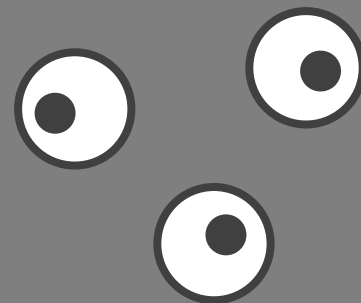


令和 2 年 7 月 16 日
令和 2 年度新技術説明会

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

外部電場で特性が 可逆制御可能な 新規光学素子の開発

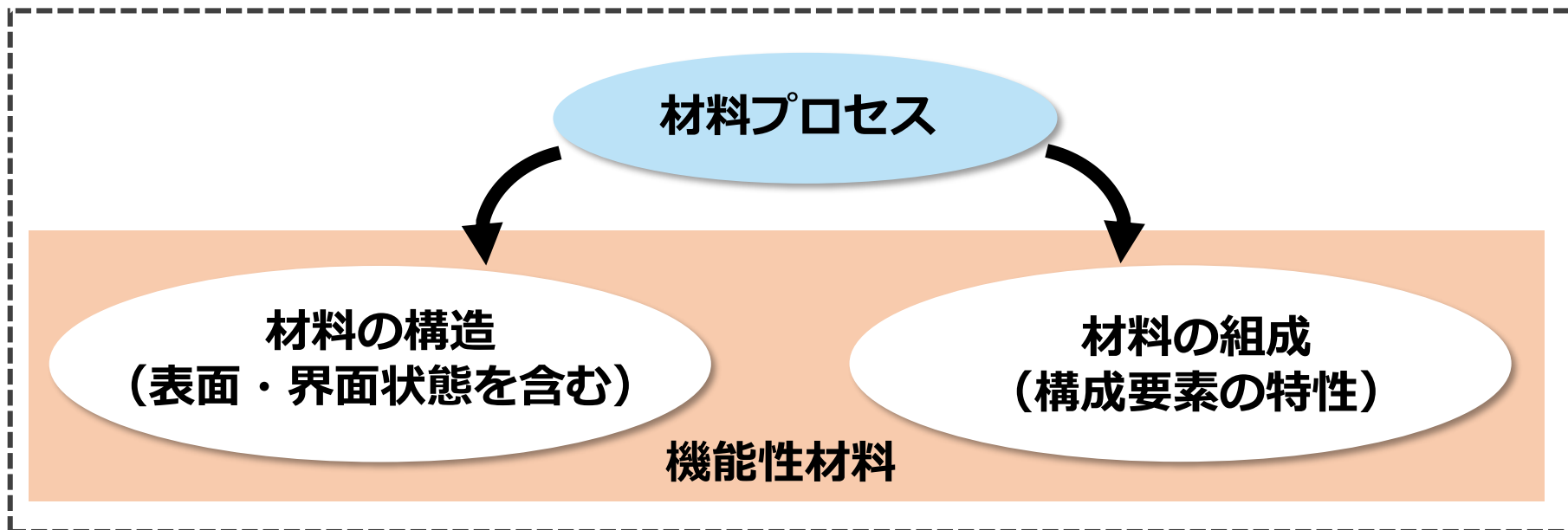


東北大学大学院 工学研究科 化学工学専攻

教授 長尾 大輔

機能性材料の創出および既存材料の高機能化に向けては

- ・ 希少な材料（元素）を使わずに（環境にやさしく）
 - ・ 特殊な装置を使わず、安全に
- 作製できるプロセスを開発



材料の構造に着目して、新規材料創出/高機能化を図る

大きさや形の揃った（単分散な）微粒子を用いた機能性材料開発

- (1) 単分散な粒子をビルディングブロックとして使用する
- (2) 様々なビルディングブロックを構成単位とし、それを設計通りに組み上げる

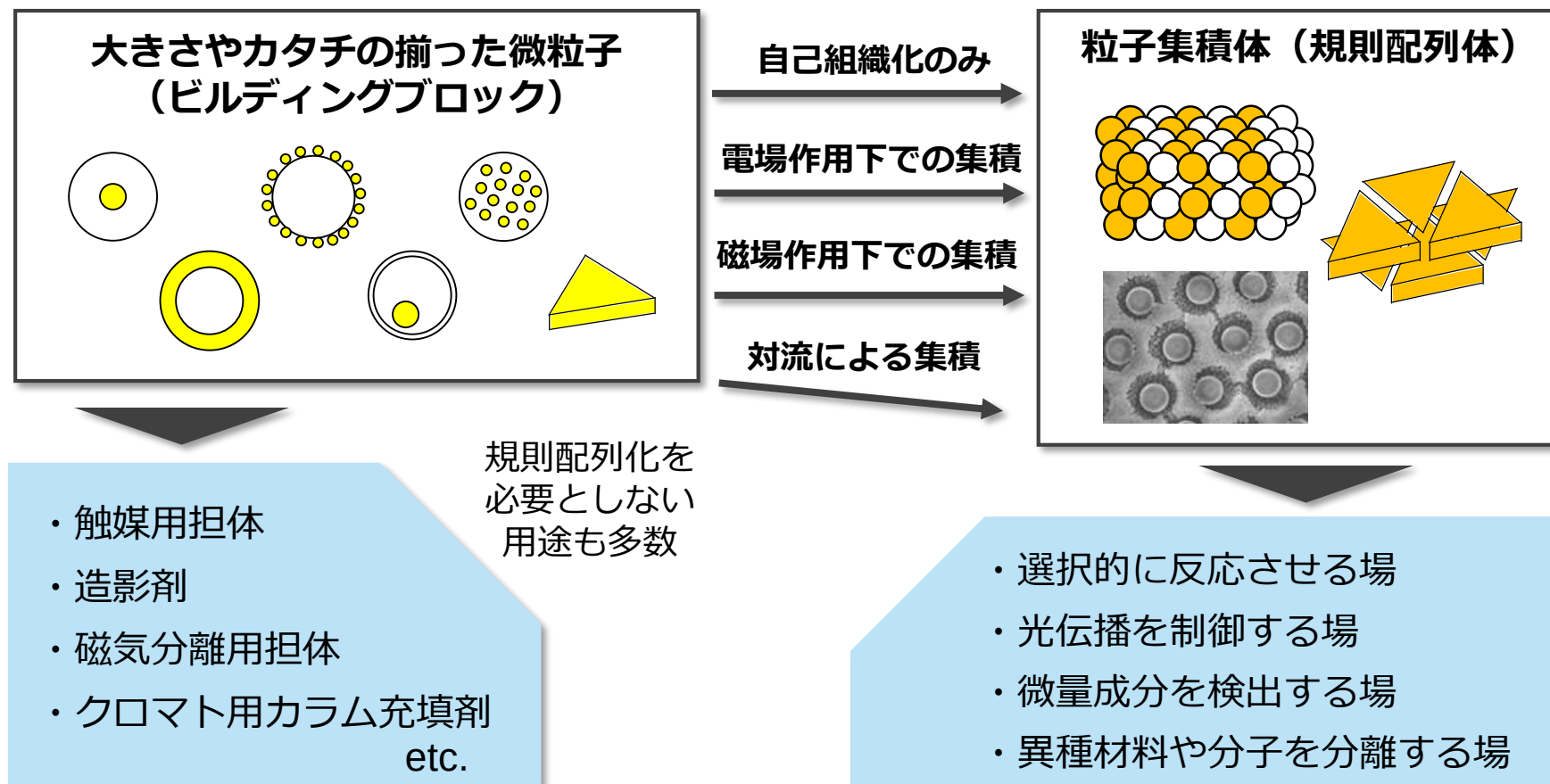


図 単分散性微粒子とその集積体の関係

- (1) 単分散な粒子をビルディングブロックとして使用する
- (2) 様々なビルディングブロックを構成単位とし、それを設計通りに組み上げる

ターゲットとするビルディングブロックの大きさ

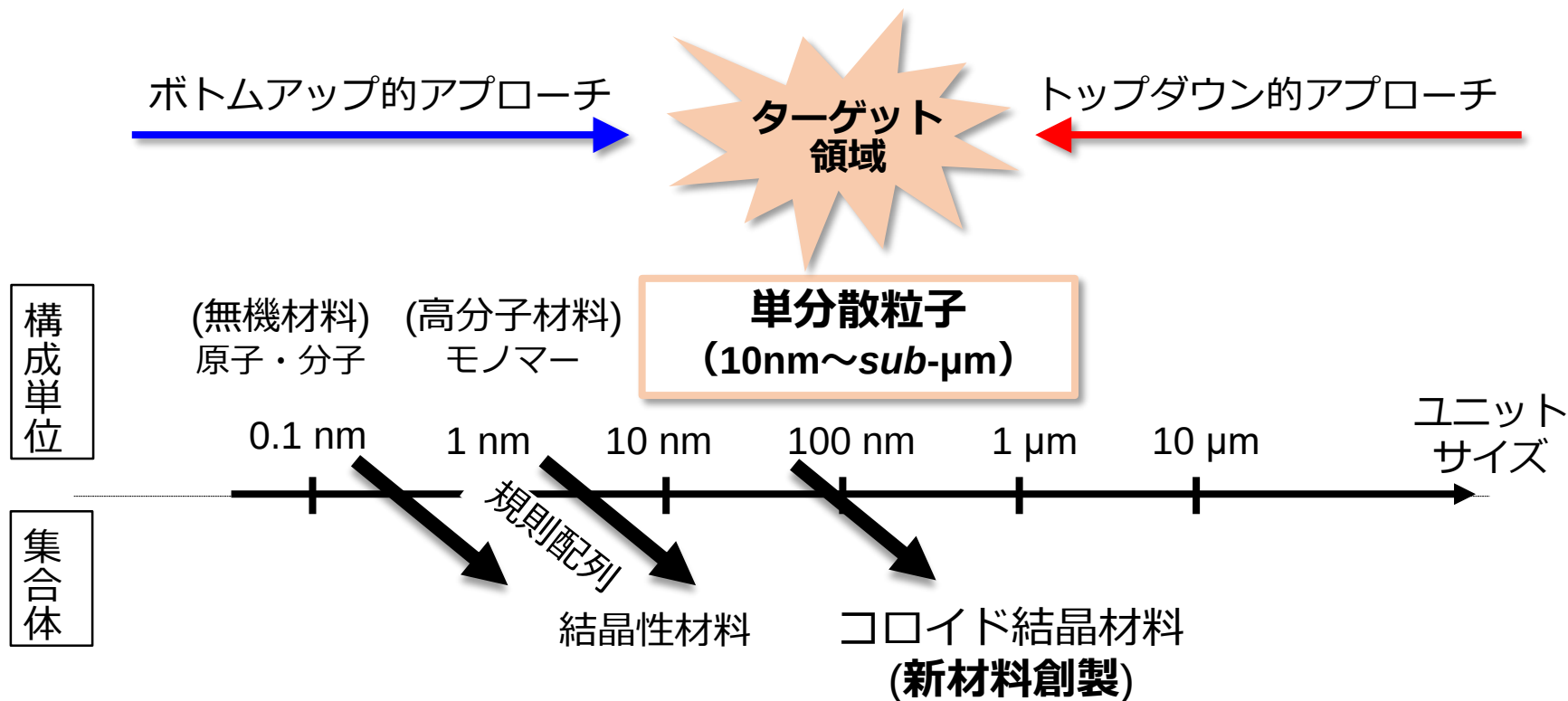
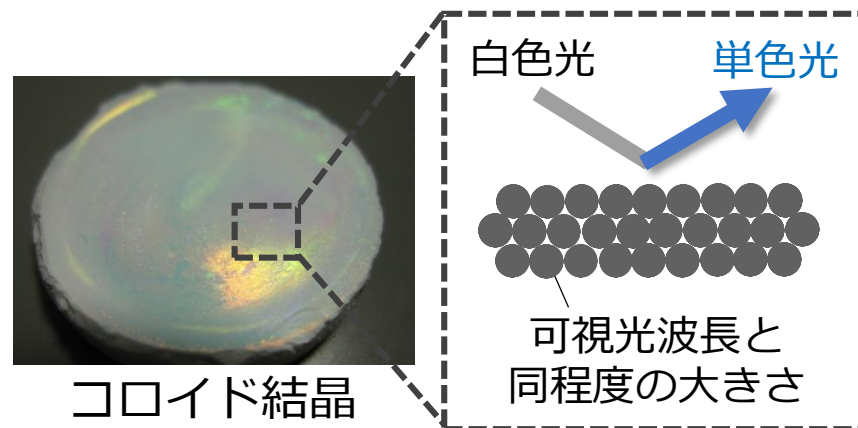


図 ビルディングブロックのサイズ領域

■ 微粒子の集積体（コロイド結晶）

- 大きさの揃った微粒子が密に集積
- 微粒子サイズと結晶構造に依存した特性が発現

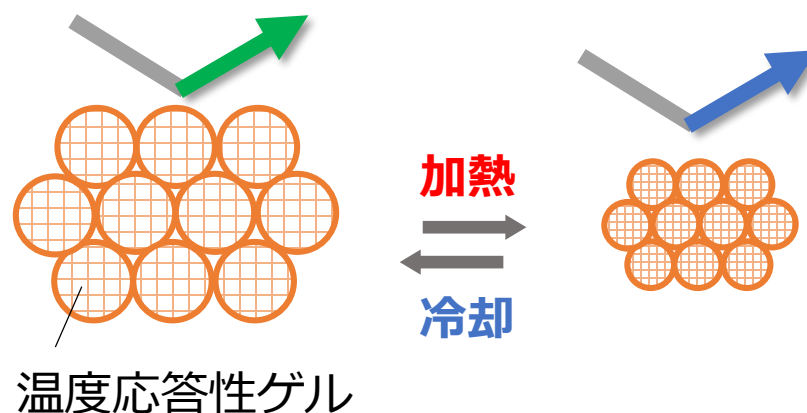
取得できる特性は1つに限定



■ 刺激応答性微粒子の集積体

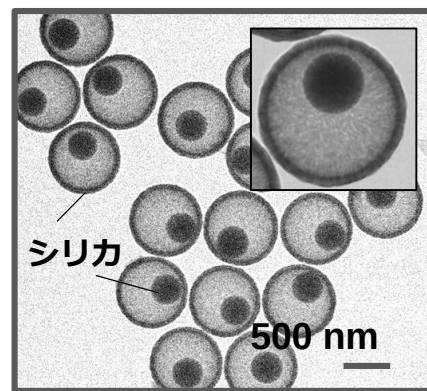
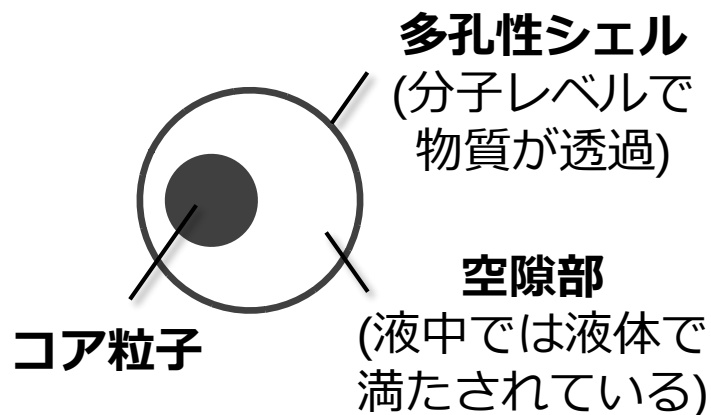
- 温度などの外部刺激に応じて体積が変化する微粒子の集積体

特性制御には体積変化が伴う

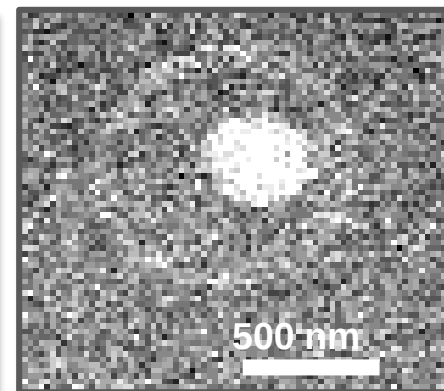


体積変化なしで特性が可逆的に制御可能な光学素子の開発が必要

■ 卵型粒子（提案する光学素子）



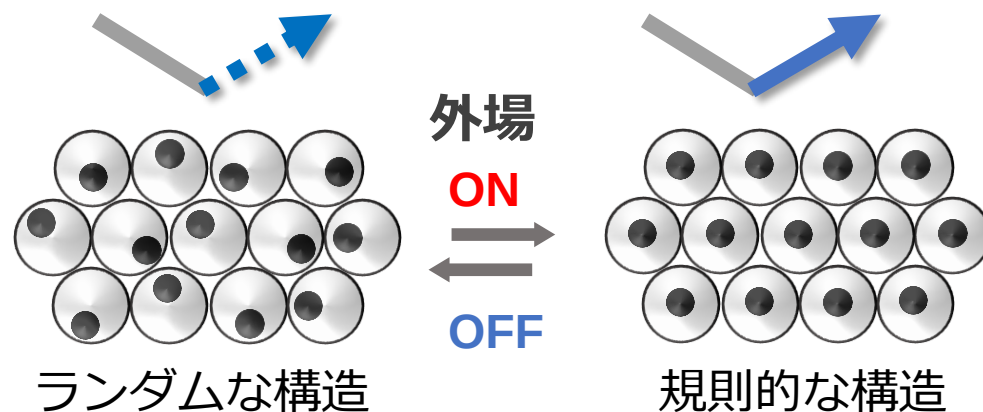
電子顕微鏡像(乾燥状態)



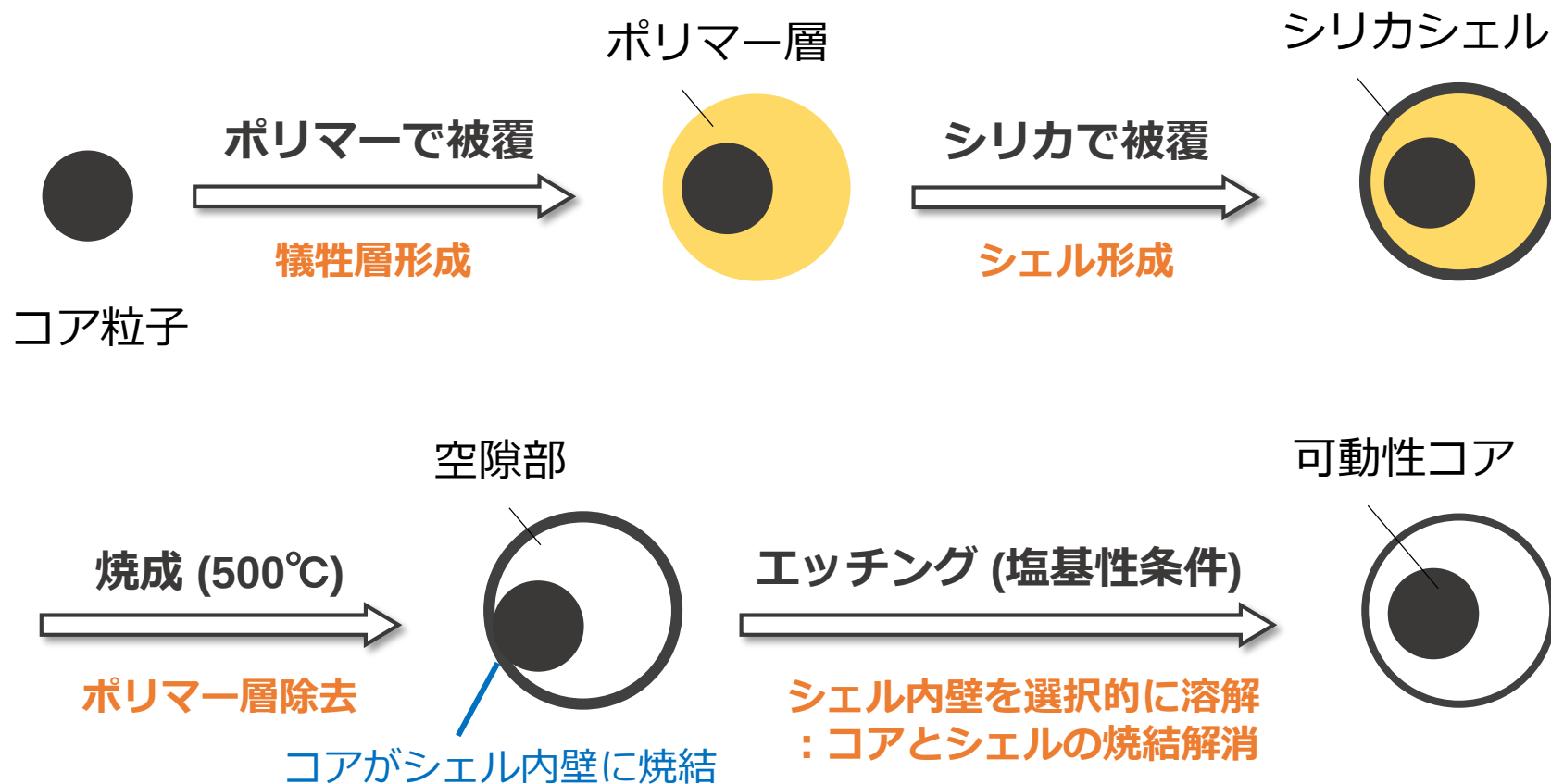
電子顕微鏡像(水中)

■ 卵型粒子の集積体

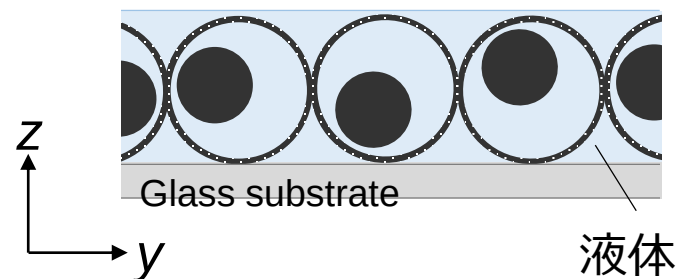
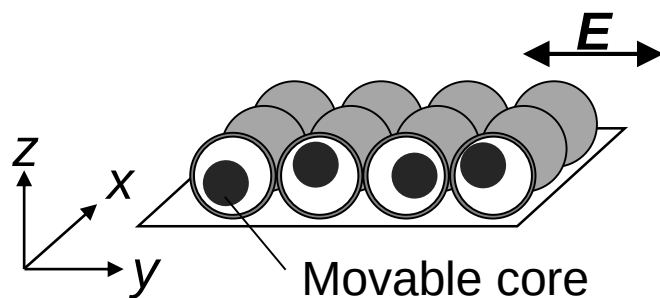
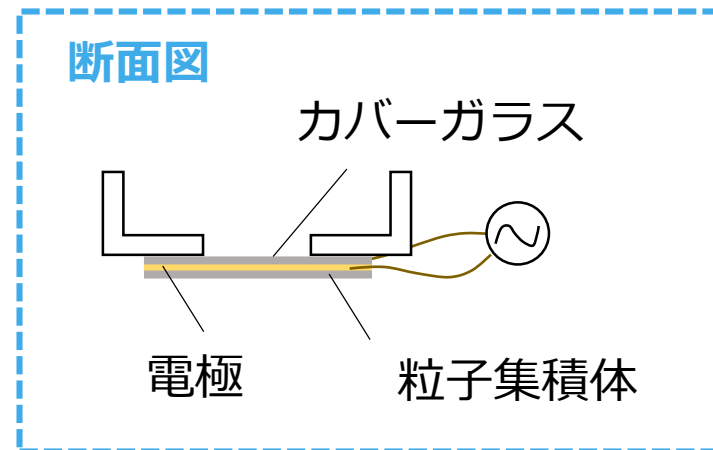
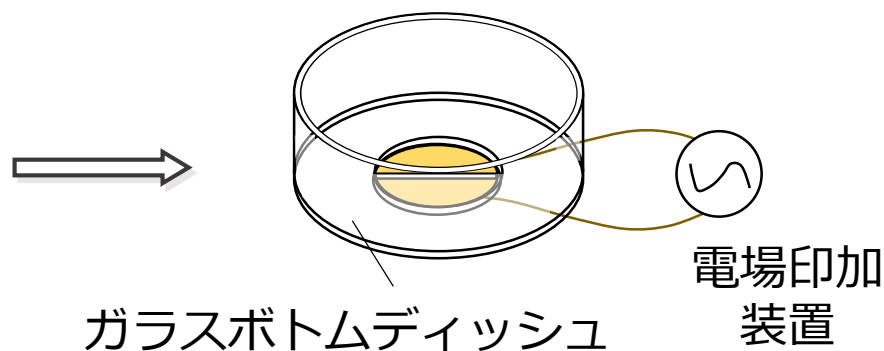
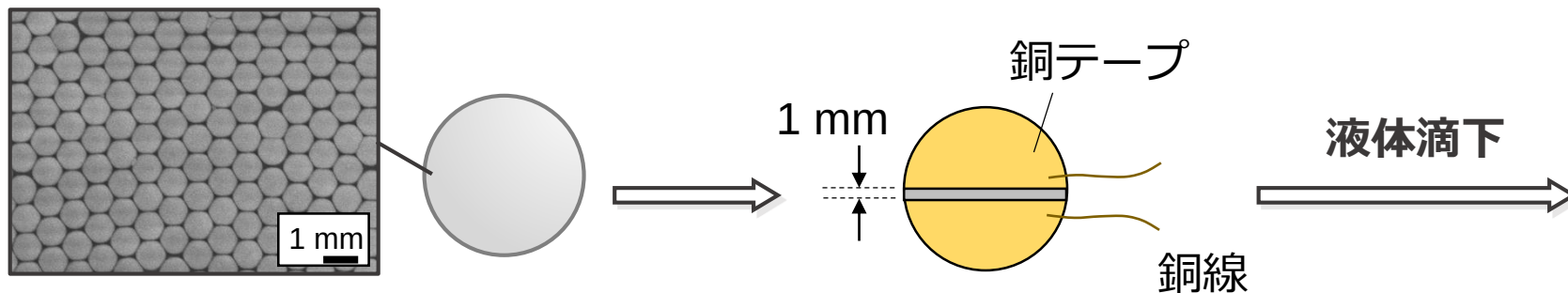
- 中空粒子の最外殻は**密**に集積
- 格納された微粒子は**非最密に分布**し、**運動することが可能**

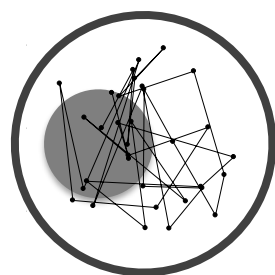


卵型粒子を光学素子として体積変化なしで特性が制御可能

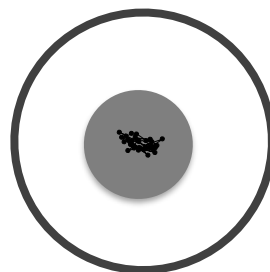


本製法により様々なコア粒子を内包した卵型粒子を作製

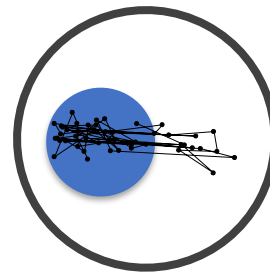




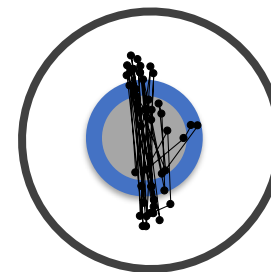
(シリカコア)



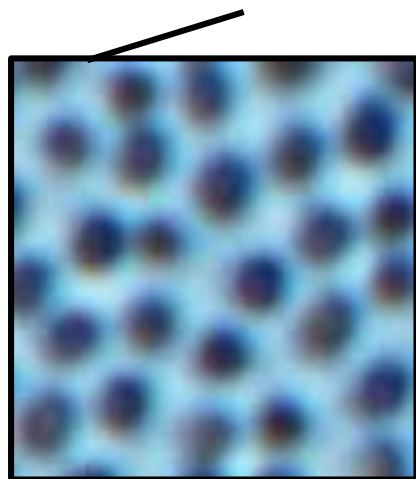
シリカコア



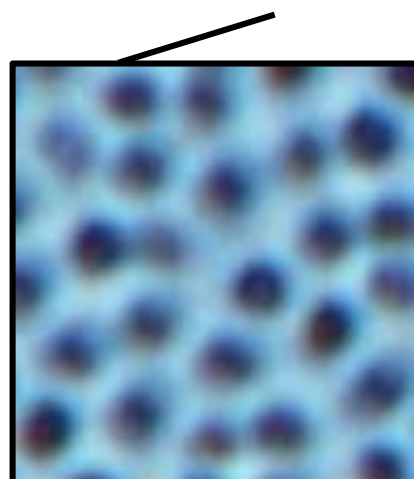
チタニアコア



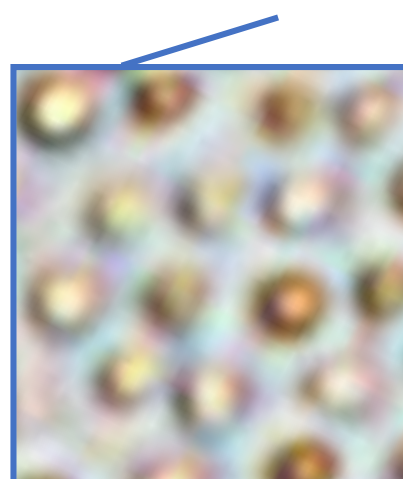
シリカ-チタニアコア



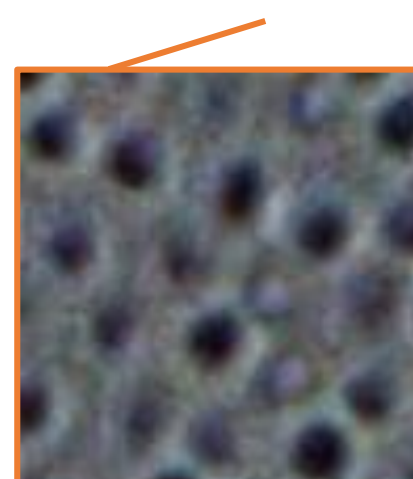
ランダム運動



抑制運動



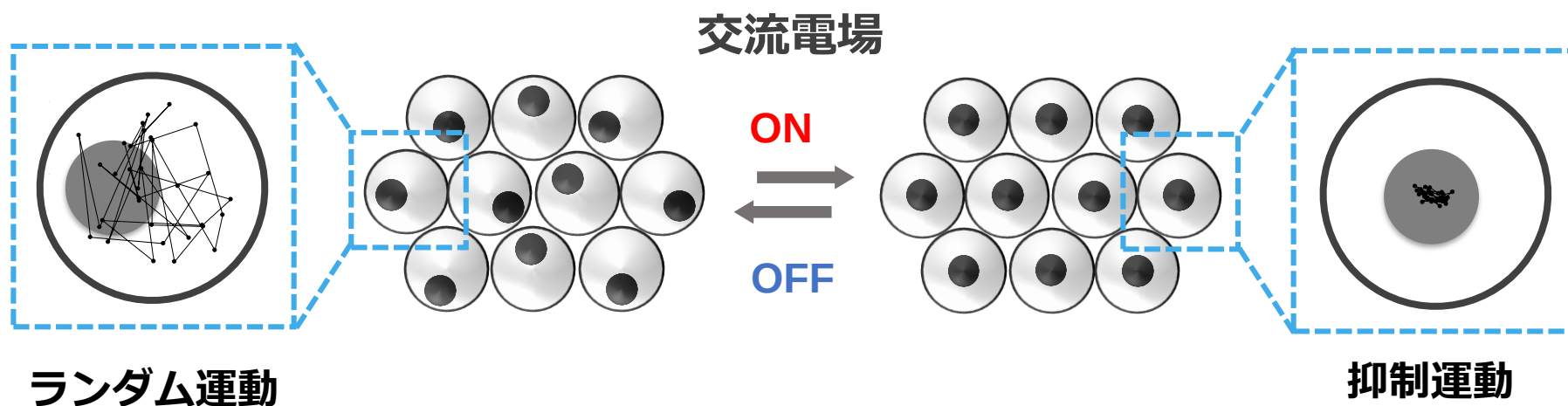
直交運動



平行運動

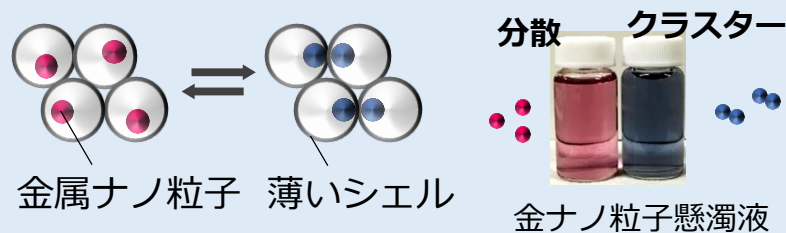
コア材料や電場印加条件により電場作用下での運動挙動が多様化

- ナノ空間中の微粒子運動で期待される光学特性等の可逆的制御
- 材料の体積変化なしでの実現が期待される光学特性等の可逆的制御
- 外部電場印加条件(電場強度、周波数)やコア粒子材料により多様化する微粒子運動



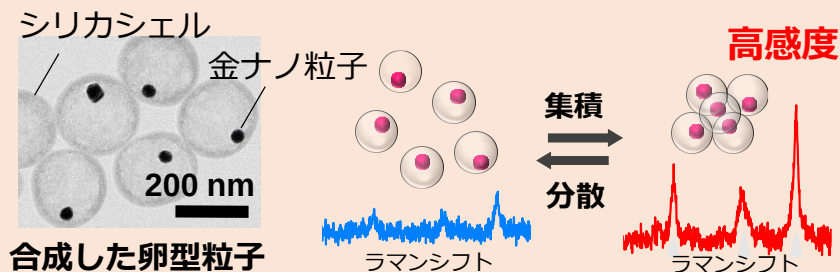
コア粒子の動的な性質を利用した画期的な光学素子の開発へ

光学素子(電子ペーパー)



金属ナノ粒子同士が接近すると色の変化

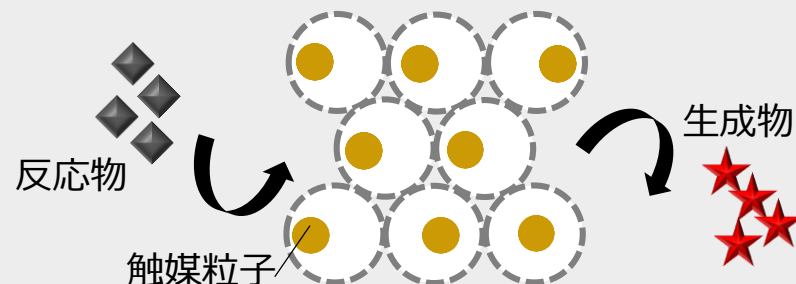
センシング材料



ナノ粒子を集積化し微量物質の検出が可能

K. Watanabe et al., J. Colloid Interf. Sci., 2020.

自己ミキシング機能を有する触媒



触媒粒子の運動で能動的に物質を拡散し、高効率な触媒として応用可能

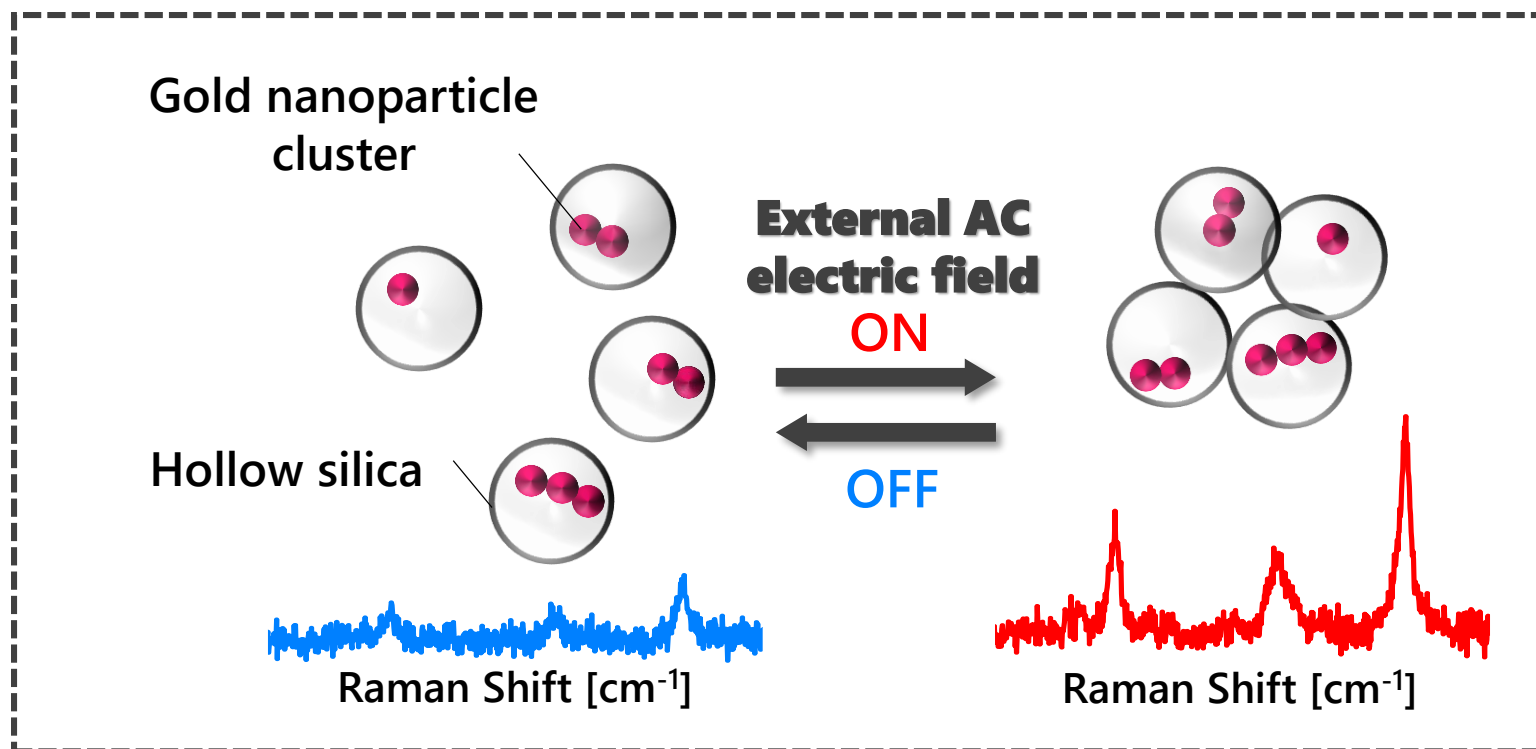
コア・シエルの材料および粒子サイズを適切に選定し更なる発展へ

- 卵型粒子合成の大量合成に向けたプロセス開発
- 素子化した際の電場応答性評価（3次元集積状態にある卵型粒子への交流電場印加による卵型粒子応答性評価）
- 卵型粒子（特に黄身部分）の空間配置と光学特性の相関評価

- 卵型粒子の構造（粒子表面を露出させた状態で集めることができる構造）を活かした機能開発に協力いただける企業
- 大量合成プロセス開発も並行して進めていただける企業
- 金属ナノ粒子（金など）を内包した卵型粒子を使って、微量成分のセンシング等にご興味がある企業

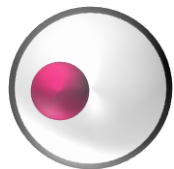
■ 本研究のコンセプト

- 金ナノ粒子を内包した卵型粒子をセンシング素子として応用
- 外部電場を印加することで粒子のセンシング能を増強させることを検討

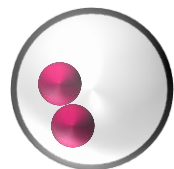
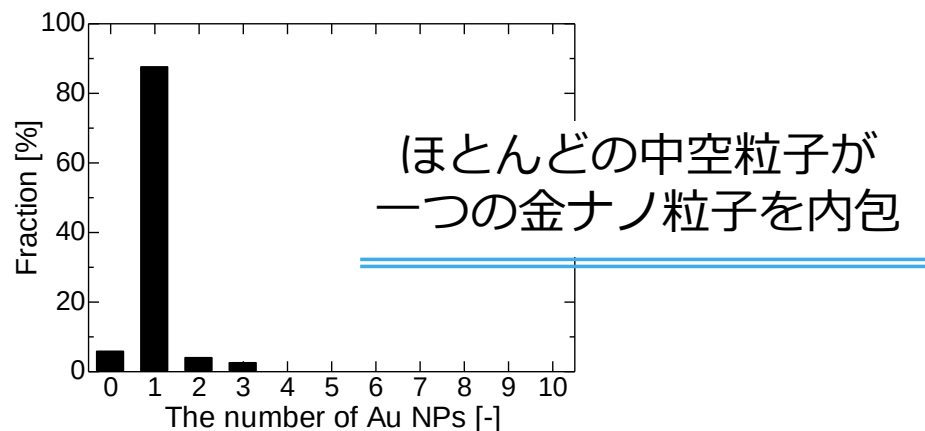
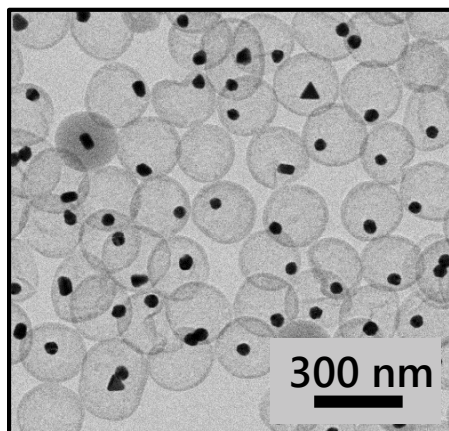


) E. Mine et al., *J. Coll. Interf. Sci.*, **264, 385–390, 2003, ***) L. Zhang et al., *Chem. Eur. J.*, **18**, 12512–12521, 2012.

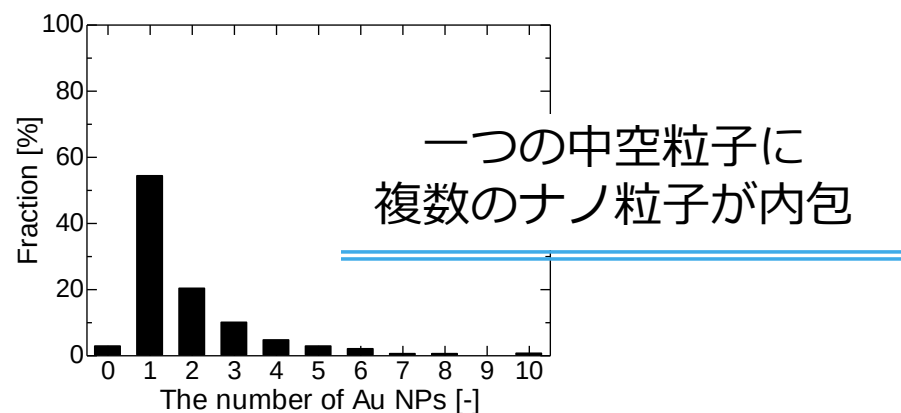
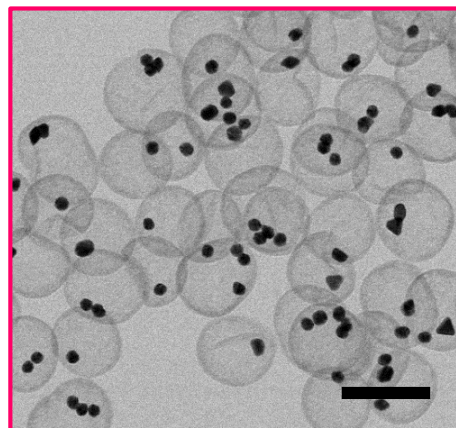
■ 合成した卵型粒子（提案するセンシング素子）



平均体積粒径：
151 nm



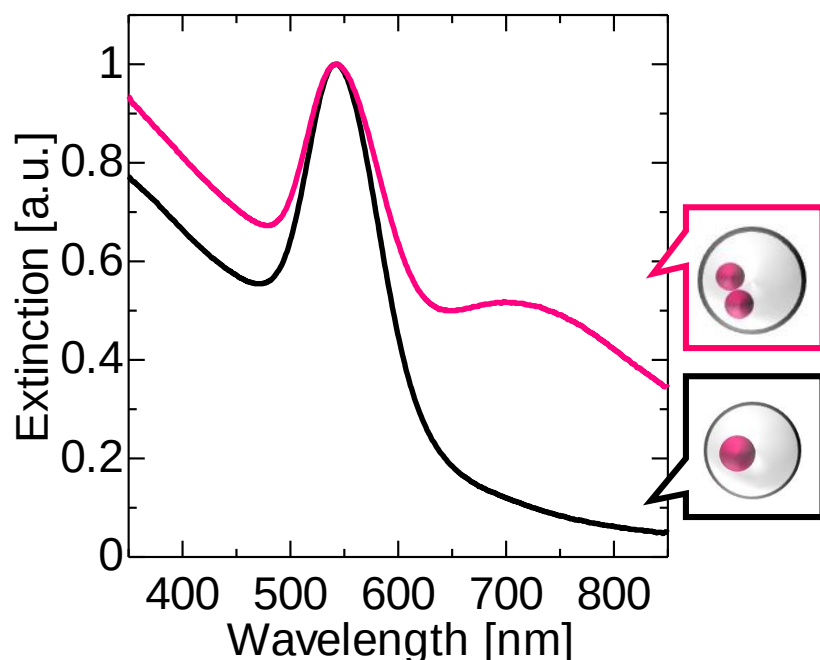
平均体積粒径：
186 nm



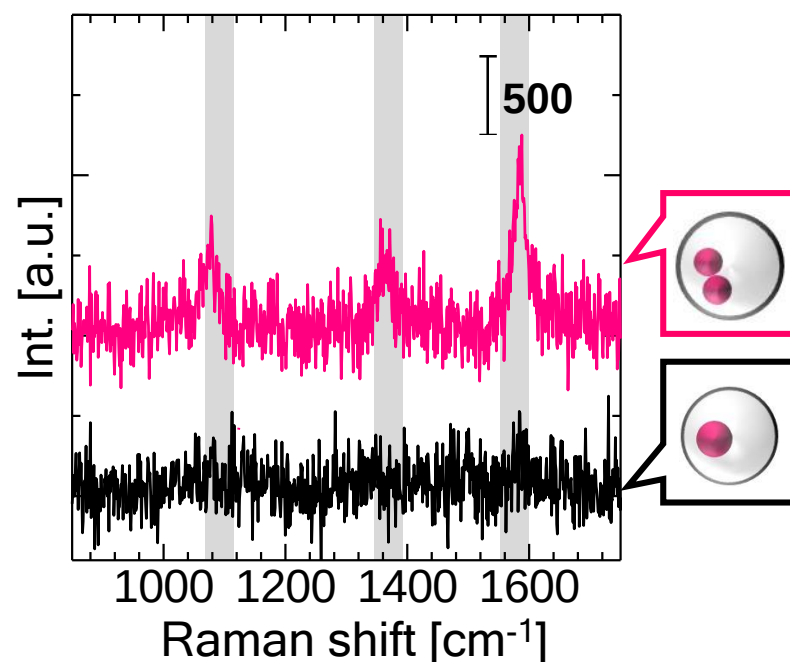
合成条件を変化させることで内包金ナノ粒子の個数を制御可能

■ 合成した卵型粒子の光学特性およびセンシング特性

- UV-Vis spectra



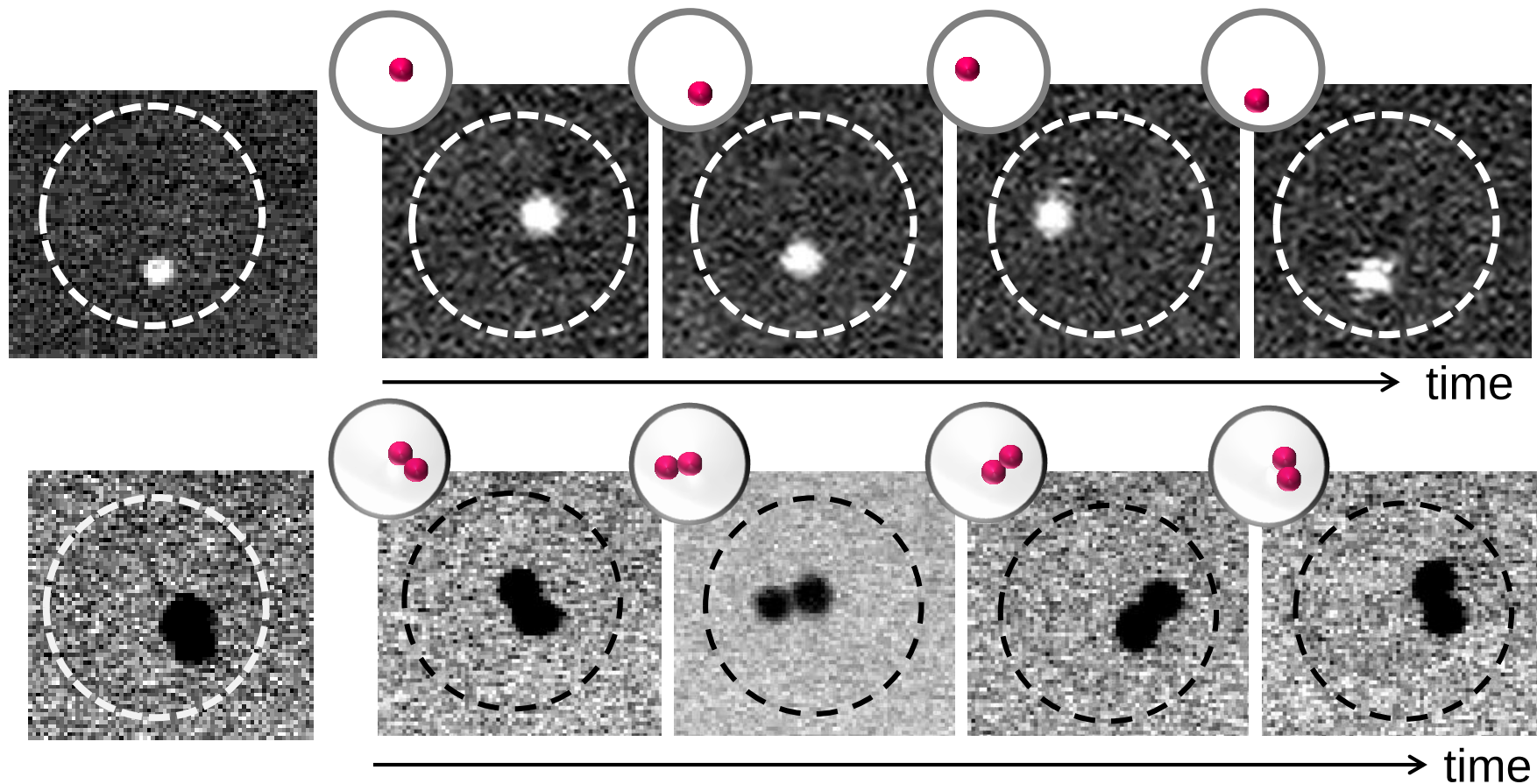
- Raman spectra of PMBA (measured at 663-nm laser)



複数の金ナノ粒子を内包することで、卵型粒子のセンシング能が向上

■ 内包金ナノ粒子の可動性評価

※ 液中で観察可能な電子顕微鏡（liquid cell transmission electron microscopy）を使用



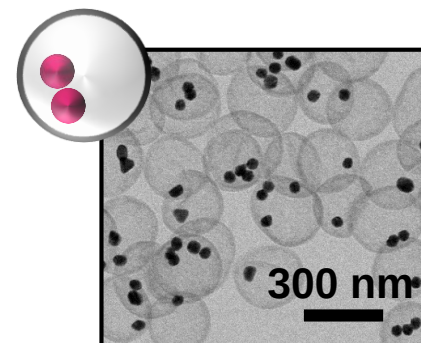
内包した金ナノ粒子が中空粒子内部でブラウン運動する様子を確認

■ 使用粒子など

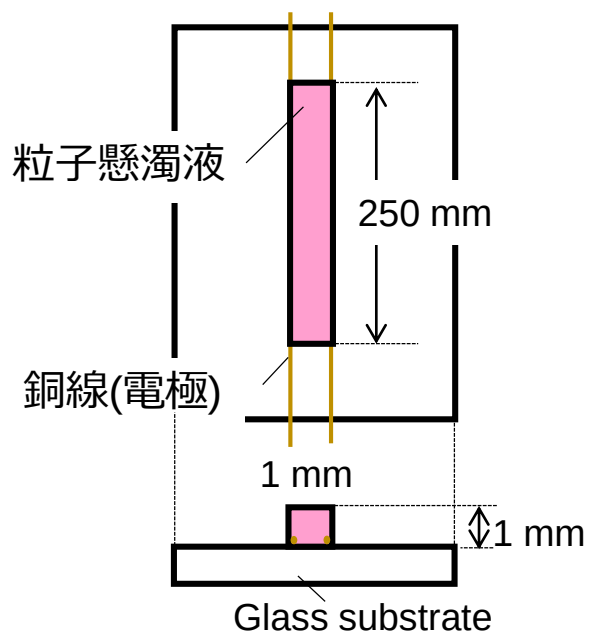
使用粒子：金ナノ粒子を内包した卵型粒子

分散媒：脱イオン水

粒子濃度：0.15 vol%



■ 交流電場作用下でのラマンスペクトル測定手順

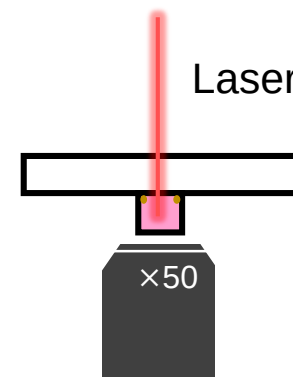


AC electric field

50 V/mm,
1 kHz

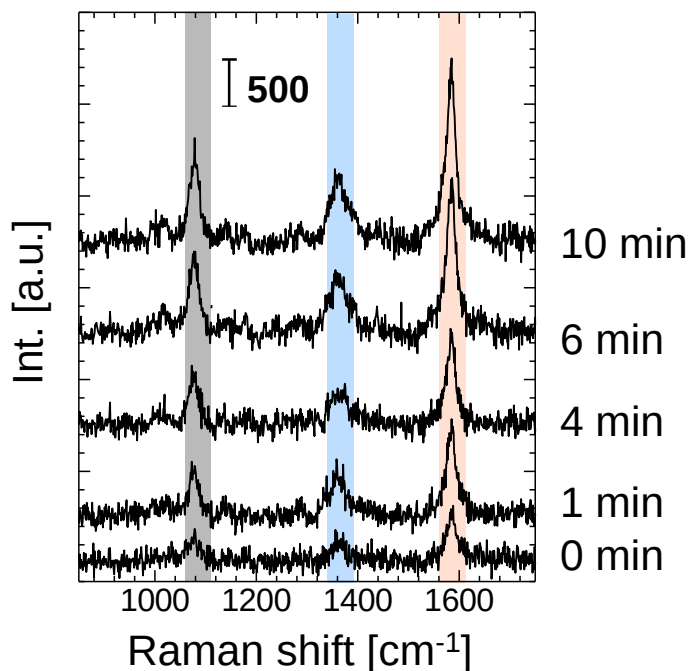
Raman
measurements

レーザー波長: 633 nm
レーザー強度: 5 mW
測定積算時間: 10 s



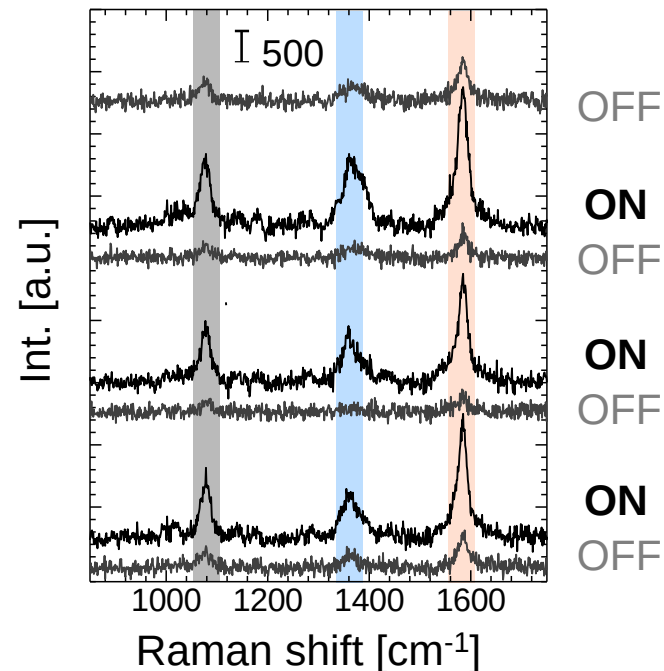
■ 交流電場作用下でのラマンスペクトル測定結果

・ 電場印加時間依存性



印加時間の増大に伴い
ラマンスペクトル強度も増大

・ センシング特性の可逆性



電場ON/OFFの切り替えで
ラマンスペクトル強度が可逆変化

金ナノ粒子内包型の卵型粒子の高感度センシング素子への応用が期待

■ 発明の名称

光学素子、光学素子を用いたデバイスおよび光学素子の製造方法

■ 出願番号

特願2016-098658

■ 公開番号

特開2017-207573

■ 出願人

東北大学

■ 発明者

長尾 大輔、今野 幹男、渡部 花奈子

東北大学 産学連携機構 総合連携推進部

■ TEL 0 2 2 – 7 9 5 – 5 2 7 4

■ FAX 0 2 2 – 7 9 5 – 5 2 8 6

■ e-mail liaison@rpip.tohoku.ac.jp

■ 問い合わせ専用URL

<http://www.rpip.tohoku.ac.jp/jp/information/gijutsu/>