

# 真球・単分散・黒！ 多機能力ーボン微粒子

熊本大学 大学院先端科学研究部

物質材料・化学部門

教授 高藤 誠

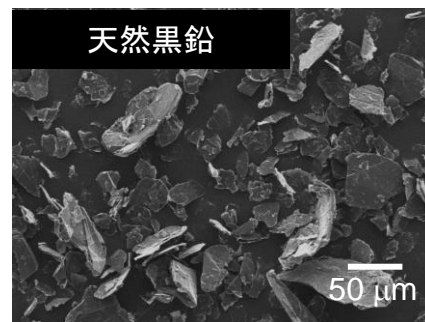
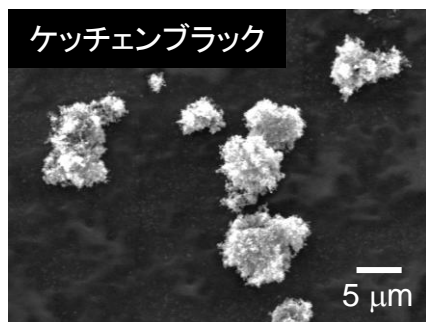
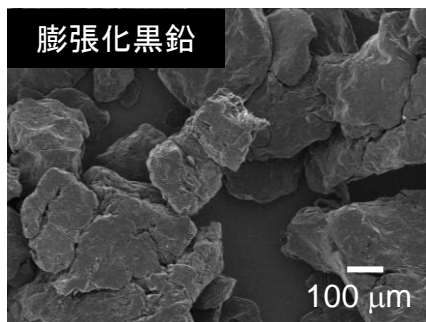
2025年11月6日



## 従来技術の問題点と新技術の特徴

### 従来のカーボン系微粒子

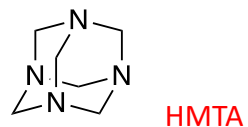
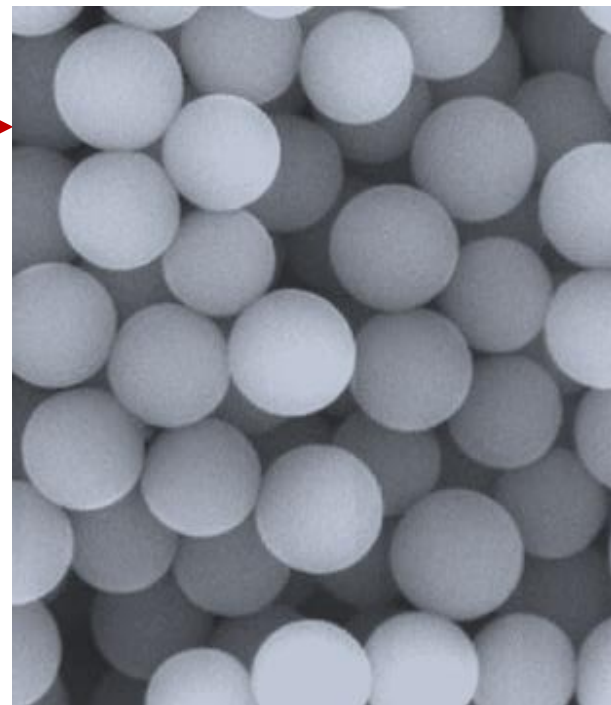
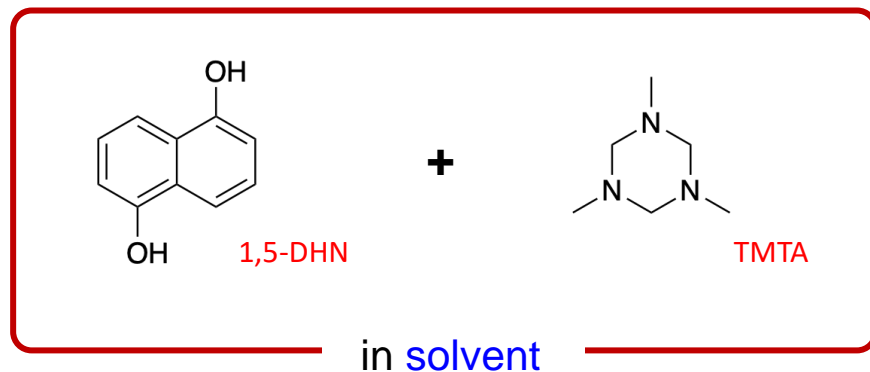
カーボンプラックなどの従来の黒色カーボン材料は、粒子が不定形であり分散性に劣るため、用途が限定されることがあります。



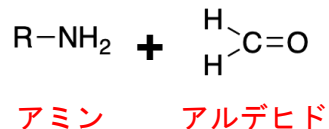
### 本技術のカーボン系微粒子

単分散・真球状の黒色カーボン系微粒子を簡便に作製する技術です。粒子の直径は100nmから数μmの範囲で制御可能であり、単分散性を示す変動係数（CV値）は10%以下です。粒子は様々な溶媒やポリマーに対して優れた分散性を示し、可視光域の波長における拡散反射率は3%以下です。

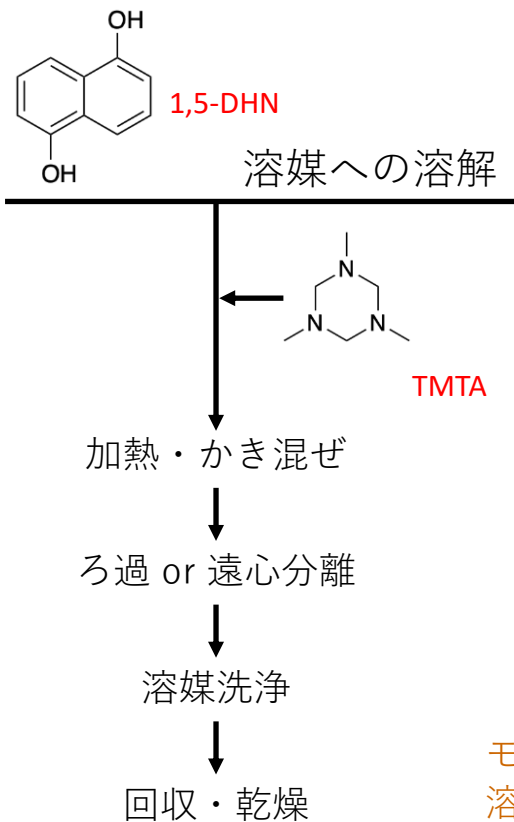
# 多環芳香族ポリマー微粒子



or



# ワンポットプロセスで微粒子合成



モノマー濃度: 30 mM  
 溶媒: エタノール  
 温度: 75 °C

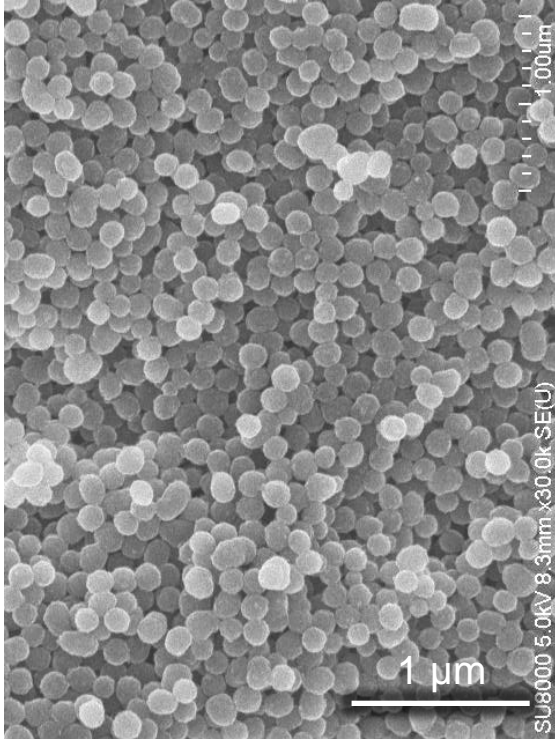
## パラメーター

- モノマー濃度
- モノマー組成比
- 反応溶媒
- 反応温度

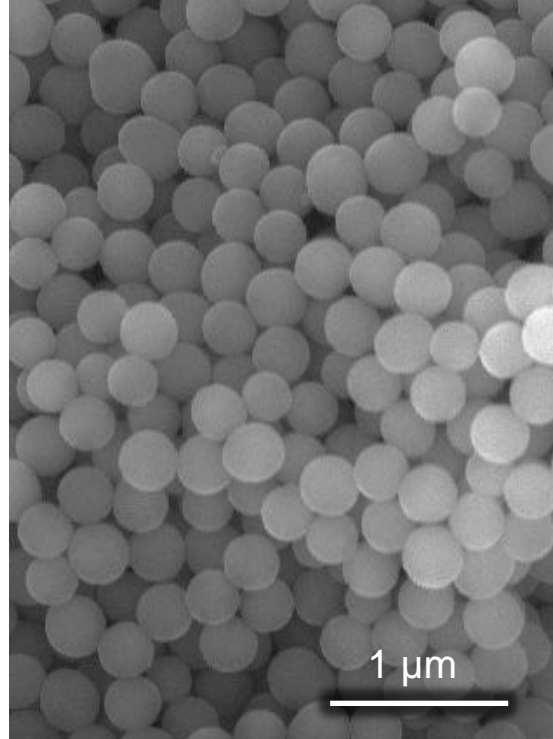
界面活性剤・分散剤フリー  
 触媒・開始剤フリー  
 特殊な装置・条件は不要

A. Murakami, et al., *Chem. Lett.*, **2017**, 46, 680.

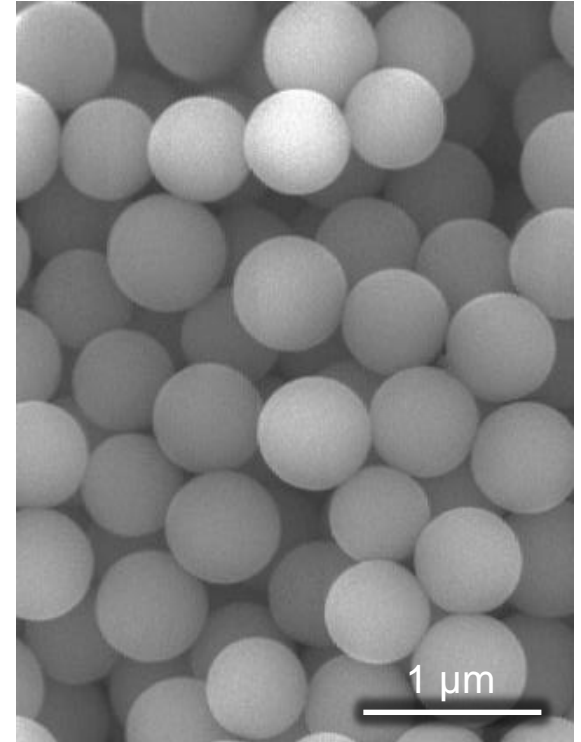
## 真球状・単分散性・易サイズ制御



$d = 151 \text{ nm}$   
 $CV = 9.1 \%$



$d = 340 \text{ nm}$   
 $CV = 6.8 \%$



$d = 627 \text{ nm}$   
 $CV = 6.4 \%$

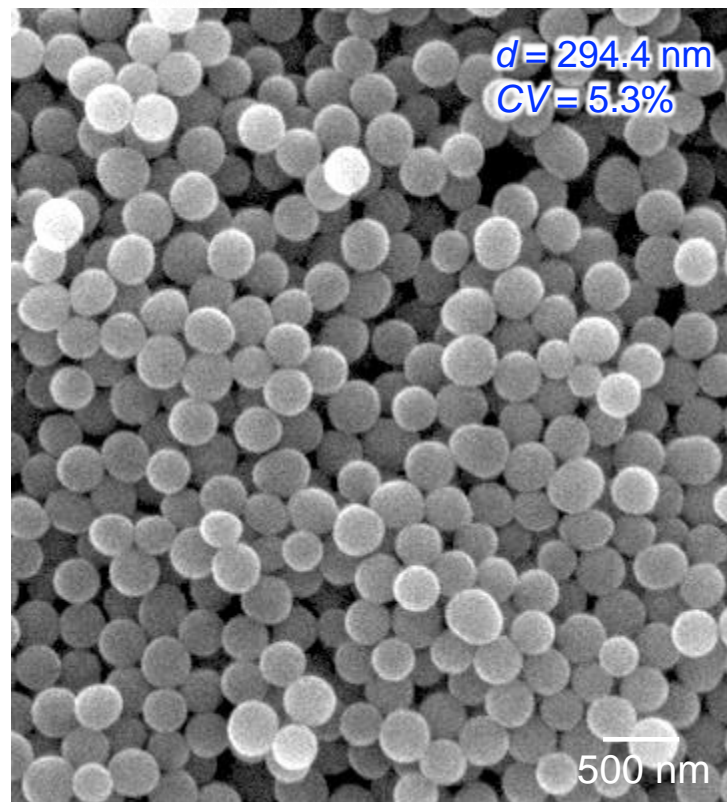
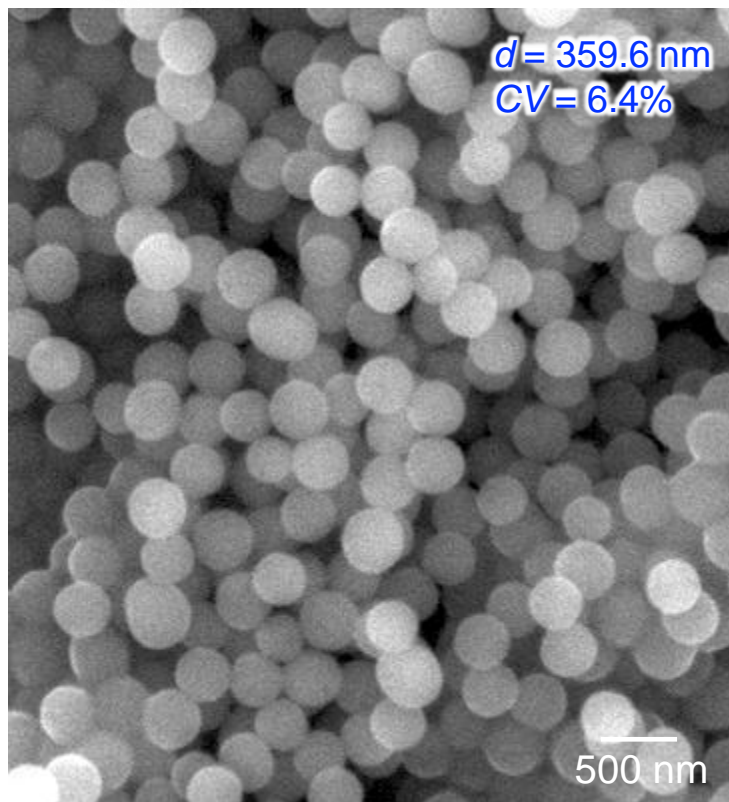
## 焼成による黒色化



未処理



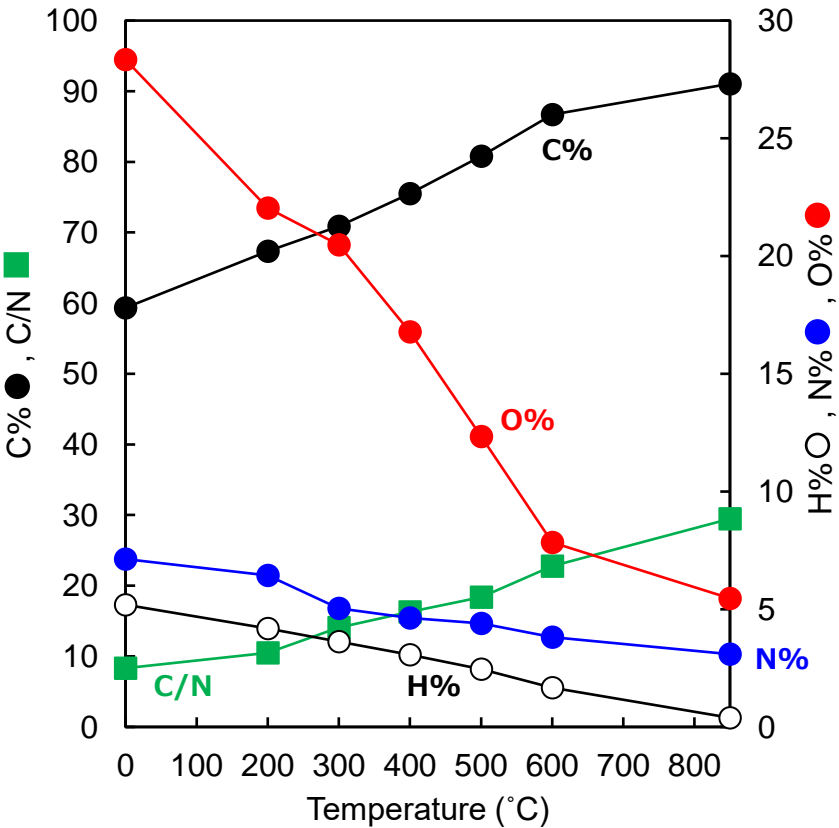
600 °C, 1 h



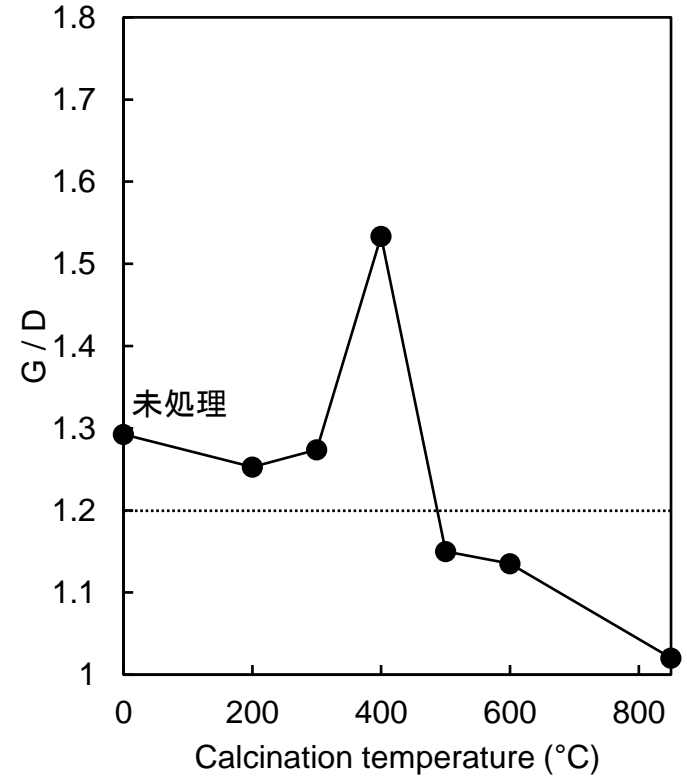
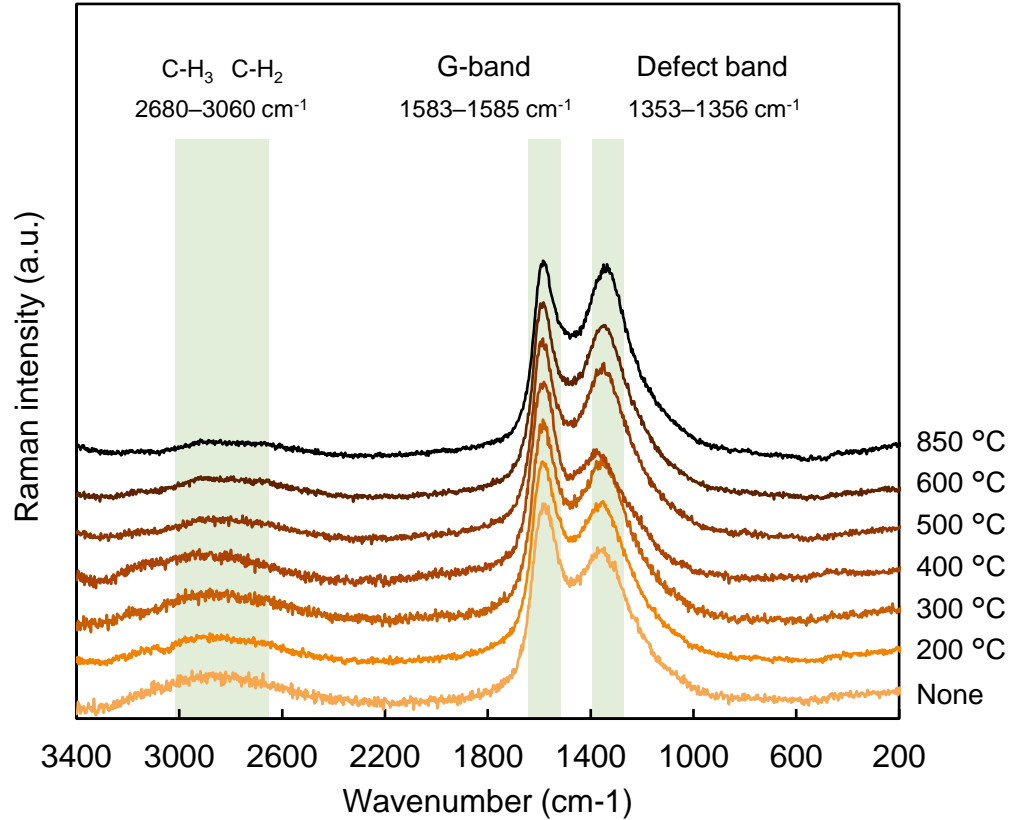


# 焼成によるカーボン化

Heat treatment	H%	C%	N%	(O%)	C/N
None	5.2	59.3	7.1	28.3	8.3
200 °C	4.2	67.4	6.4	22.0	10.5
300 °C	3.6	70.9	5.0	20.5	14.1
400 °C	3.1	75.5	4.6	16.8	16.3
500 °C	2.5	80.8	4.4	12.3	18.4
600 °C	1.7	86.7	3.8	7.8	22.8
850 °C	0.4	91.1	3.1	5.5	29.5

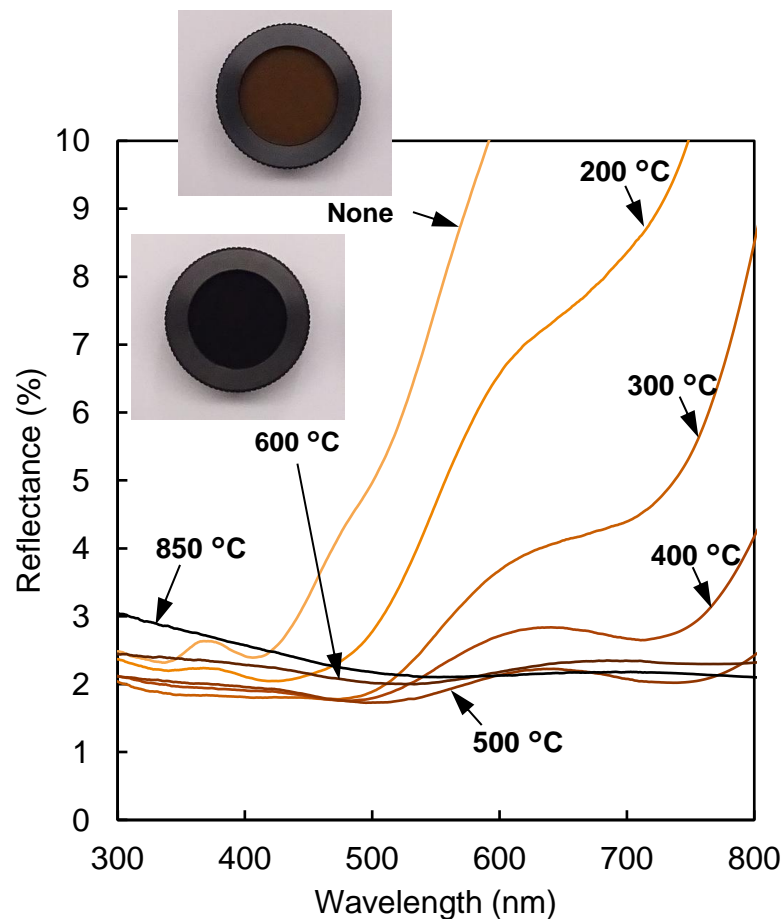


## 黒色粒子のラマンスペクトル

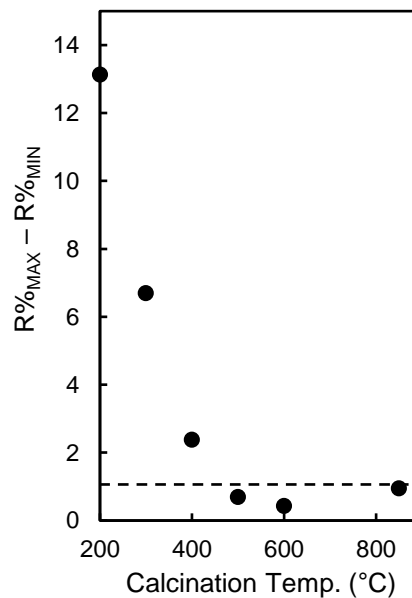




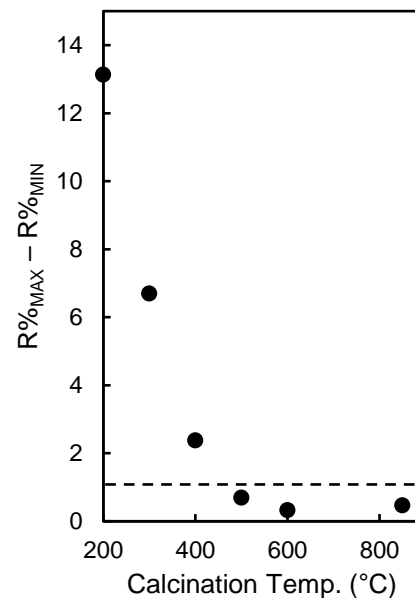
# 黒色粒子の拡散反射スペクトル



$R\%_{MAX} - R\%_{MIN}$   
(波長: 300~800 nm)



$R\%_{MAX} - R\%_{MIN}$   
(波長: 400~800 nm)



500 °C以上で焼成することで、  
最大R%と最小R%の差が1%以下

## 溶媒（エタノール）への分散性

None

200 °C

300 °C

400 °C

500 °C

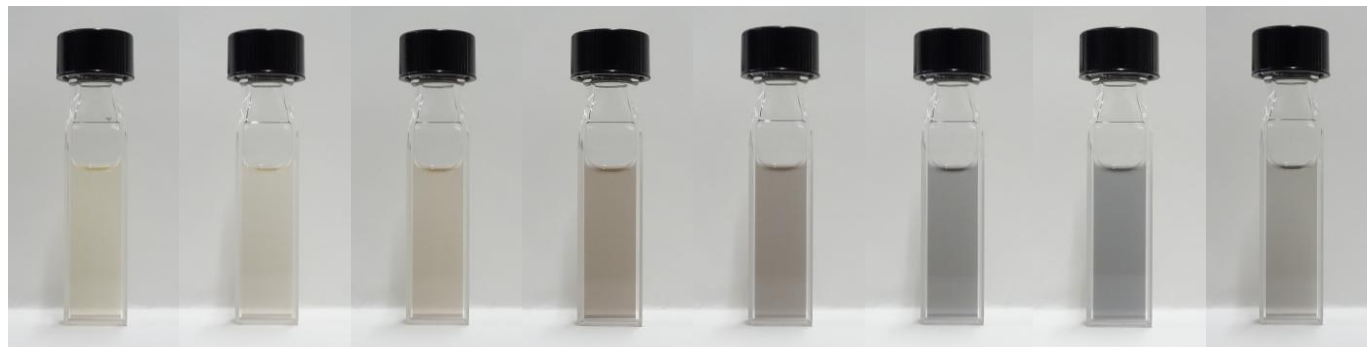
600 °C

850 °C

ケッチェン  
ブラック

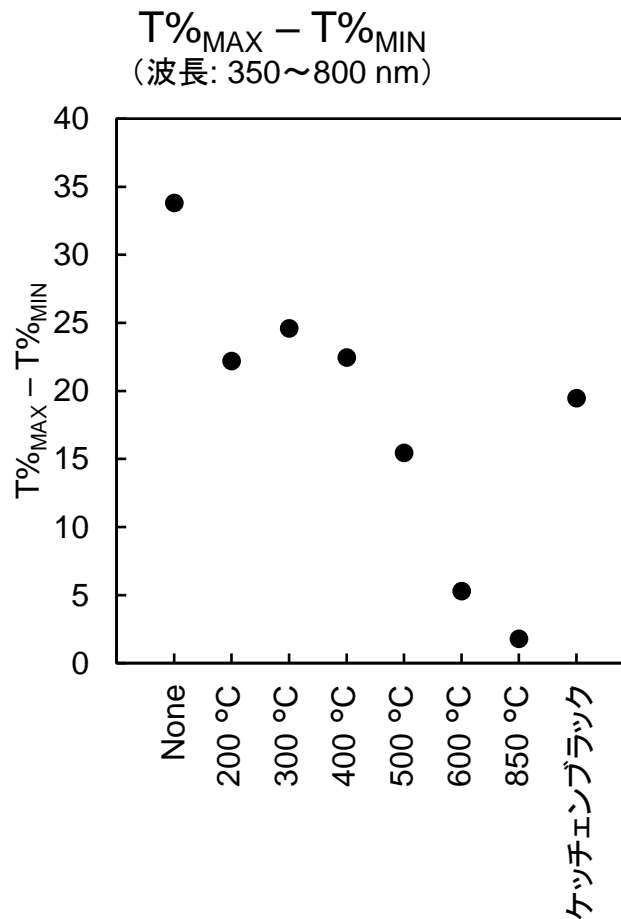
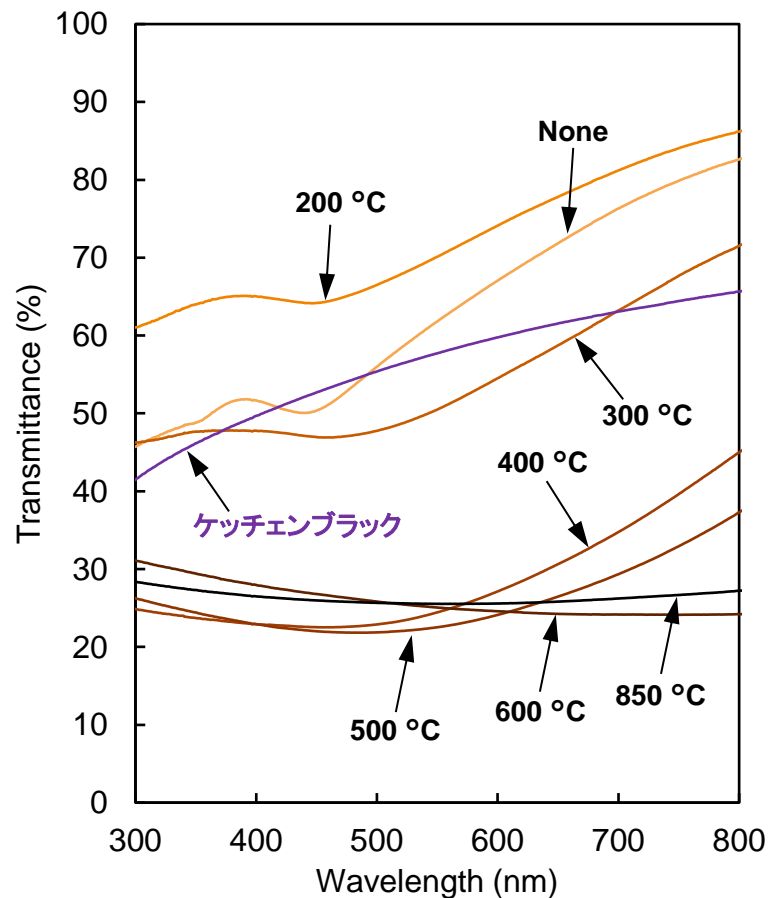


0.05 mg/mL  
in Ethanol



0.008 mg/mL  
in Ethanol

# エタノール分散液の透過スペクトル



## 新技術の特徴・従来技術との比較

- 真球状かつ単分散性のカーボン粒子

黒色： 可視光波長帯の反射率が3%以下（300～800nm）  
可視光波長帯における反射率、透過率の $\Delta$ が小さい

サイズ： 0.1～10  $\mu\text{m}$

粉体抵抗：  $\sim 10^3 \Omega \text{ cm}$

高強度： 1.2 kN  $\sim$ （粉体）

- 可視光波長帯における拡散反射率が3%以下
- 可視光波長帯における反射率、透過率の $\Delta$ が小さい
- 種々の溶媒やポリマーへの優れた分散性

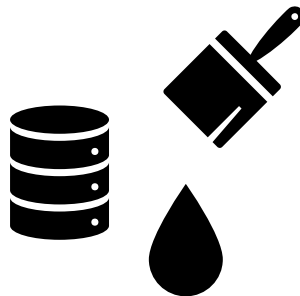
## 想定される用途

### 黒色部材

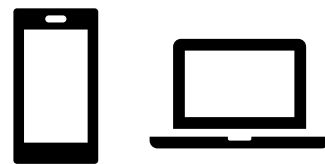
黒色塗料

黒色コーティング

黒色マスク



塗料・コーティング材



電子デバイスのマスク材

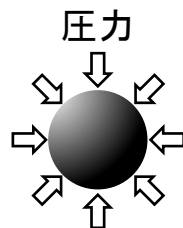
### 触媒担体

フローシステム触媒

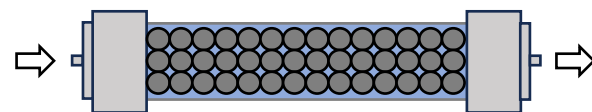
### ポリマーフィラー

導電フィラー

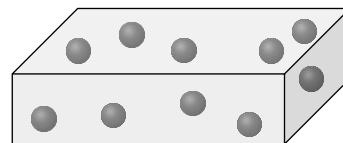
透明スクリーン など



ガス  
or  
液体



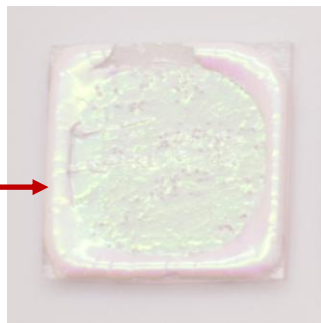
カラム用充填剤



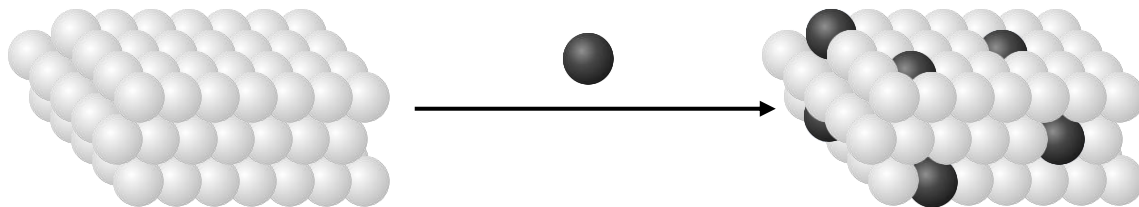
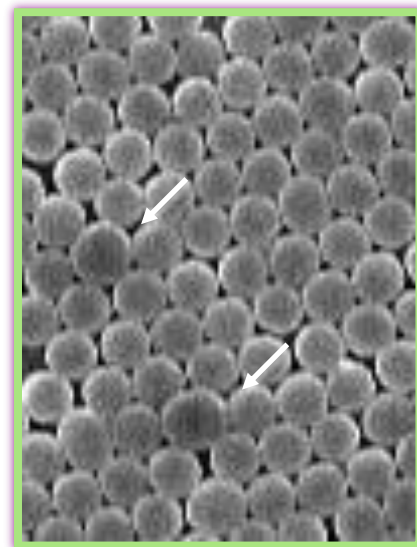
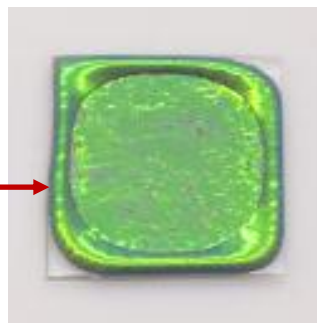
フィラー材

# 機能 1 構造色の彩度増幅

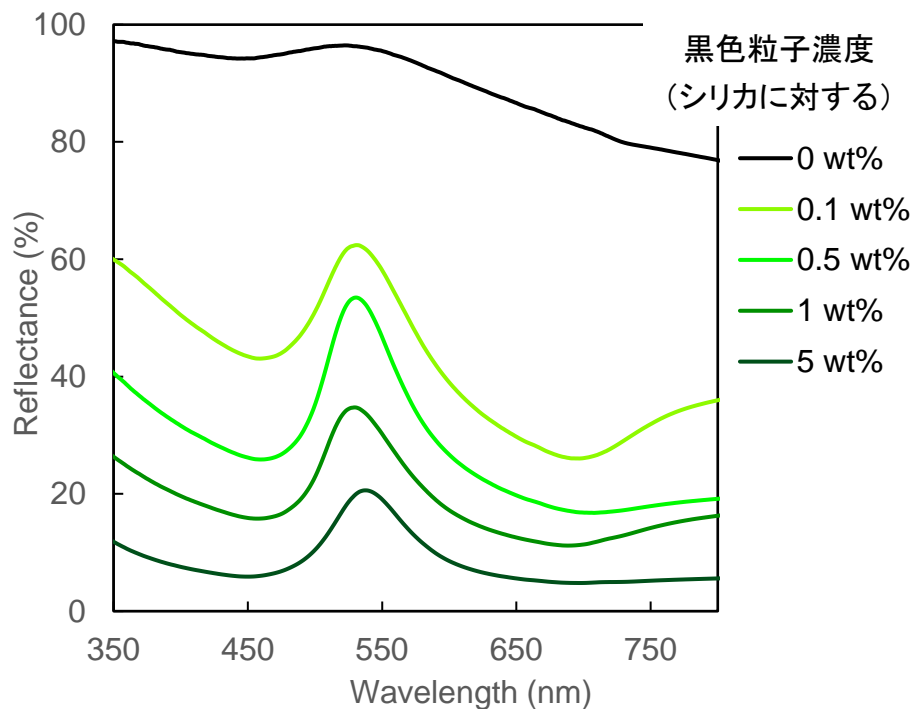
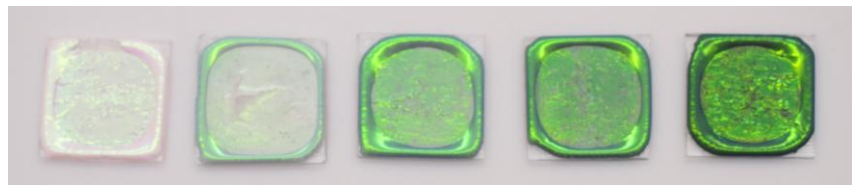
コロイダルシリカ粒子  
(240 nm)



1 wt%の黒色粒子  
(272 nm)



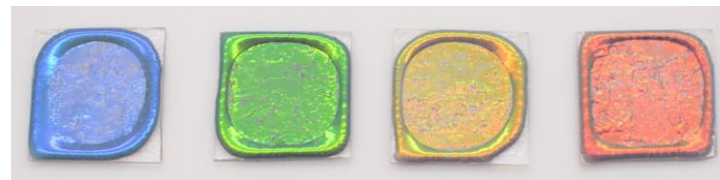
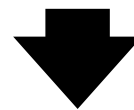
## 機能 1 構造色の彩度増幅



212 nm 240 nm 261 nm 270 nm



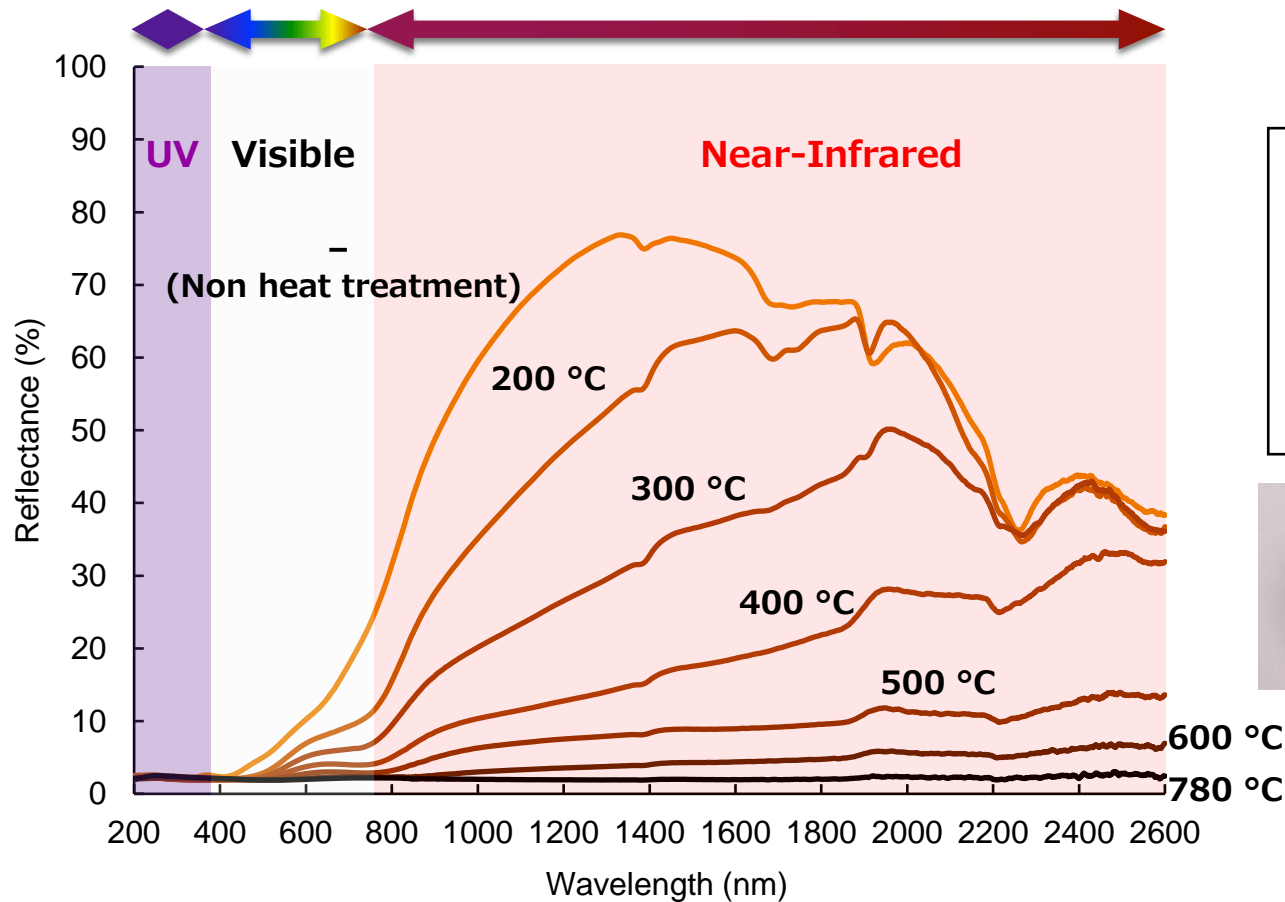
黒色粒子なし



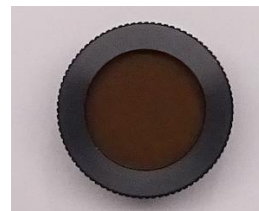
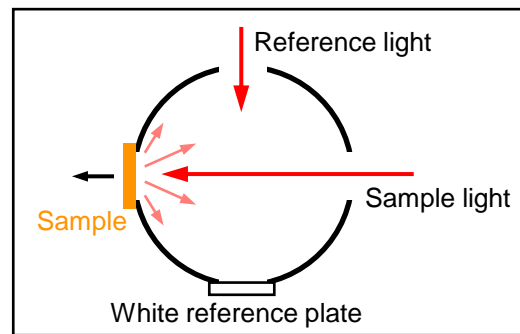
黒色粒子あり(1 wt%)



## 機能 2 近赤外光選択反射



積分球

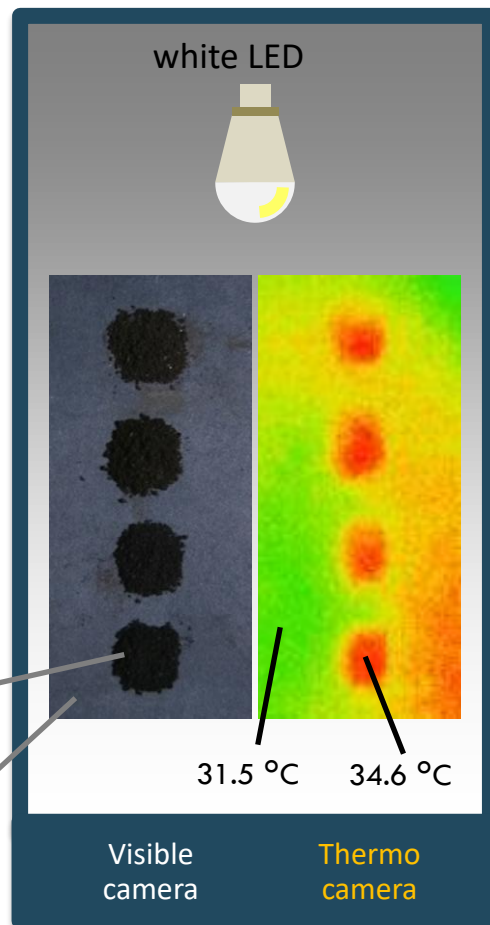


## 機能 2 近赤外光選択反射

黒い紙の上に微粒子  
を置き、  
↓  
白色LED or 近赤外LED  
を照射し、  
↓  
カメラ or サーモカメラ  
で撮影

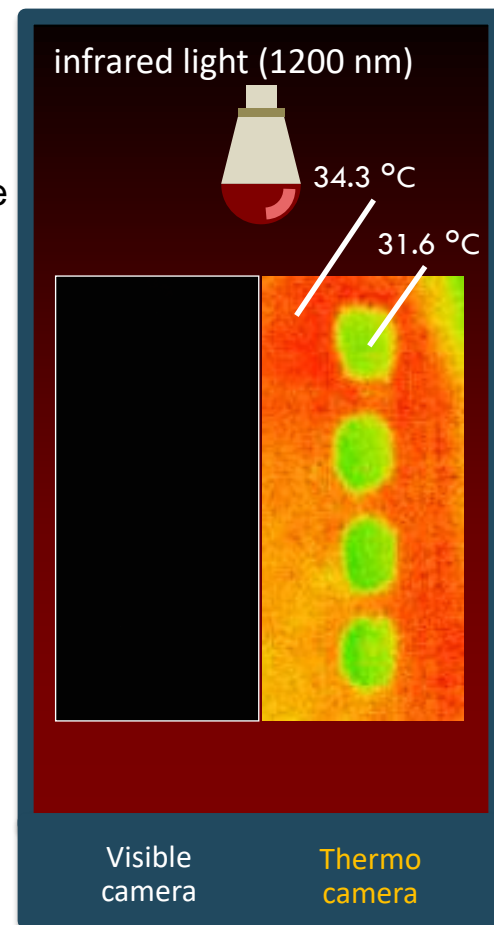
黒色カーボン微粒子

黒い紙

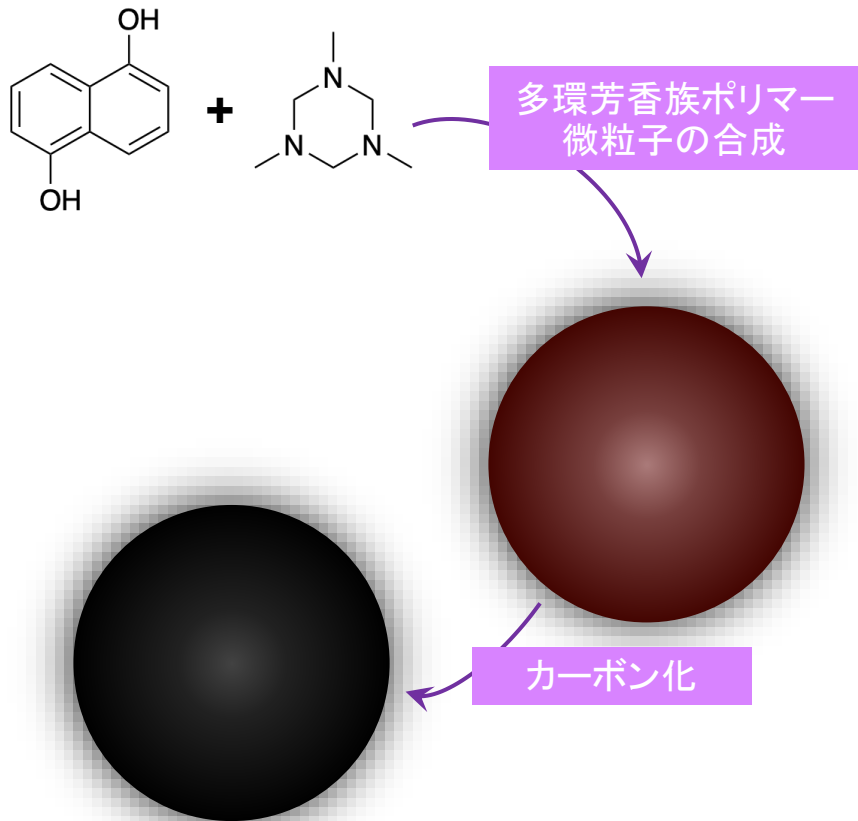


Heat  
treatment  
temperature

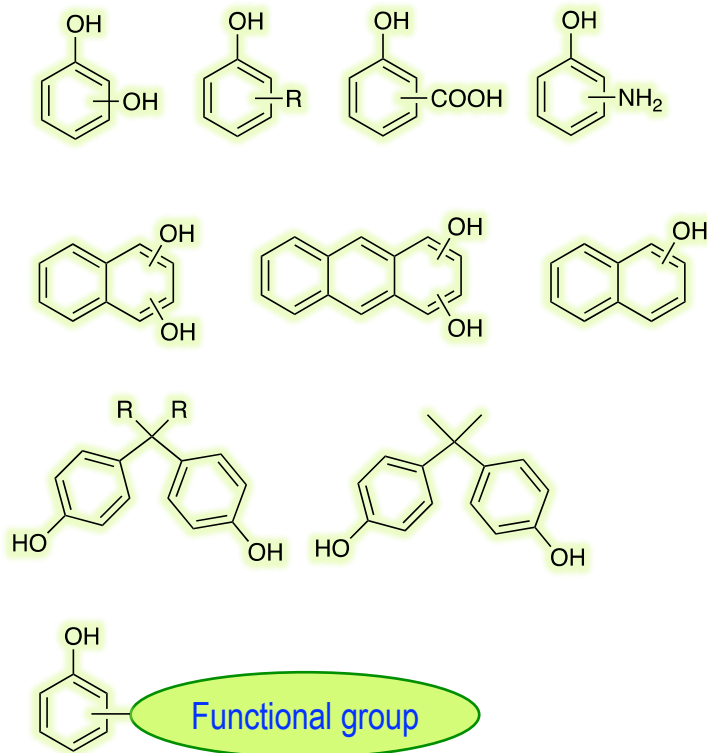
non  
200 °C  
250 °C  
300 °C



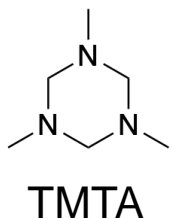
# 多様なフェノール性化合物の利用



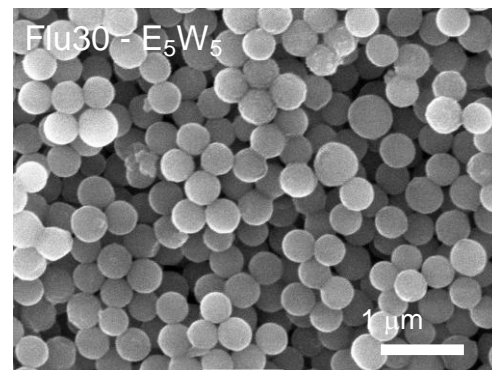
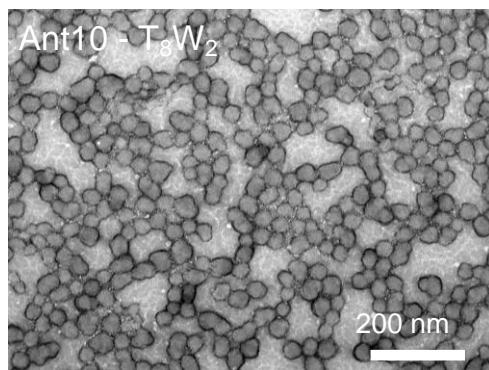
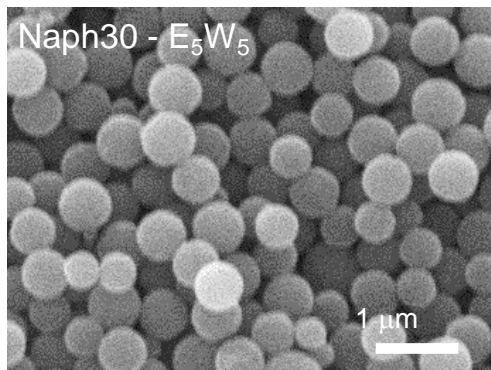
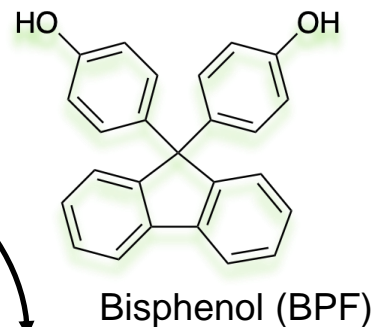
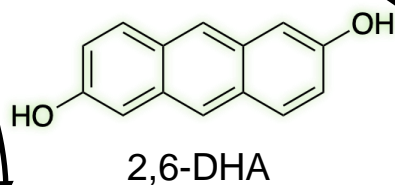
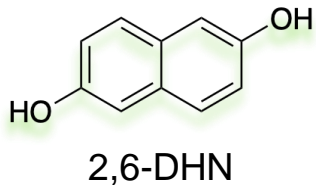
## フェノール性化合物



## 多様なフェノール性化合物の利用



Fluorescent monomers



*Chem. Eur. J.*, 25, 1, 2019

## 実用化に向けた課題

- 数g（～5 g）程度以下のスケールで合成。大量合成が課題。
- ～900 °Cで焼成した粒子の特性評価は実施済み。高温（1000～2000 °C）焼成時の特性評価を実施中。
- 粒子内部の空孔構造の評価を実施中。
- ポリマーマトリックス中に分散することは確認済。ポリマーフィラーへの展開と用途開発が課題。
- 無機材料、金属材料（ナノ粒子）との複合化を検討中。

## 社会実装への道筋

2026-27年度

単分散・球状カーボン粒子の量産技術確立（100 g～1 Kgスケール）

2026-28年度

ラボスケールでの触媒担持技術の開発と機能評価

ラボスケールでのポリマー複合化技術の開発と機能評価

2028-29年度

触媒担持カーボン粒子の機能実証実験

ポリマー複合フィルムの特性評価と社会実装

## 企業への期待・企業への貢献

- **単分散・球状カーボン微粒子合成技術の提供**
  - ✓ 大量合成（100 g～1 Kgスケール）で粒子合成できる企業との連携
  - ✓ 高温焼成（カーボン化）できる企業との連携
- **カーボン複合微粒子の共同開発**
  - ✓ 触媒担体（燃料電池、電極など）の技術をもつ企業との連携
  - ✓ 黒色材料（遮光材料、ブラックマスク）の技術をもつ企業との連携
- **カーボン微粒子、カーボン複合微粒子の用途開**
  - ✓ ポリマー複合化（光散乱フィラー等）技術をもつ企業との連携
- **サンプル提供（g スケール）**



## 本技術のポイント

### 黒色度が高く、単分散性かつ真球状のカーボン微粒子

- 100 nm ～ 数 $\mu$ mの範囲で粒子サイズの制御が可能
- 粉体抵抗率が低い球状カーボン微粒子
- 広範な溶媒、ポリマーに分散可能な球状カーボン微粒子
- 多様なフェノール性化合物を原料とすることで構造や機能の制御が可能
- 多孔性をもつ球状カーボン微粒子（検討中）
- 金属ナノ粒子、無機ナノ粒子との複合化が可能（検討中）

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称      粒子、およびその製造方法
- 出願番号      特願2025-114001
- 出願人      国立大学法人熊本大学
- 発明者      高藤 誠、伊原 博隆、  
杷野 菜奈美、永岡 昭二

## お問い合わせ先

**国立大学法人熊本大学**  
**研究開発戦略本部 イノベーション推進部門**

〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号

TEL : 096-342-3145 FAX : 096-342-3239

E-Mail : [liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp](mailto:liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp)