新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

極微細なナノダイヤモンドの分級と製造方法

大阪大学　産業科学研究所
マテリアル先端リサーチインフラ拠点
特任研究員　大喜多　弘隆

2025年1月30日

自己紹介

2020年9月　大阪大学　蛋白質研究所

2024年11月　大阪大学　産業科学研究所
マテリアル先端リサーチインフラ拠点（ARIM）エーリム

さん犬（けん）

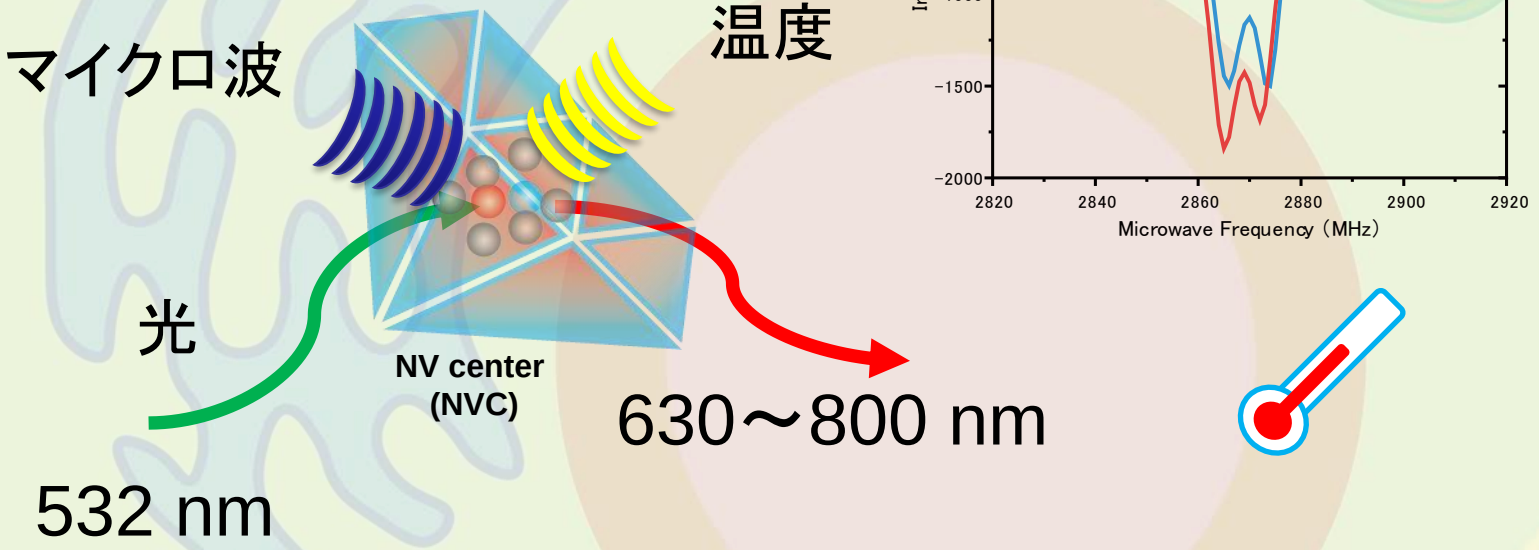
専門分野

物理化学
ソフトマテリアル
ナノマテリアル

ナノテク関連の
先端機器共同利用

文部科学省　光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）
「量子生命技術の創成と医学・生命科学の革新」

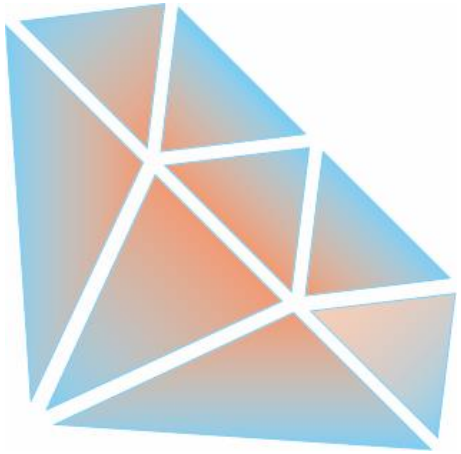
グループA
生体ナノ量子センサー

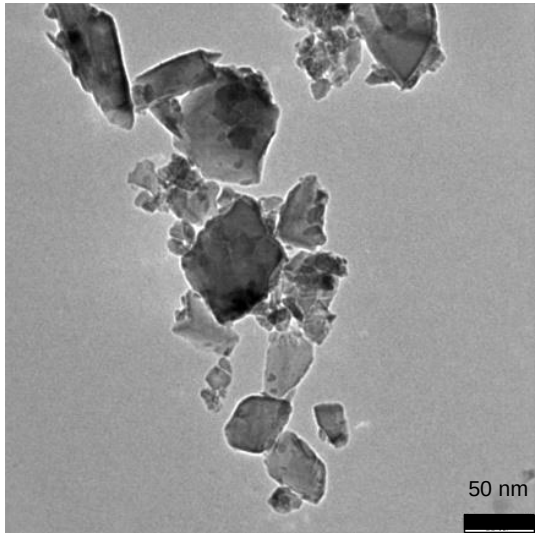


量子ナノダイヤモンドセンサー　　生体への応用

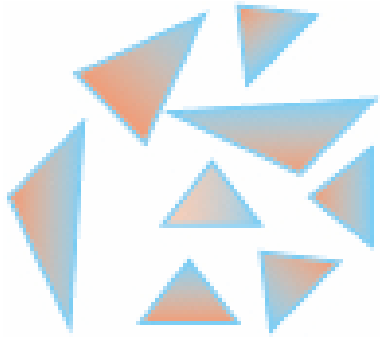
ナノダイヤモンドとは？

肉眼では見えなく小さなダイヤモンド

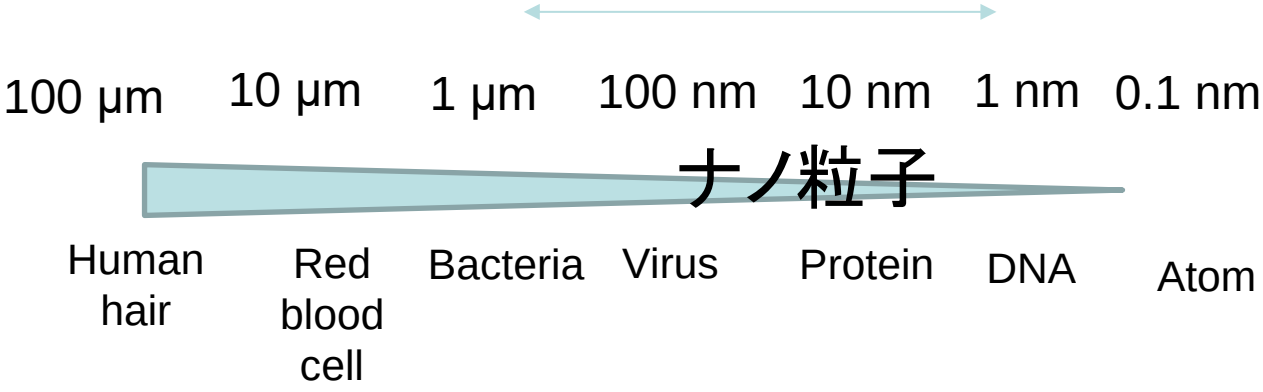




電子顕微鏡像



ナノダイヤモンド（ND）



広大な表面積

莫大な粒子数

ナノダイヤモンドの用途

生体への応用

神経中枢を狙った
ナノキャリア
ドラッグデリバリー

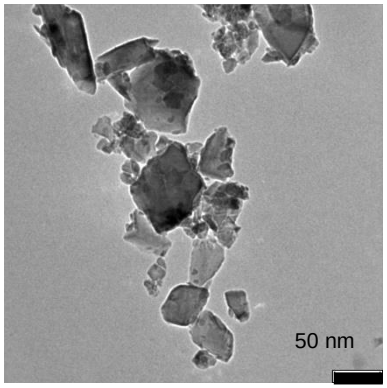
蛍光イメージング

NMRやMRIへの応用

抗菌と抗ウイルス剤

生体無毒
遺伝子発現に対して無害

ナノダイヤモンド(ND)



化学工業への応用

潤滑油への添加剤

ポリマーへの添加

切削　研磨剤

塗料などへの応用

素材科学への応用

CVD膜状ダイヤモンドに用いる種結晶

ダイヤモンド量子センサー

高付加価値小規模産業

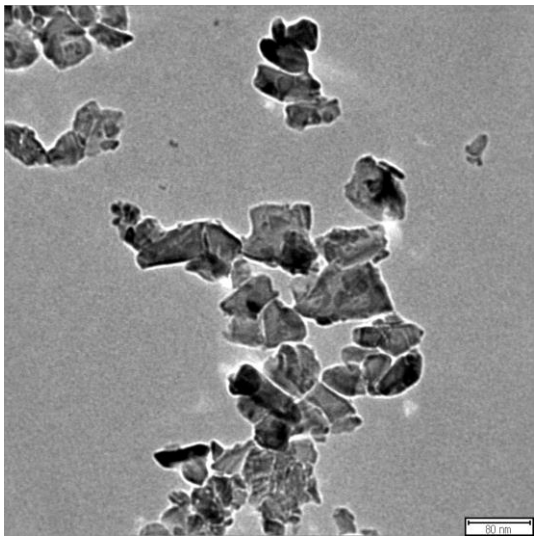
汎用的大規模産業

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

ナノダイヤモンドの種類

合成ナノダイヤモンド（市販品TEM像）

高圧高温法（HPHT）ND



80 nm

単結晶

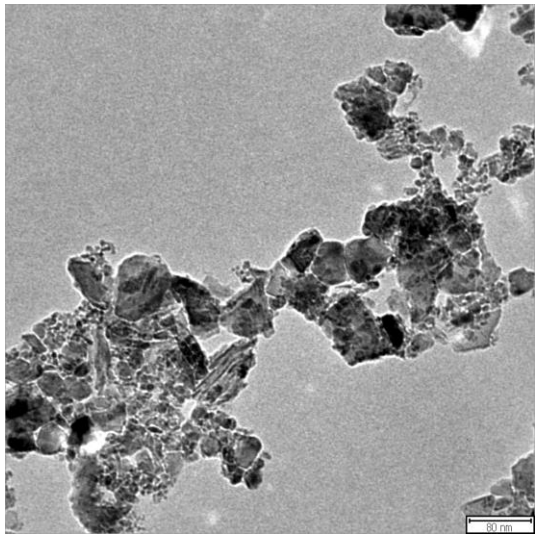
粒子形は鋭い

1～200`nm

低窒素濃度

～0.01% N（～100 ppm)

爆発法ND



80 nm

多結晶

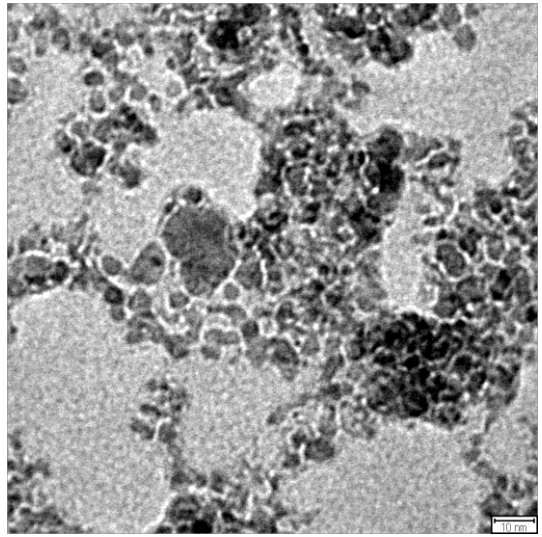
粒子形は丸い

1～200`nm

40 GPa 3000 ℃

六方晶と立方晶

爆轟ダイヤモンド（DND）



10 nm

多結晶

粒子形は小さい

1～30`nm

高窒素濃度

～1% N（～10000 ppm)

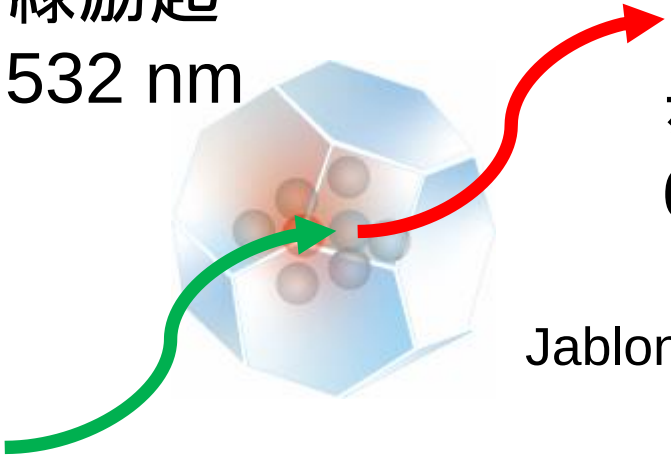
どの種類もサイズのばらつきが大きい

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

蛍光性ナノダイヤモンド（FND）

ナノダイヤモンドの応用

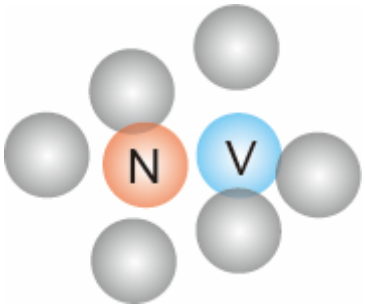
緑励起
532 nm



赤色の蛍光
630～800 nm

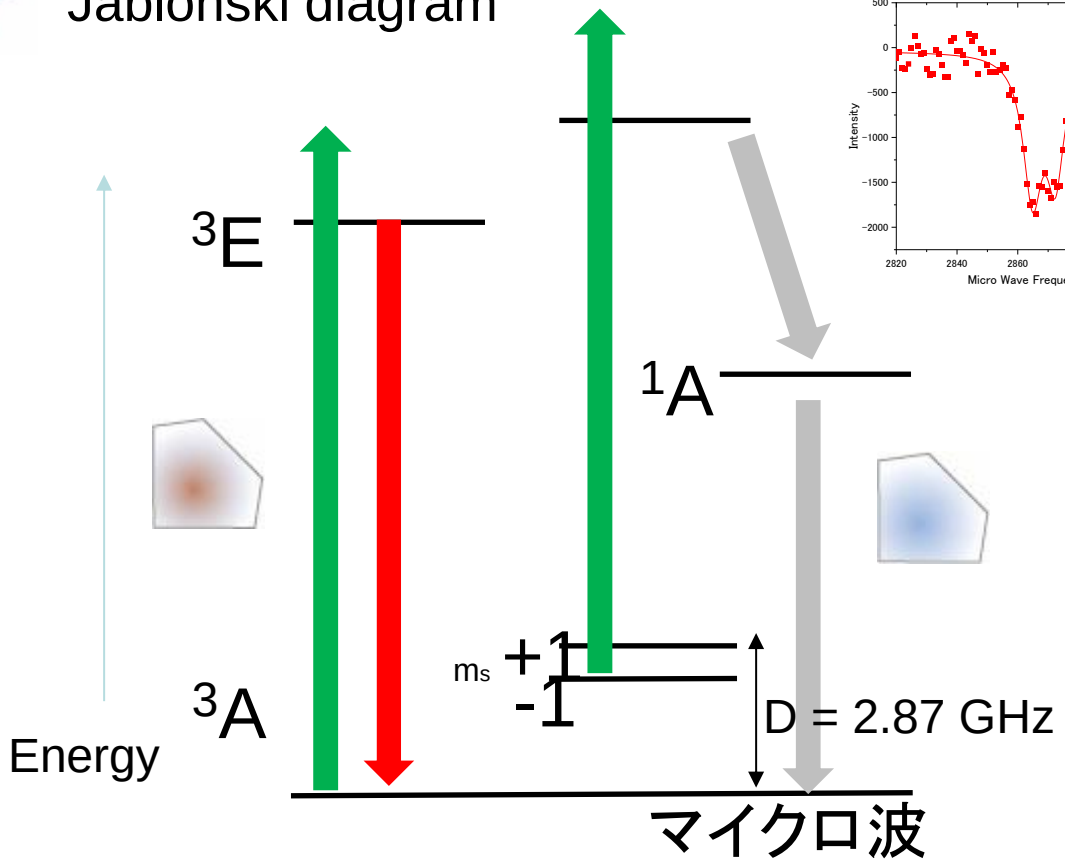
バイオナノ量子センサー

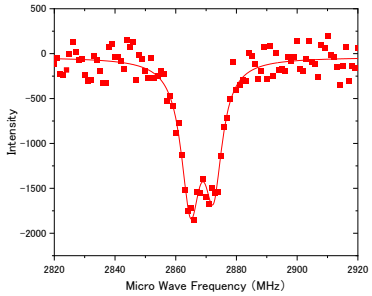
ナノ領域のセンシング

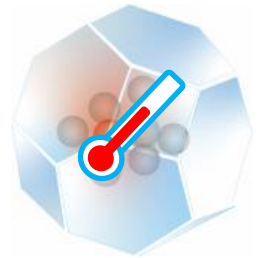


NV中心
(NVC)

Jablonski diagram





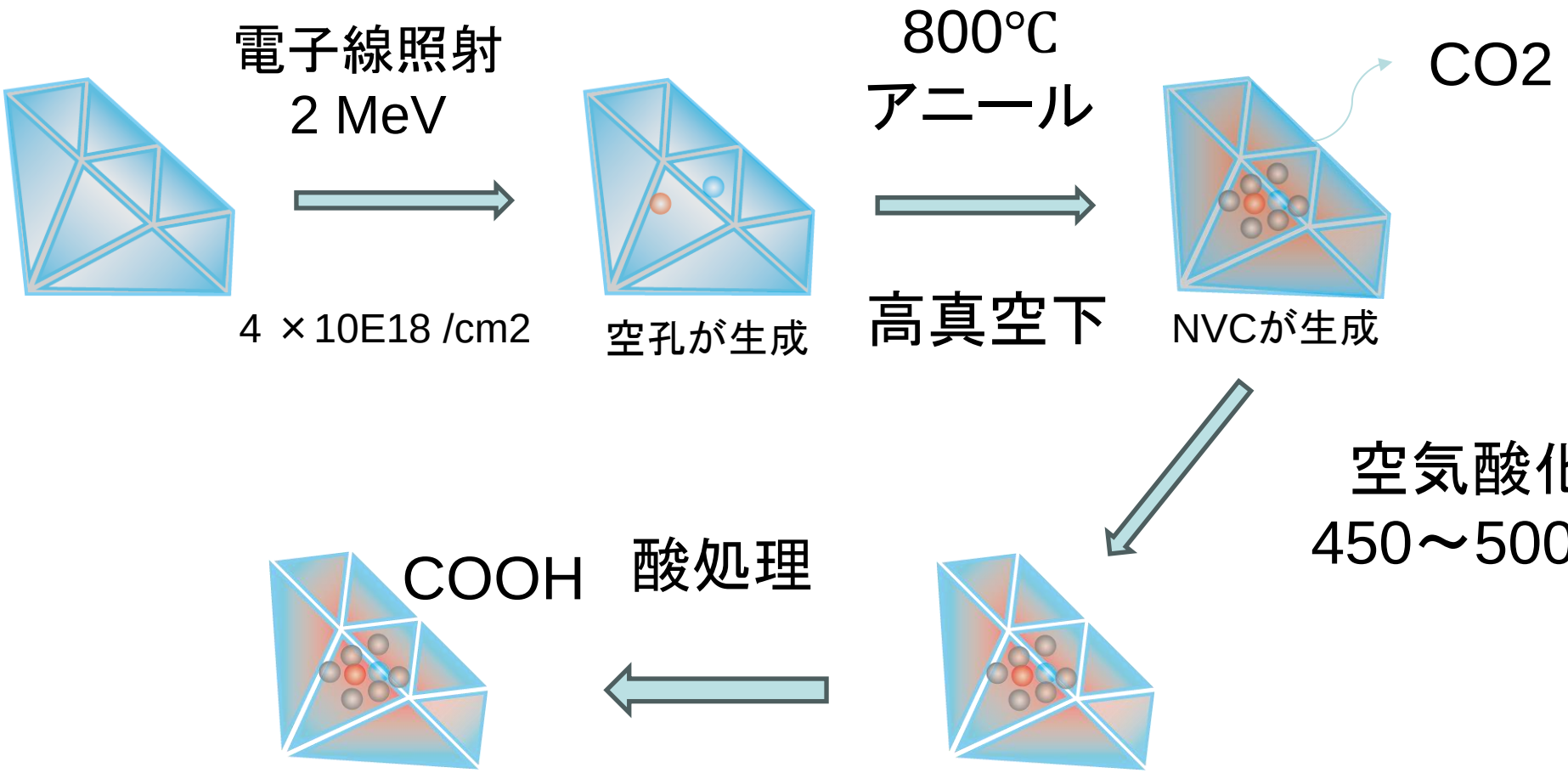


温度

磁場
pH
電子スピン
核スピン
etc.

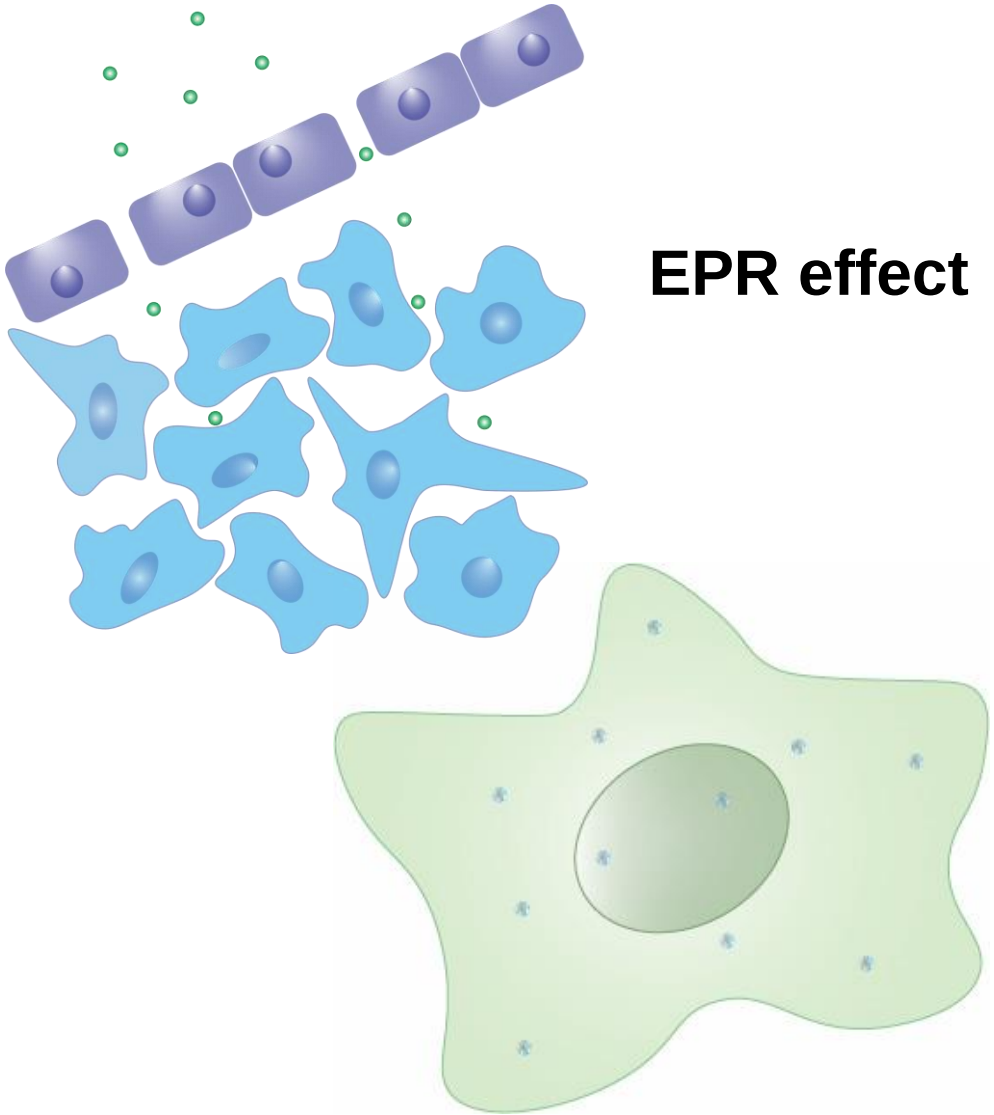
水に高分散なFNDの合成

ナノダイヤモンドの応用



バイオセンサーとしての有用性

ナノダイヤモンドの応用



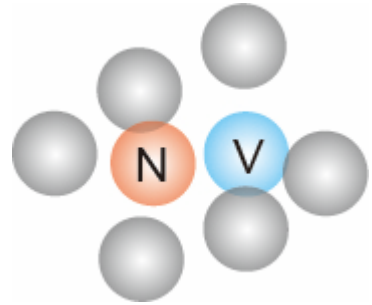
EPR effect

	蛍光性ナノダイヤモンド
蛍光波長	630～800 nm
退色	なし
点滅	なし
量子収率	0.7～0.8　高い
蛍光寿命	25 ns　長い
毒性	なし
化学的安定性	安定

Table.1：蛍光プローブとしての特徴

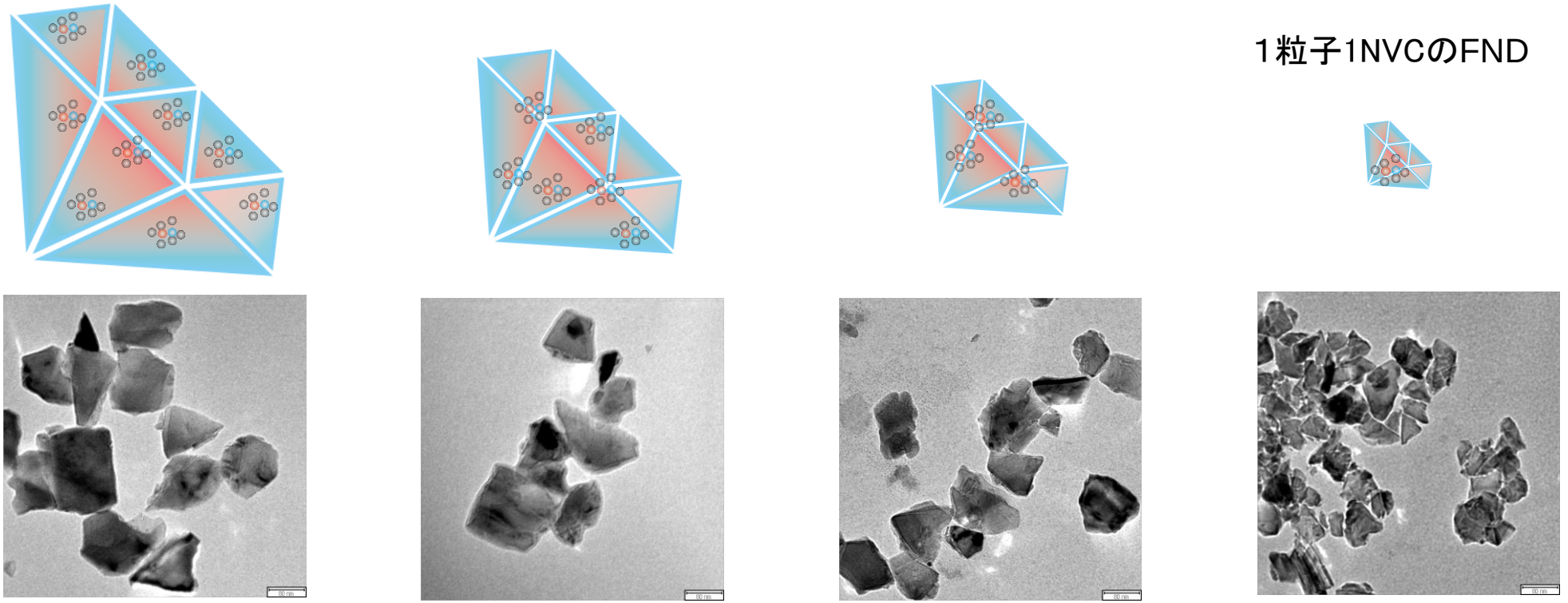
高精度の量子センサー

窒素空孔中心
(NVC)



蛍光強度

1粒子1NVCのFND



平均粒径. 131.8 nm

平均粒径104.3 nm

平均粒径. 81.8 nm

平均粒径 60.4 nm

従来技術とその問題点

既に５０nm以下のナノダイヤモンドナノ粒子の分級として実用化されているものには、高速液体クロマトグラフもしくは超遠心を用いた密度勾配法等があるが、

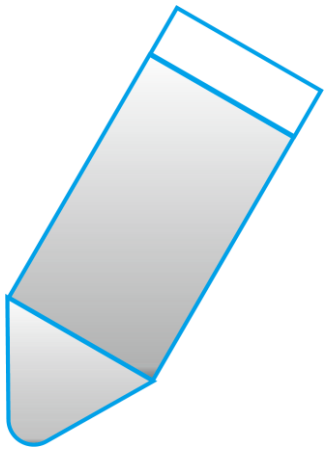
1. スケール化することが難しい(量)
2. 高価な機器や高度技術が必要(高コスト)

等の問題があり、コスト面から産業応用されるまでには至っていない。

従来の超遠心を用いた分離

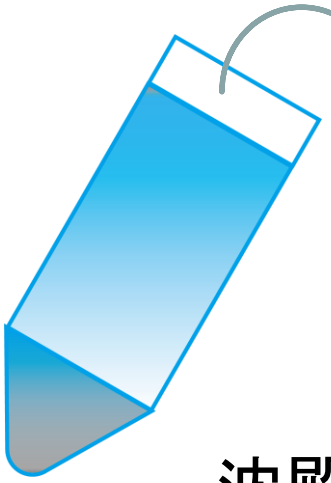
分散液

超遠心



高回転
15分～1 時間

上澄み

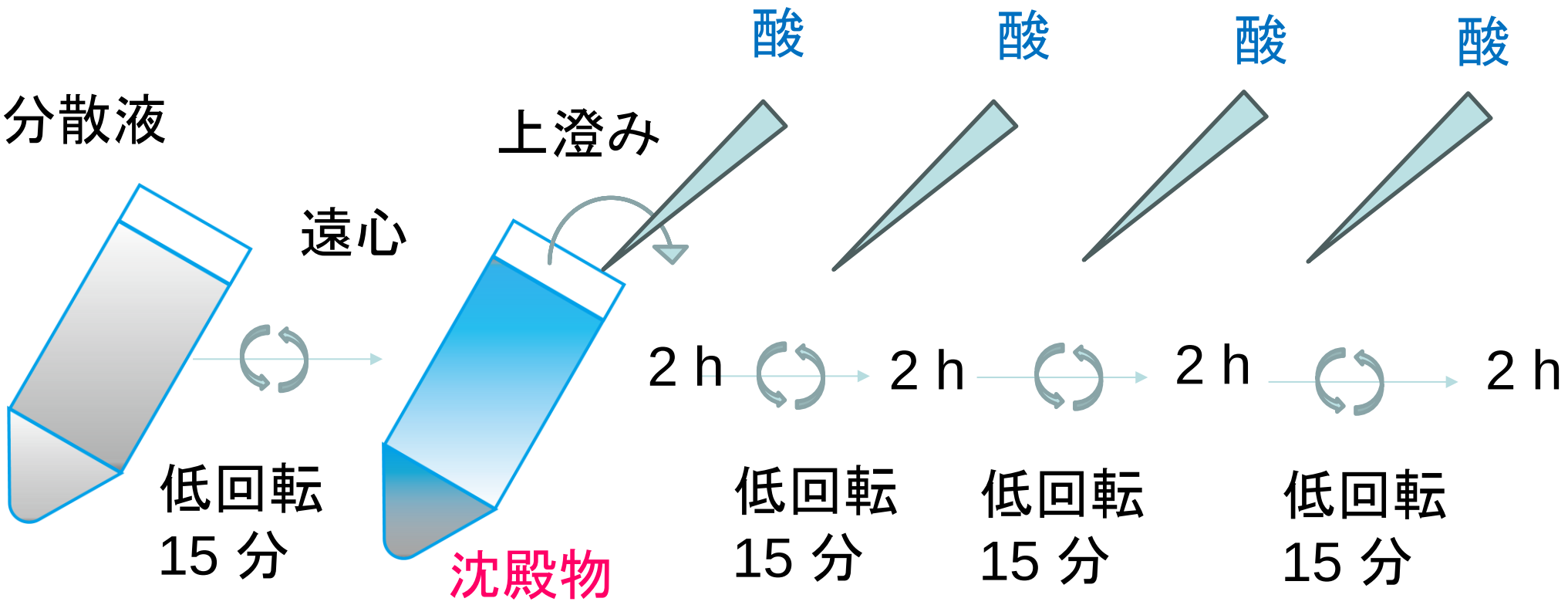


粒径の小さいもの

沈殿物

粒径の大きいもの

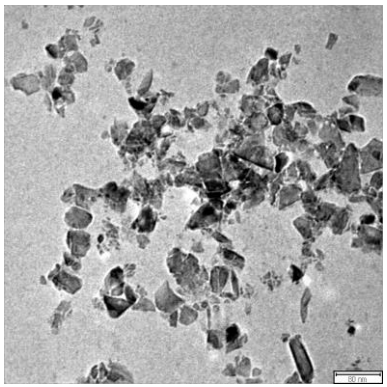
簡便で量的に使える新技術



サンプルA　サンプルB　サンプル C　サンプルD

平均粒径50 nmのNDを分級した結果

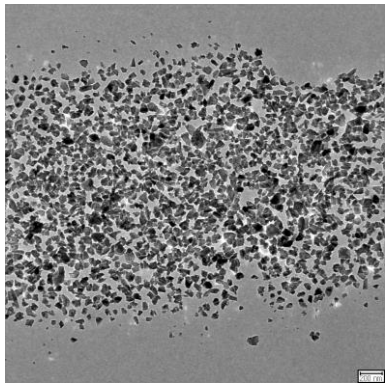
元サンプル



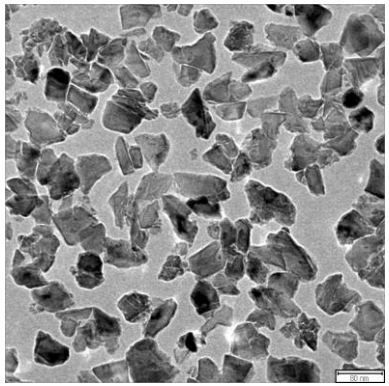
80 nm

透過型電子顕微鏡（TEM）像

サンプルA

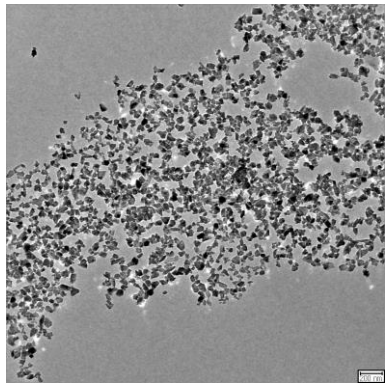


200 nm

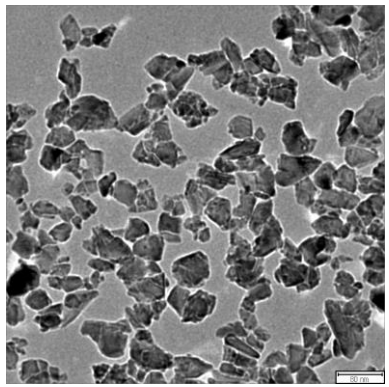


80 nm

サンプルB

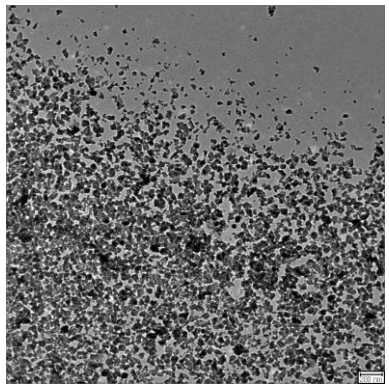


200 nm

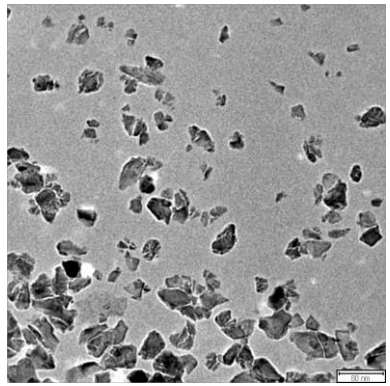


80 nm

サンプル C

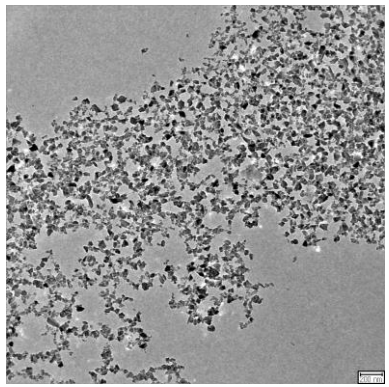


200 nm

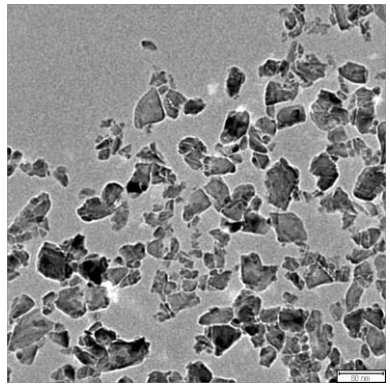


80 nm

サンプルD



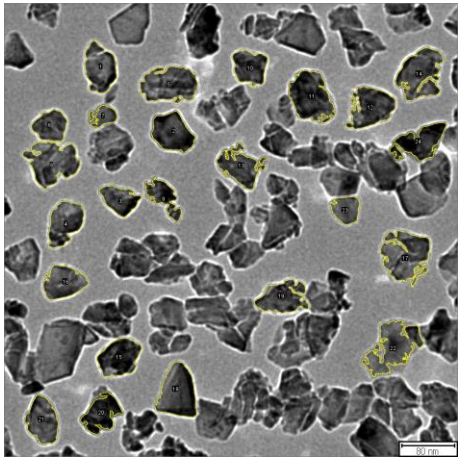
200 nm

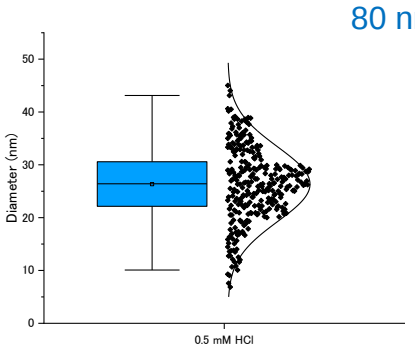


80 nm

分級サンプルの解析結果

サンプルA

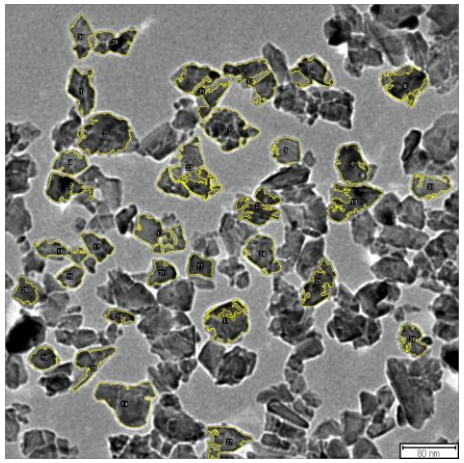


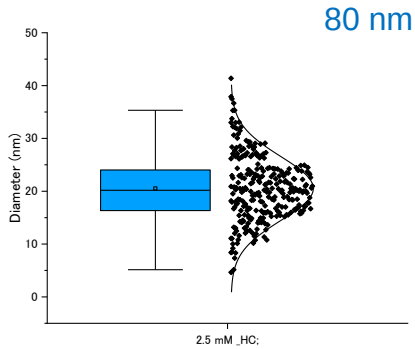


TEM像計測値　26.33 nm

動的光散乱（DLS）解析値
47.39 nm

サンプルB

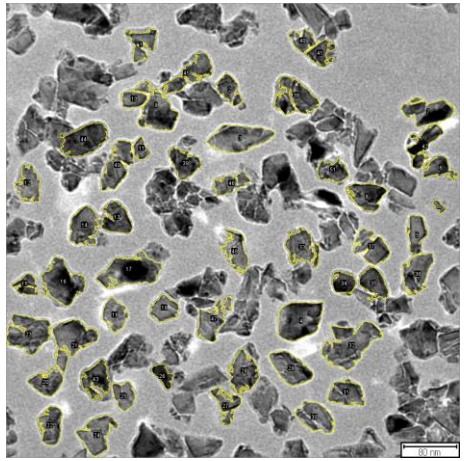


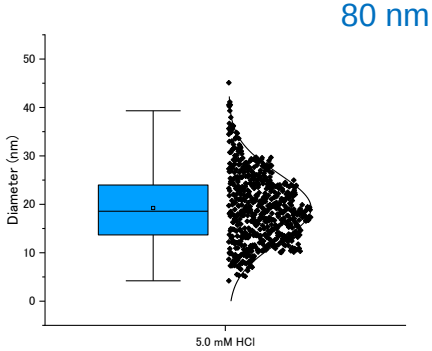


測定値 20.52 nm

DLS
34.12 nm

サンプルC

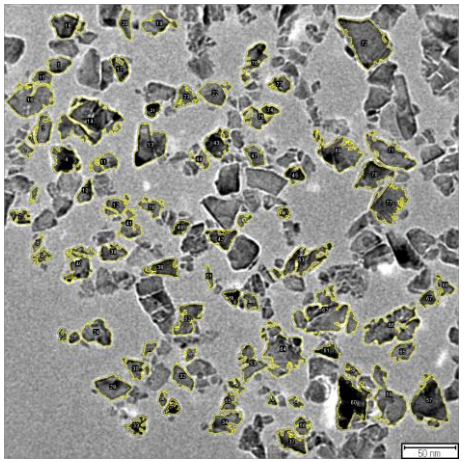


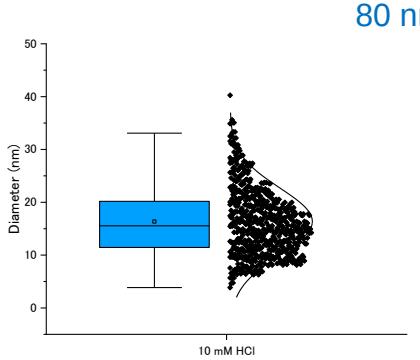


測定値19.22 nm

DLS
40.97 nm

サンプルD



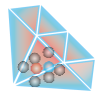


測定値 16.35 nm

DLS
33.89 nm

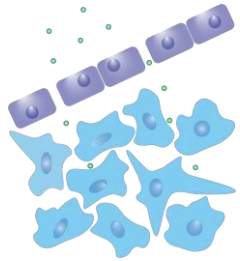
新技術の特徴･従来技術との比較

- 従来から特に５０nm以下のナノダイアモンドの分級について課題であった、量的な点でラボレベルの使用に限られていたが、グラムスケールまで精密分級の技術が向上できたため、産業応用レベルへの展開が可能となった。
- 本技術の適用により、高価な機器を使用せず簡便な設備で応用できるため、簡便な設備を使用することで安価に(分級コストが1/2～1/3程度）まで削減されることが期待される。



想定される用途

- 特にこれまで困難であった約50nm直径のナノ粒子は、高精度の研磨剤、触媒やポリマー添加剤への展開など、多くの産業応用が考えられる。
- 上記以外に、ナノダイヤモンドは、高精度な個体量子センサーとしての応用も期待される。
- また、達成されたナノサイズレベルでの粒度制御に着目すると、フォトニック結晶やドラッグデリバリー（DDS）といった分野や用途に展開することも可能と思われる。

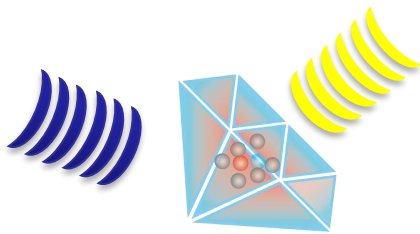


実用化に向けた課題

- 現在、本技術を用いた各種類の合成NDについてラボレベルの分級が可能となっているが、産業応用レベルのスケールアップはこれからである。
- 実用化に向けて、分級の精度を数nmまで向上できるよう技術を確立する必要もある。
- 今後、工業スケール化を実施する上で必要となる実験データを取得し、工場レベルの量産と分級精度の向上に必要な検証を行っていく。

企業への期待

- 未解決の産業応用課題については、食品などの簡便な遠心分離装置開発の技術により克服できると考えている。
- 装置開発やプラント技術を持つ企業との共同研究を希望。(例：研磨剤、化学メーカー)
- また、DDSを開発中の企業、量子センサー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。



企業への貢献、PRポイント

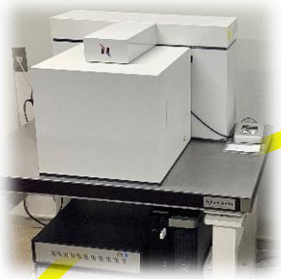
- 本技術は産業応用が可能なため、具体的な量産化と微細で均一なNDを製品化し市場導入することで市場ニーズや応用領域の明確化により企業に貢献できる。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを得ることが可能。
- 本技術導入にあたっての技術指導、産学連携・共創による事業化、共用機器を用いた試行等もお気軽にご相談ください。

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

阪大ARIMの共用機器群

ナノ粒子解析プラットフォーム

ナノ材料の多角的解析とトランススケール解析をワンストップで実現。



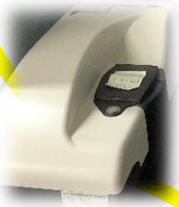
表面状態

OS-127
Nanophoton
RAMAN-touch
VIS-NIR-OUN

ナノ形状

OS-125
Hitachi AFM5300E

粒径



OS-123
Malvern DLS
Zetasizer Nano ZS

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

ARIM Japan

SANKEN 大阪大学 産業科学研究所

共用機器の活用

結晶構造

OS-120
Rigaku XRD
Smart lab UltimaⅣ

Hitachi SEM/STEM
SU9000

原子分解能

←機器利用詳細
・相談は無料
・明朗会計、安心価格
さらに、専門家によるサポート！

本技術の評価・検証ARIM共用機器をご利用いただけます！
（共用機器を活用することで、企業様の評価・検証の経費負担を軽減することができます。）

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称　：ナノダイヤモンドの製造方法および製造装置
- 出願番号　：特願2023-209483
- 出願人　：大阪大学
- 発明者　：大喜多弘隆、原田慶恵

お問い合わせ先

大阪大学　共創機構
イノベーション戦略部門　知的財産室

＜ＴＥＬ＞ 06－6879－4861

<e-mail>　tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp