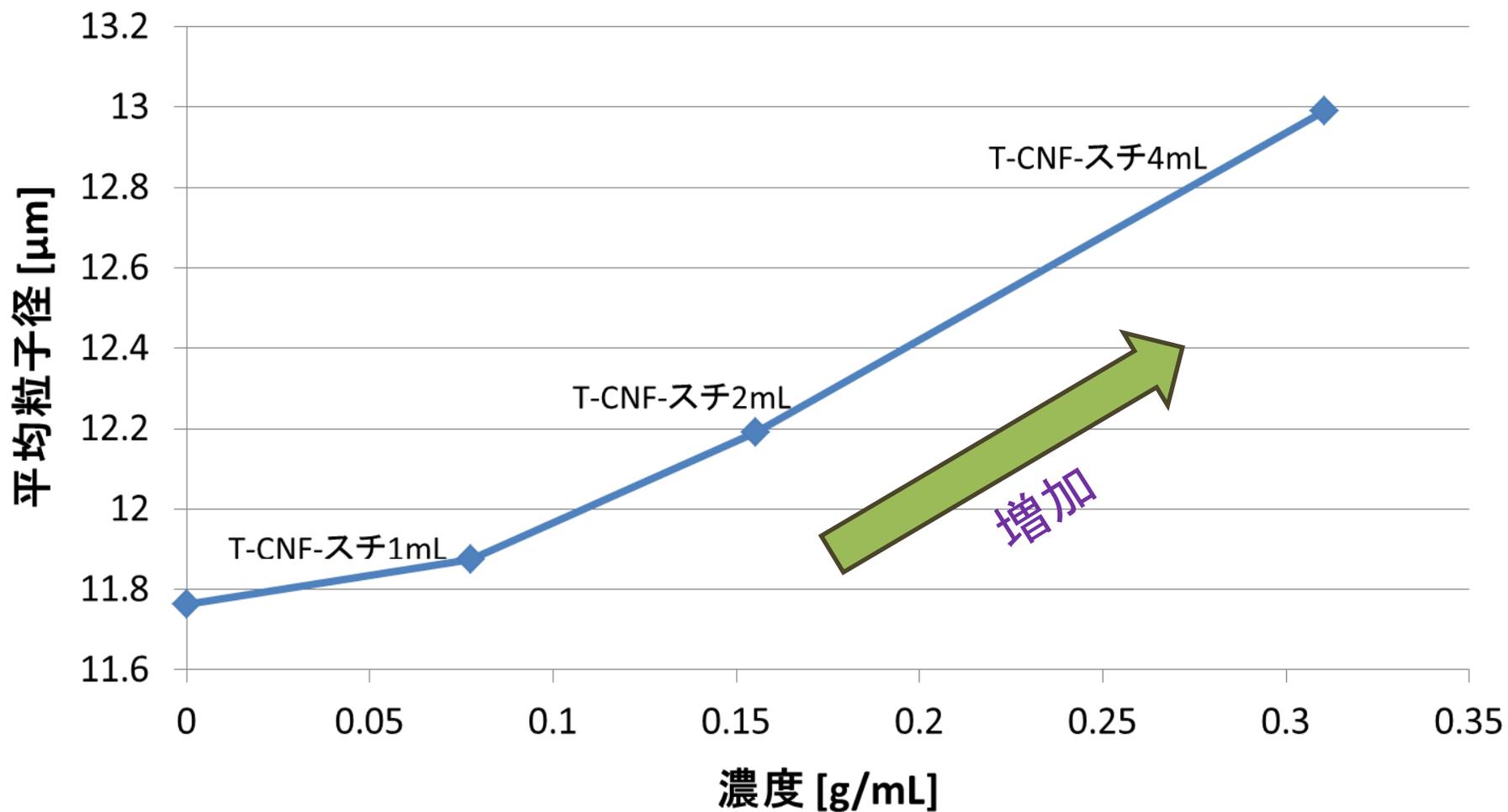
4.3 マイクロカプセル化

- SALD-2000で平均粒子径を測定した結果



4.3 マイクロカプセル化

- ・SALD-2000で平均粒子径を測定した結果(濃度依存)



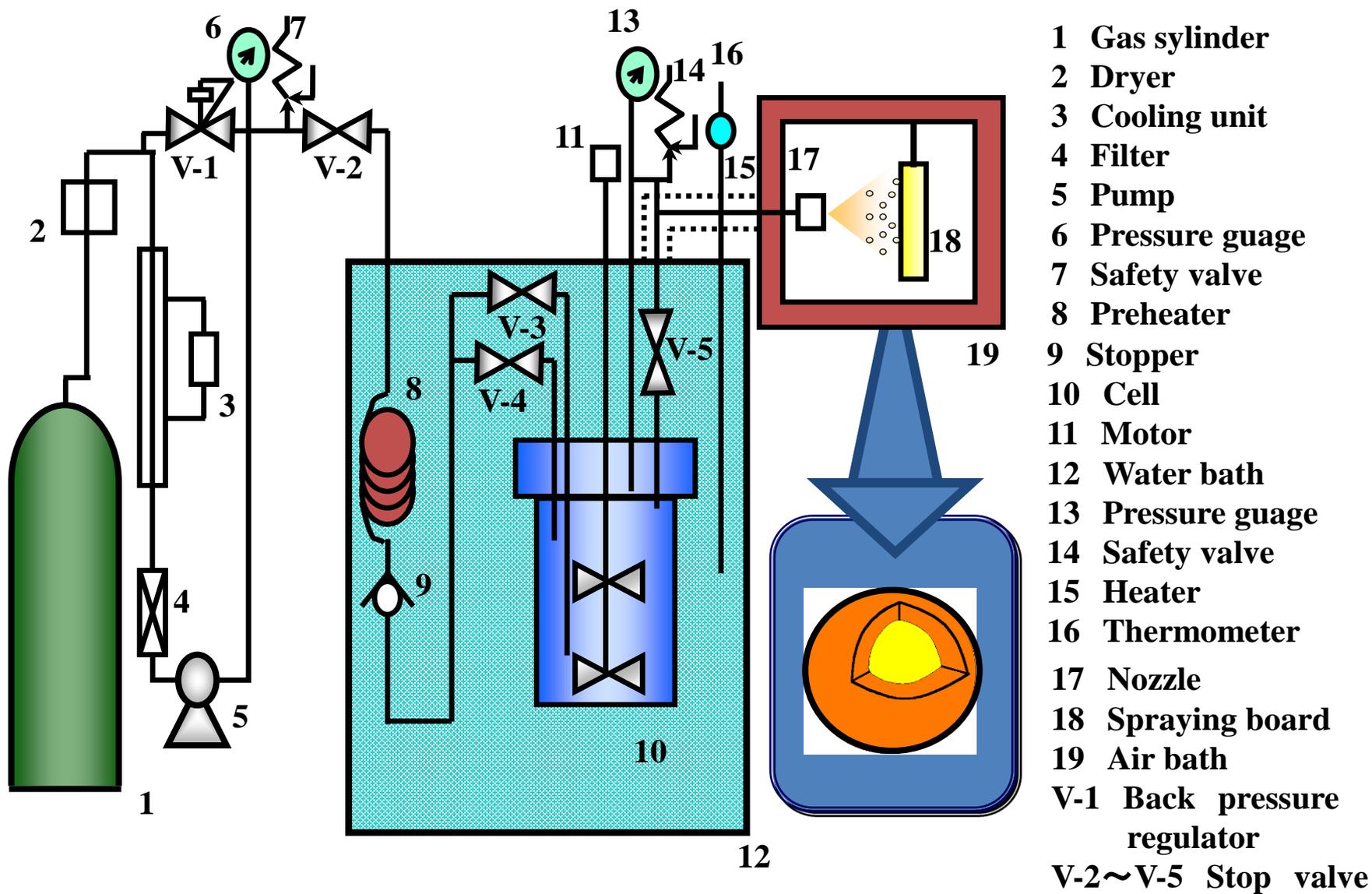
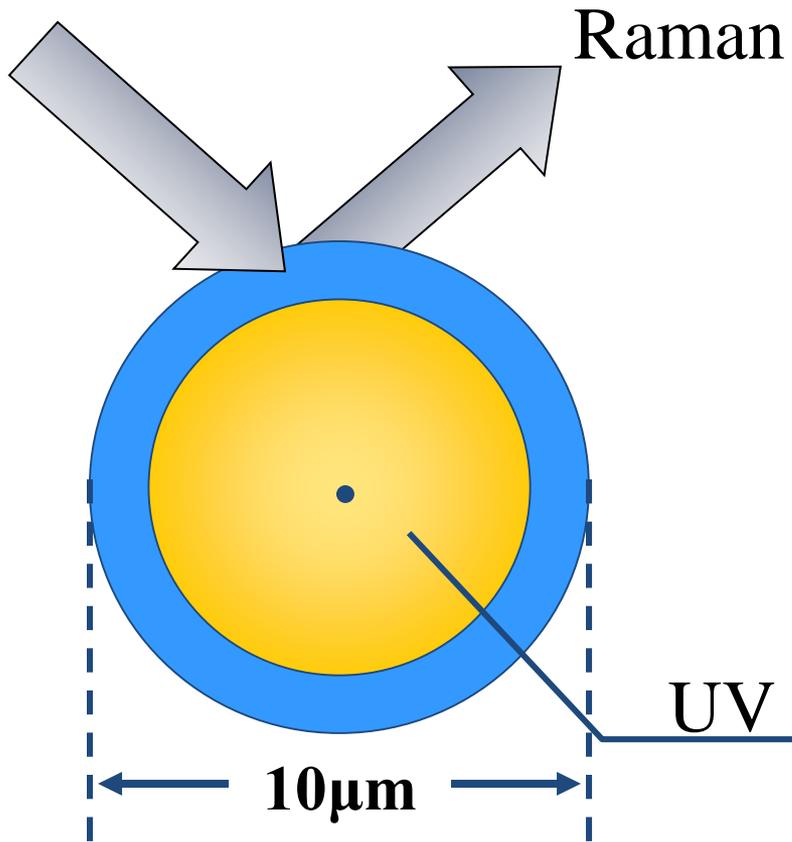


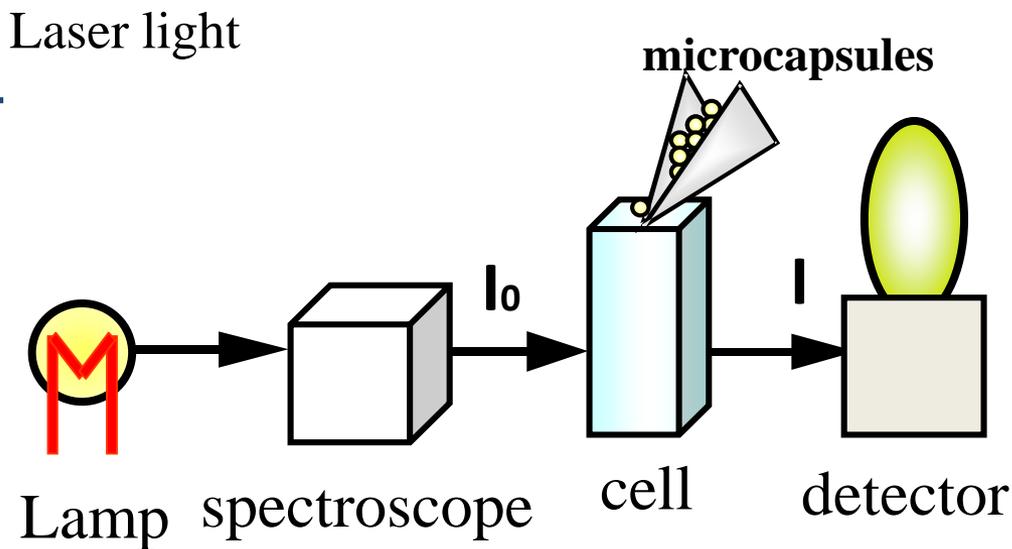
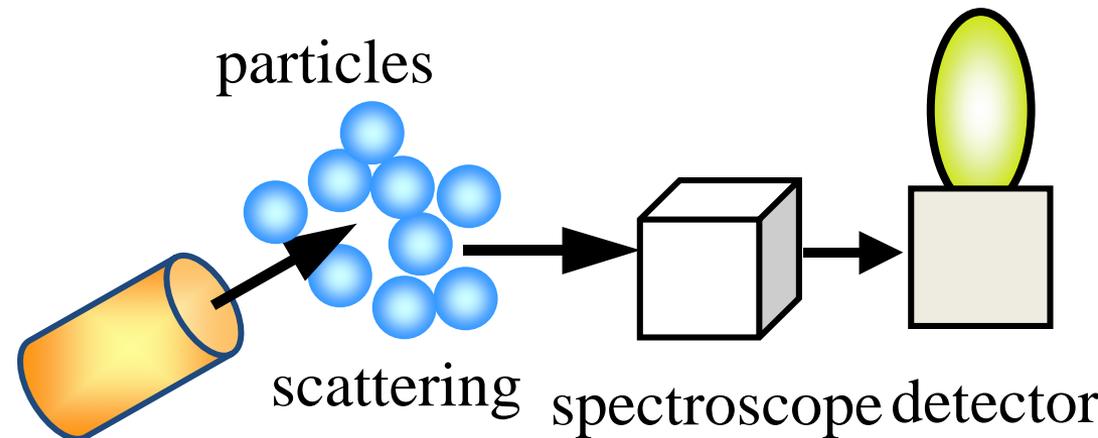
Fig. Schematic diagram of experimental apparatus

Evolution of Efficiency of Microencapsulation



To confirm the compositions of particles were dissolved in methanol and UV was measured

To investigate the surface structure of obtained polymeric microspheres



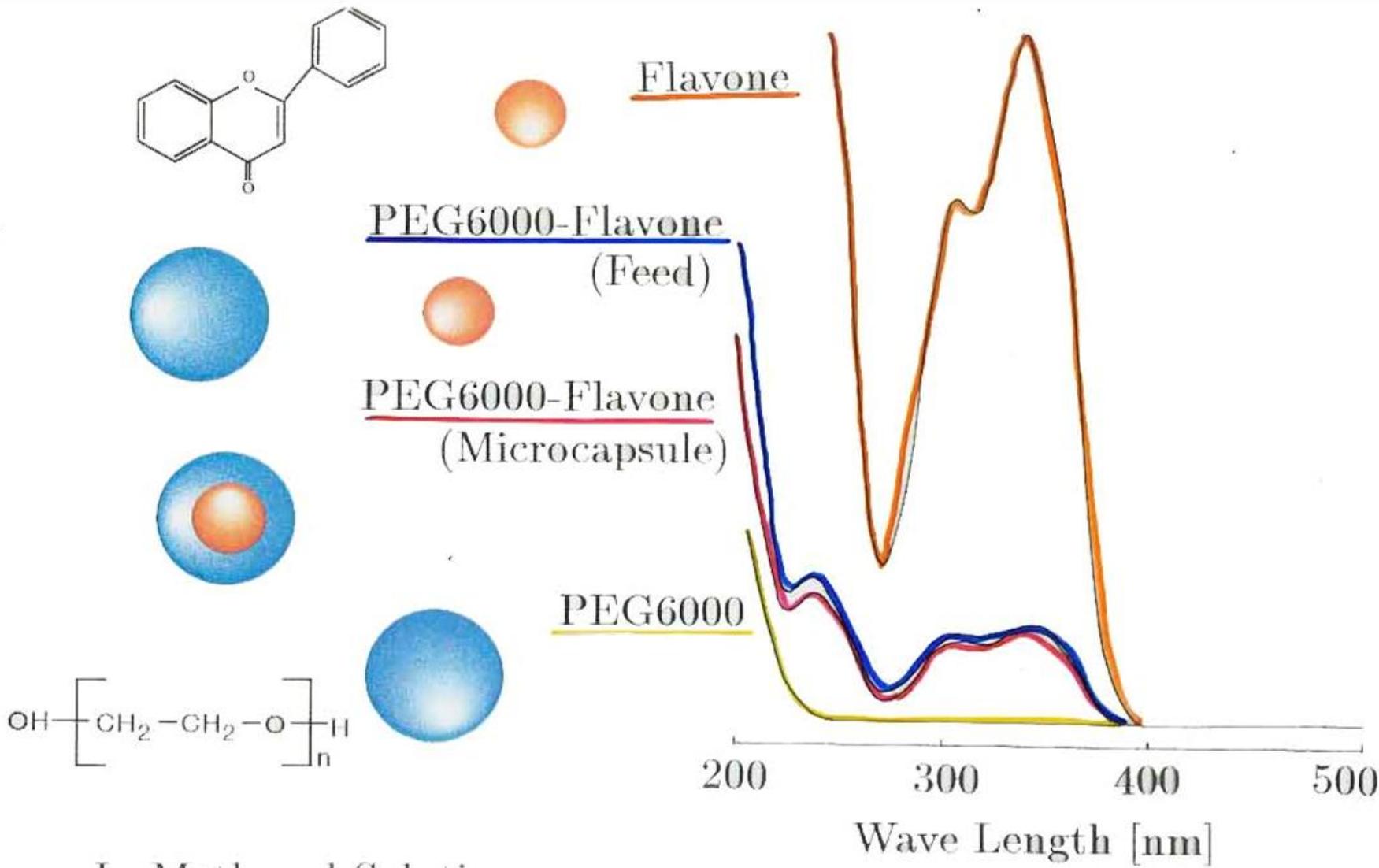


Fig. UV spectra of microcapsules

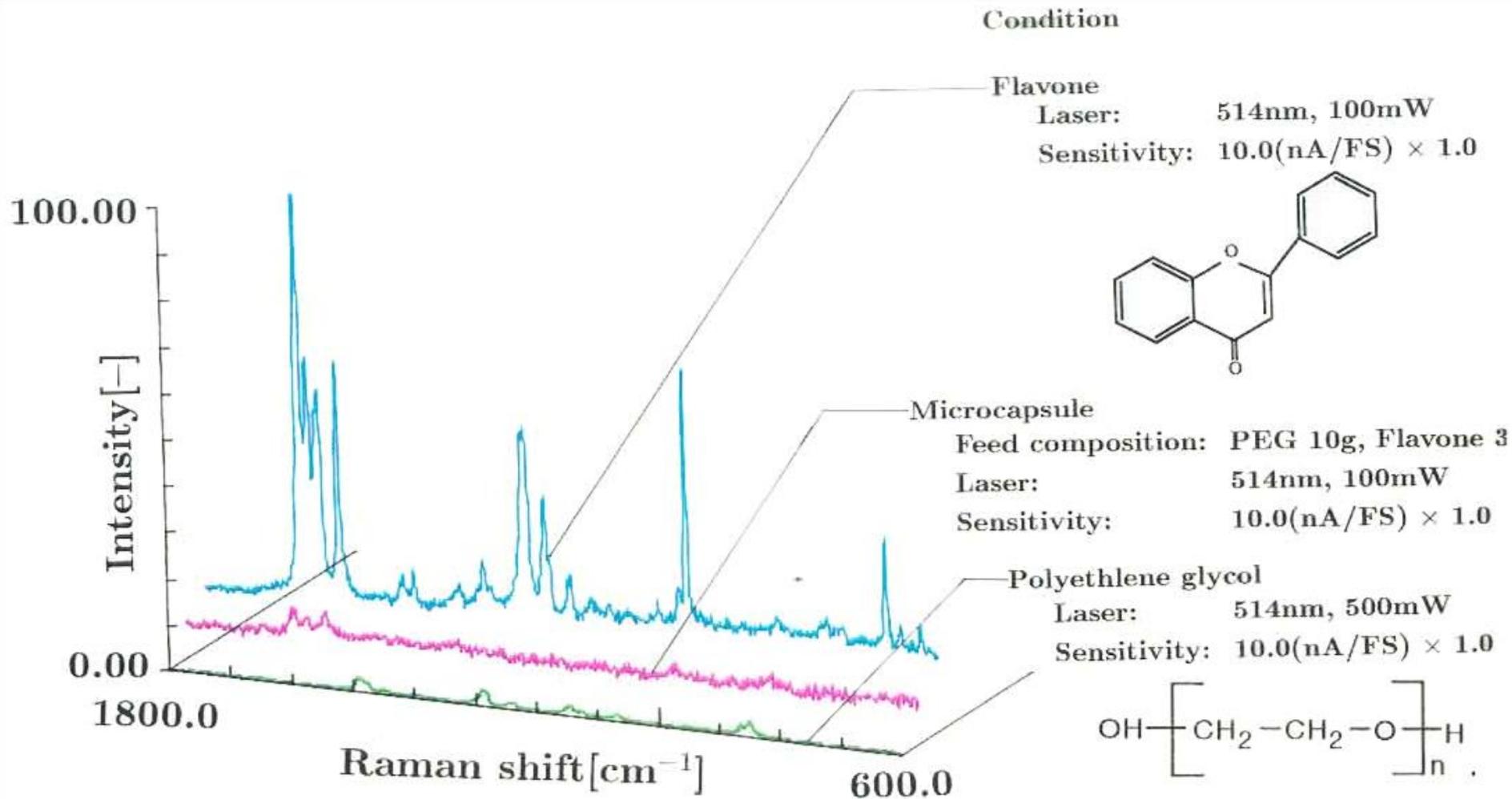
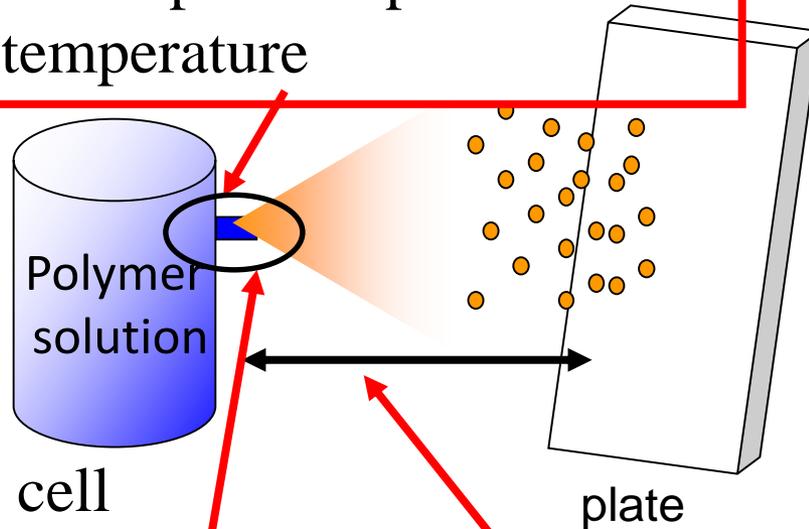


Fig. Raman spectra of microcapsules

Effect of particle size and distribution on the operating conditions.

Feed compositions
(polymer, cosolvent)

Pre-expansion pressure and
temperature



Injection distance

Type of nozzle

Examination factor

- pre-expansion temperature and pressure
- cosolvent
- polymer concentration
- cosolvent concentration
- injection distance
- type of nozzle

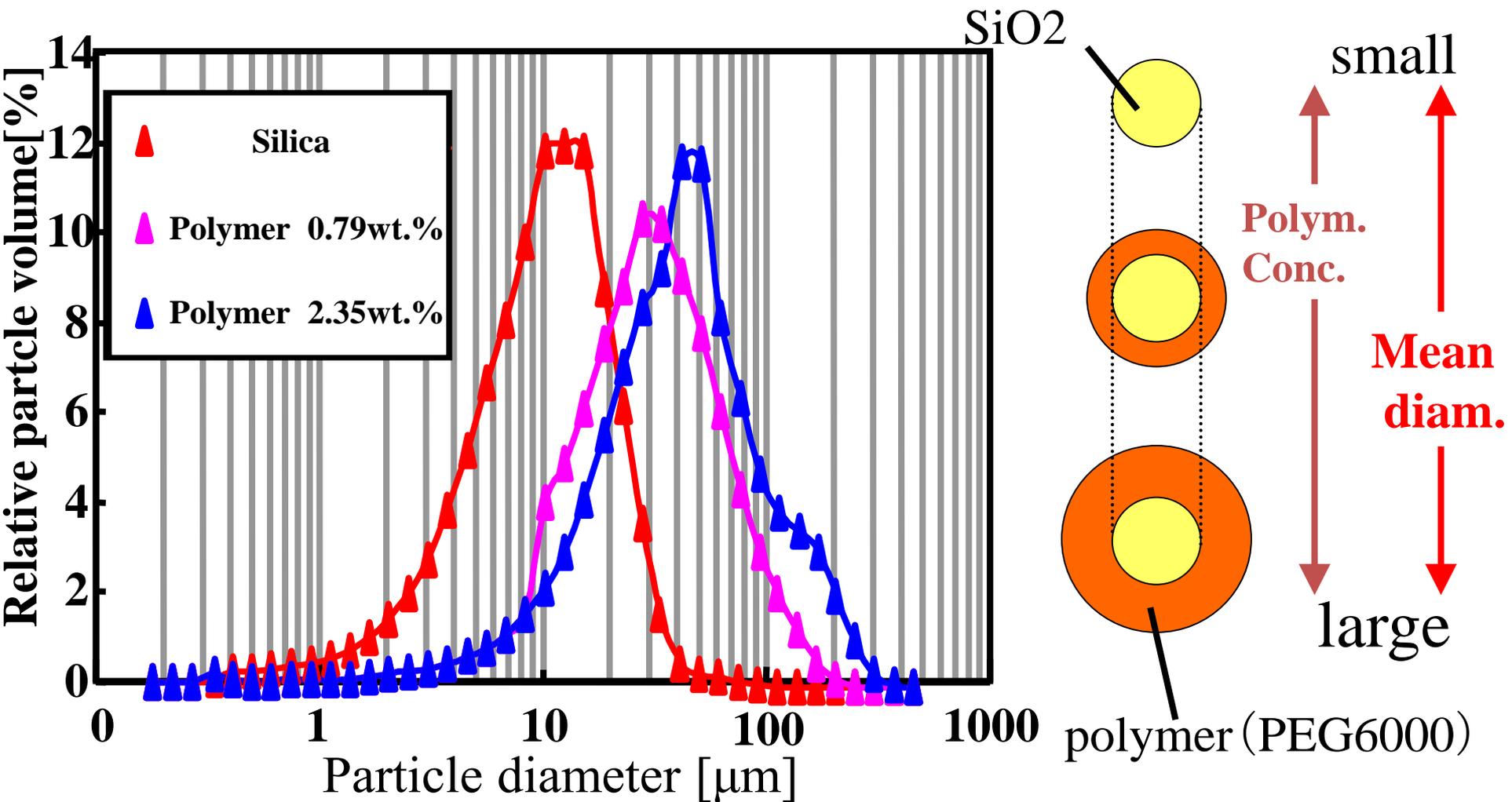


Fig. Effect of polymer concentration on mean particle diameter
 Core material : Silica balloon , Coating material : PEG6000

Effect of polymer concentration

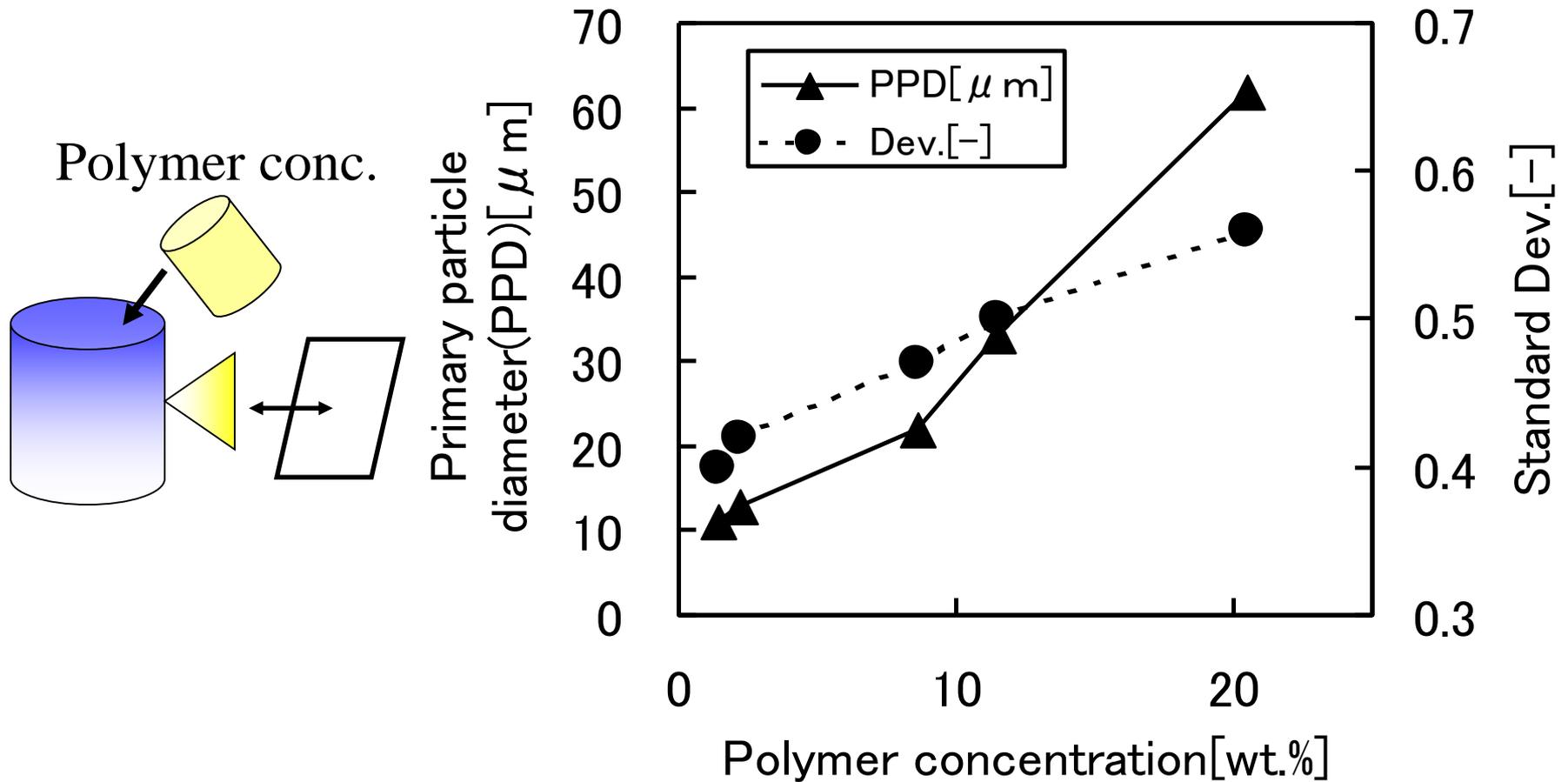
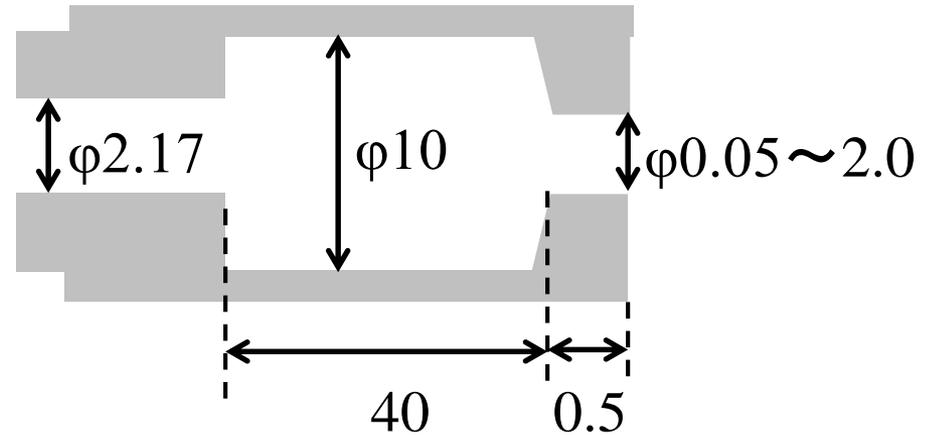


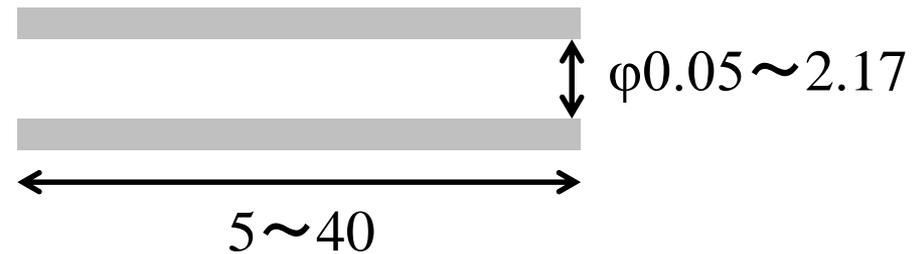
Fig. Influence of polymer concentration on particle size distribution of PEG6000 microspheres by PPSG under the pre-expansion conditions, temperature: 308 K, pressure: 20 MPa, cosolvent(ethanol): 28.2 wt. %.

Configuration of nozzle

Orifice nozzle



Capillary nozzle



Cross section

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来の**有害液体溶媒**を用いる技術の問題点であったナノ界面での凝集による**微細化構造制御**を改良することに成功した。
- 従来は産業材料への使用に限られていたが、生体適応性が向上できたため、生体系へも使用することが可能となった。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、**高付加価値製品製造**に適用することでメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、製品の**高機能化**の効果が得られることも期待される。
- また、達成された無害性に着目すると、**食品や医薬品**といった分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、機能性マイクロカプセルについて生産が可能なところまで開発済み、販路の点が未解決である。
- 今後、有望な販路について検討していく。
- 実用化に向けて、生産性を向上できるように技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- 未解決の問題を持っている企業については、超臨界流体の技術を用いた共同研究によりその問題を克服できると考えている。
- **高付加価値の製品生産技術**を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、**マイクロカプセル**を開発中の企業、化粧品、健康食品、医薬、医療品分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称
マイクロカプセル被膜、マイクロカプセル製剤
およびマイクロカプセル製剤の製造方法
- 出願番号 特願2018-078030
- 出願人 学校法人福岡大学
- 発明者 三島 健司

産学連携の経歴 三島健司

- 1995年-1997年 日本ペイント社と共同研究実施
- 1999年-2000年 福岡県産業・科学技術振興財団地域開発促進拠点支援事業（研究育成型）に採択
- 1999年-2001年 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成11年度ベンチャー企業支援型地域コンソーシアム研究開発事業に採択
- 2000年-2001年 平成12年度ホソカワ粉体工学振興財団研究助成に採択
- 2001年-2003年 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成13・14年度産学連携実用化開発補助事業に採択
- 2000年-2002年 花王株式会社と共同研究実施
- 2001年-2003年 JST研究成果活用プラザにおける実用化のための育成研究事業に採択
- 2006年-2008年 株式会社ファンケルと共同研究実施
- 2007年-2008年 JST平成19年度シーズ発掘試験に採択
- 2007年-2008年 文部科学省平成19年度都市エリア産学官連携促進事業（発展型）可能性試験に採択
- 2007年-2008年 財団法人九州産業技術センター平成19年試験研究に採択
- 2007年-2008年 財団法人福岡県環境保全公社平成19年研究に採択
- 2008年-2009年 新日本石油株式会社と共同研究実施
- 2009年-2010年 株式会社九州電化と共同研究実施 J
- 2009年-2010年 新日本石油株式会社と共同研究実施
- 2010年大学発研究所 福岡大学産学官連携研究機関複合材料研究所設立（所長）

お問い合わせ先

福岡大学 研究推進部 産学官連携センター
担当コーディネーター 北井 三正

TEL 092-871-6631 (内線2803)

FAX 092-866-2308

e-mail sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp