

# 美しい像が未来をつくる

## ～JSM-IT800<SHL>の各検出器による情報選択～

日本電子株式会社  
山口 祐樹



美麗とは  
人を魅了する美しさのこと

試料：酸化セリウム  
試料提供：名古屋大学教授 高見誠一様

— 100 nm

## 1. JSM-IT800<SHL>の検出システム

## 2. 各検出器による応用例

- SED（二次電子検出器）
- BED（反射電子検出器）
- UHD（上方ハイブリッド検出器）
- UED（上方電子検出器）

## 3. まとめ





## JSM-IT800〈SHL〉の検出システム



# JSM-IT800<SHL>の検出システム



## UHD(上方ハイブリッド検出器)

対物レンズの中に設置されている。  
二次電子を検出し、試料の表面構造を観察。

## UED(上方電子検出器)

対物レンズの上方に設置されている。  
高角度反射電子を検出し、組成像を取得。

## SHL(スーパーハイブリッドレンズ)

### STD (スタンダード) モード

磁場レンズのみのアウトレンズ型対物レンズ

### SHL (スーパーハイブリッドレンズ) モード

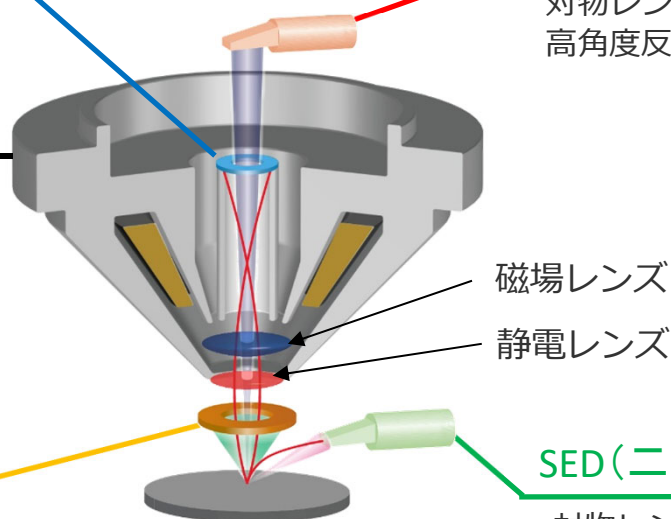
磁場レンズと静電レンズによる電磁場重畳型の対物レンズ

## BED(反射電子検出器)

対物レンズの直下に設置されている。  
中低角度の反射電子を検出し、組成像・凹凸像・チャネリングコントラストを取得。

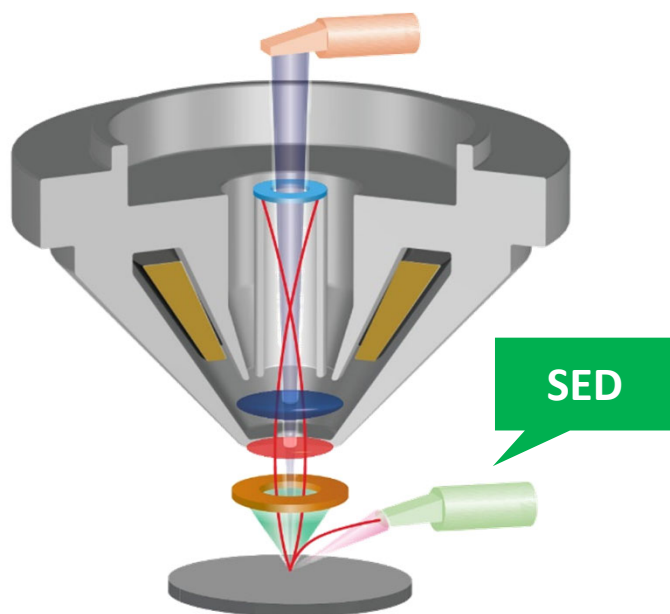
## SED(二次電子検出器)

対物レンズの後方に設置されている。  
二次電子と極低角度の反射電子を検出し、試料の凹凸構造を観察。

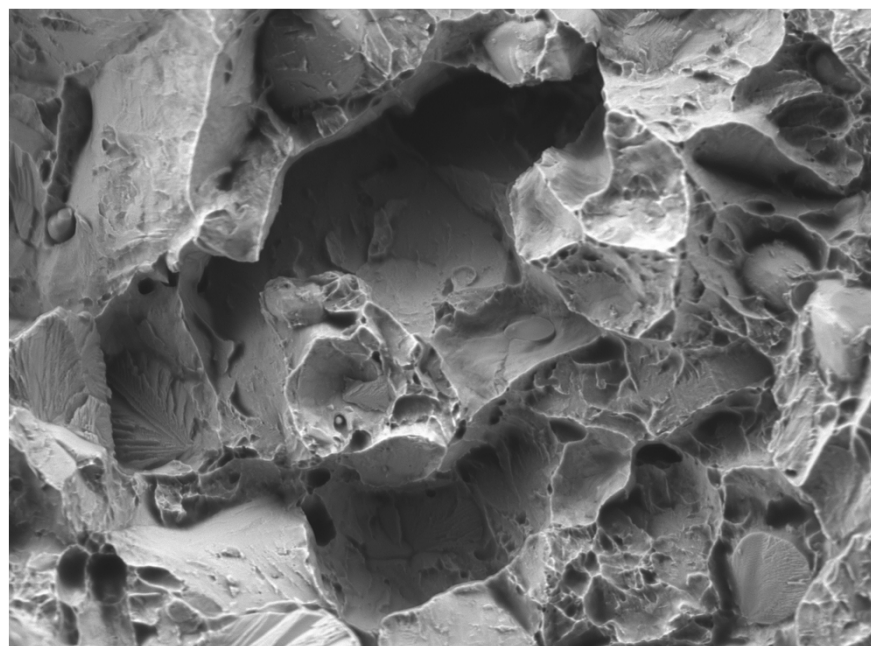


- 二次電子
- 高角度反射電子
- 中低角度反射電子
- 極低角度反射電子

## SED(二次電子検出器)



- 二次電子
- 高角度反射電子
- 中低角度反射電子
- 極低角度反射電子

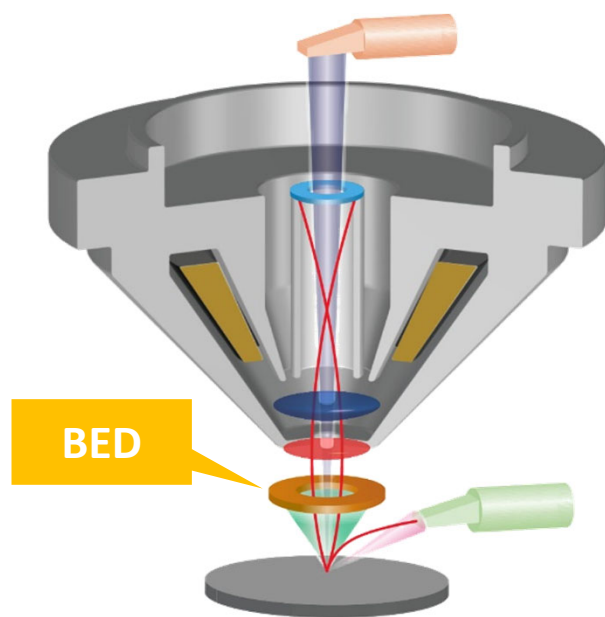


1μm

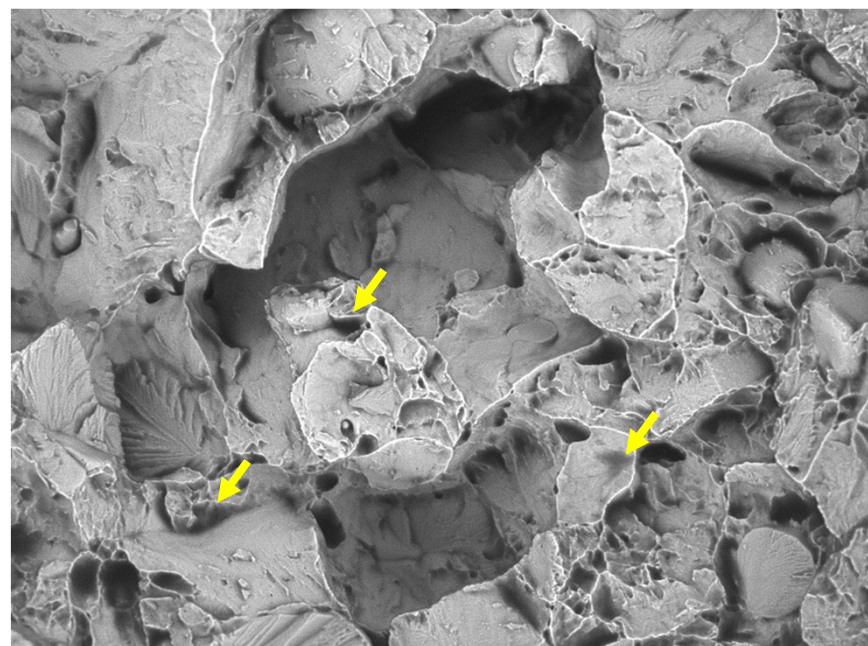
試料の凹凸構造を観察することができる。

試料：カッター刃の破断面, 入射電圧 3.0 kV, 倍率 x12,000, SHLモード

## BED(反射電子検出器)



- 二次電子
- 高角度反射電子
- 中低角度反射電子
- 極低角度反射電子

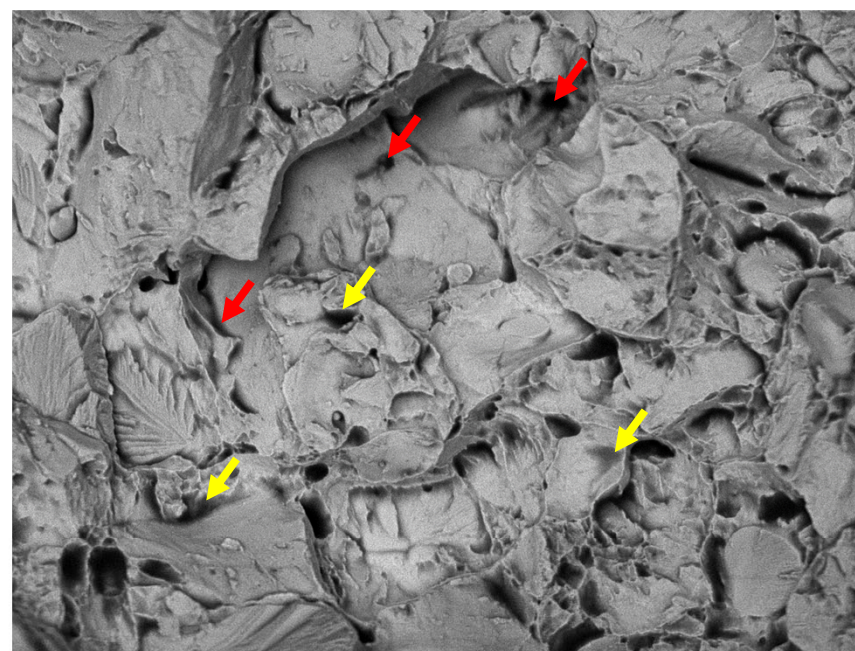
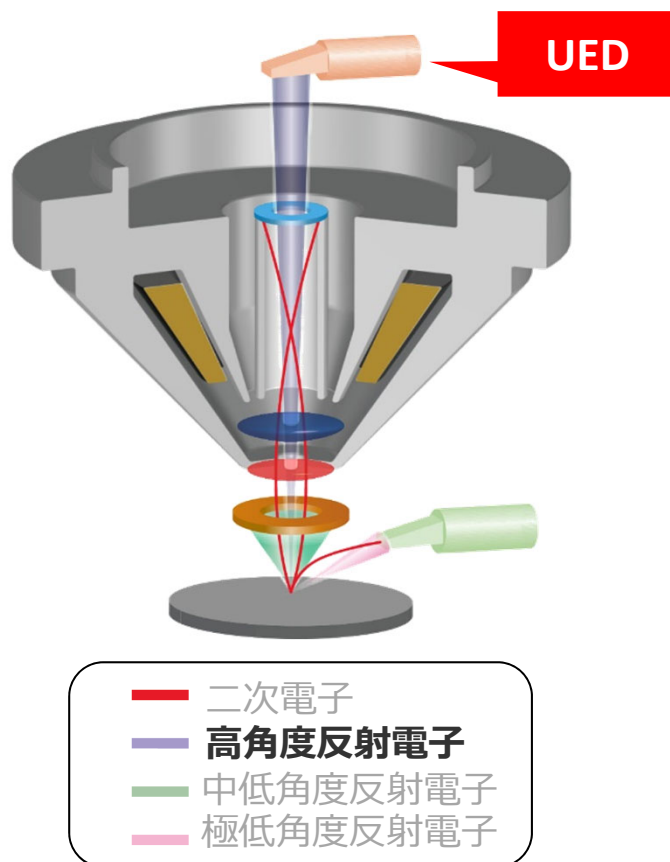


1μm

組成コントラストを観察することができる。

試料：カッター刃の破断面, 入射電圧 3.0 kV, 倍率 x12,000, SHLモード

## UED(上方電子検出器)



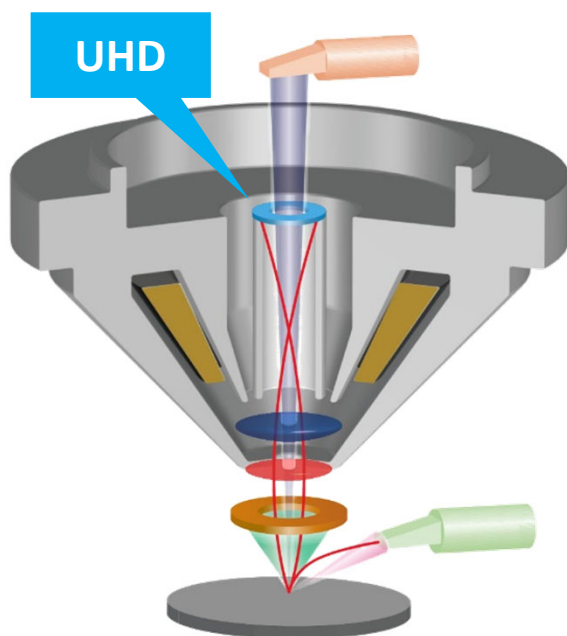
1μm

凹凸による影の影響が少なく、  
組成コントラストを観察することができる。

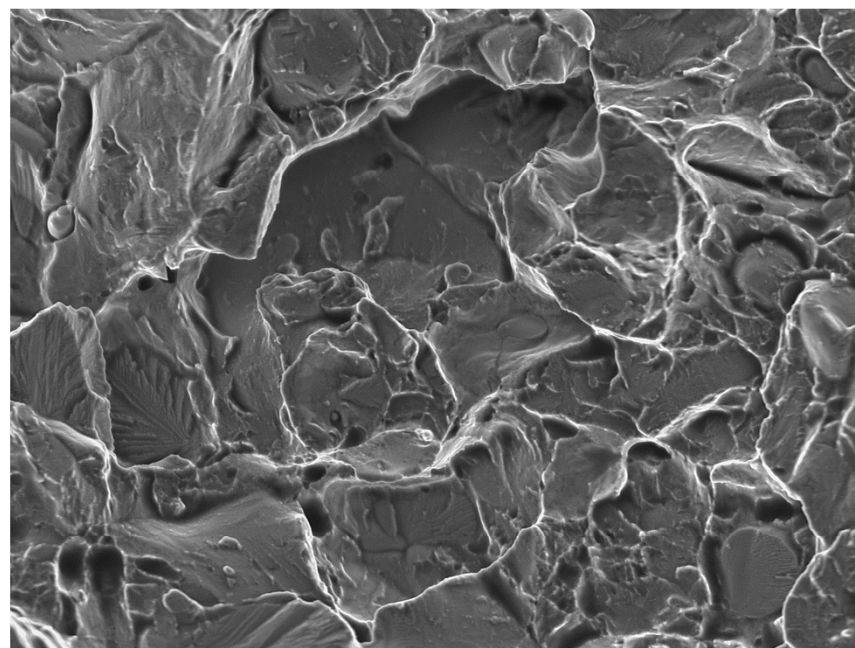
試料：カッター刃の破断面, 入射電圧 3.0 kV, 倍率 x12,000, SHLモード



## UHD(上方ハイブリッド検出器)



- 二次電子
- 高角度反射電子
- 中低角度反射電子
- 極低角度反射電子

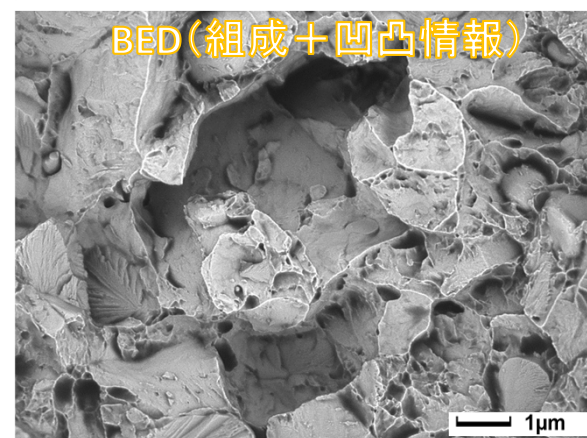
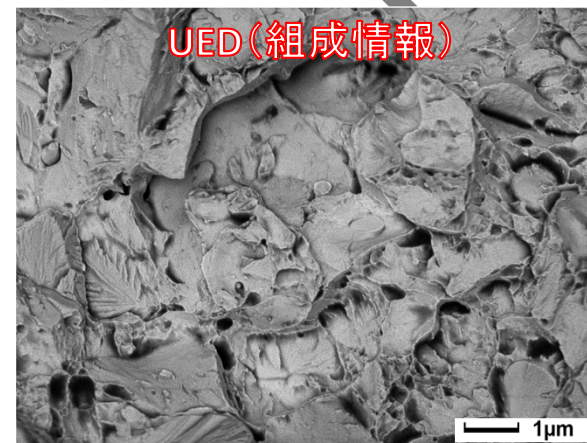
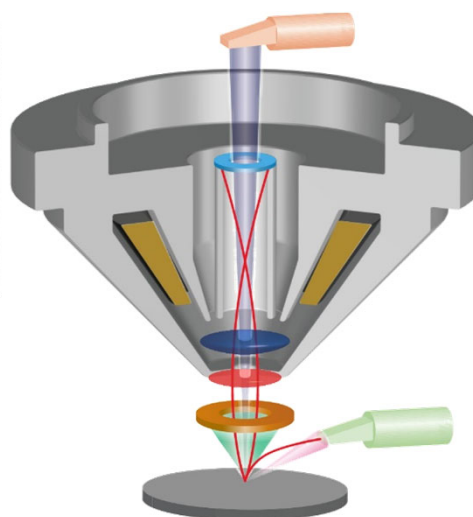
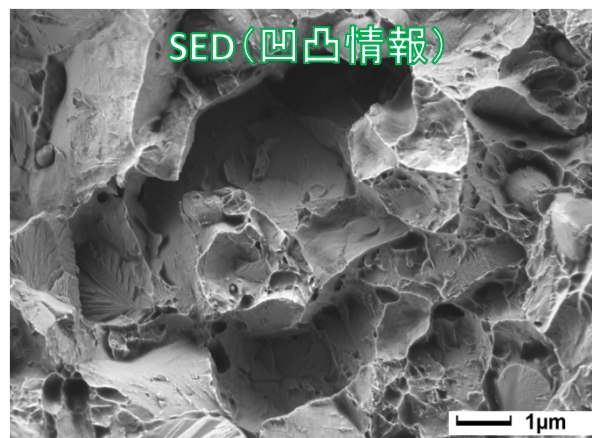
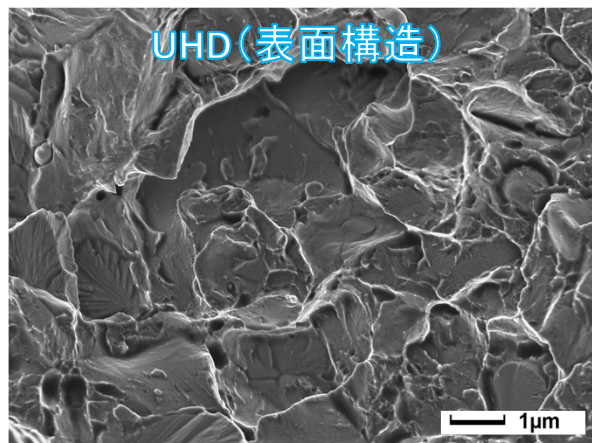


1μm

凹凸による影の影響が少なく、  
試料の表面構造を観察することができる。

試料：カッター刃の破断面, 入射電圧 3.0 kV, 倍率 x12,000, SHLモード

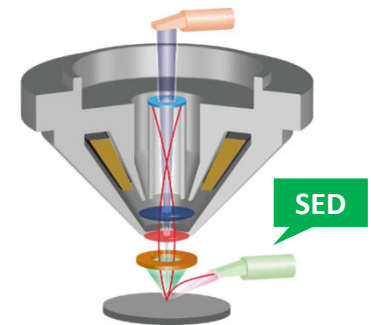
# 各検出器で取得できる像の違い



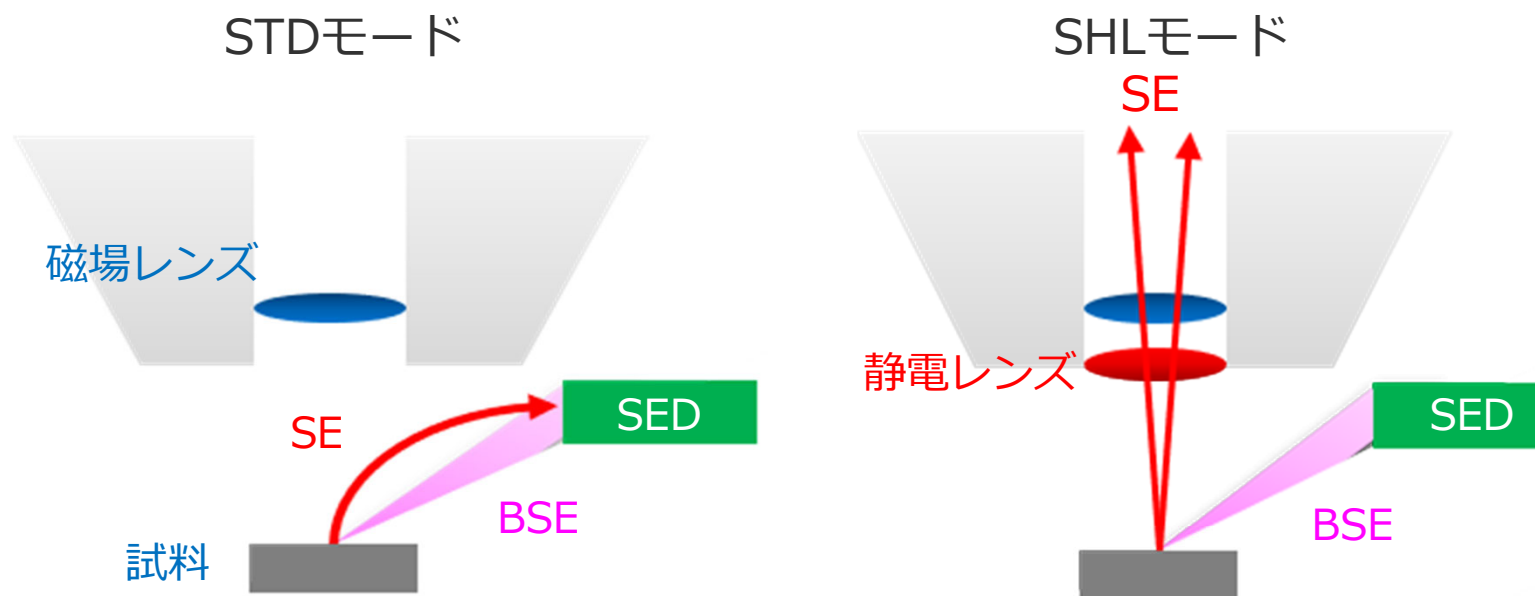


## SED（二次電子検出器）の応用例

---



## STD/SHLモードでのSED検出の違い

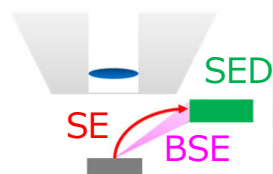
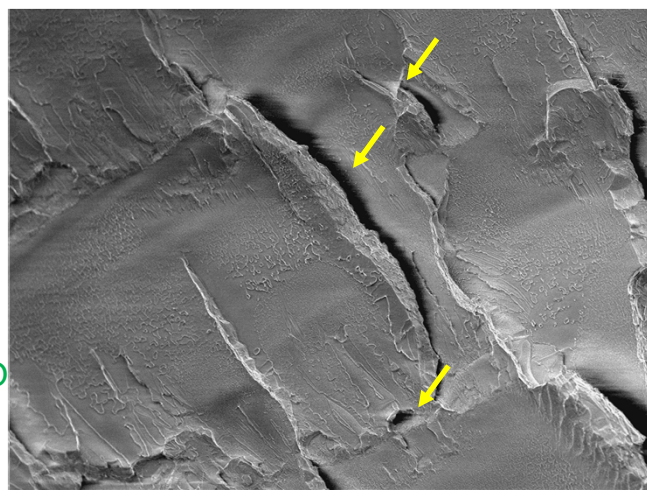


SHLモードにすると、二次電子（SE）が対物レンズ内に取り込まれ、極低角度の反射電子（BSE）がメインに検出される。

# SHL/STDモードでのSED像の違い 試料:樹脂

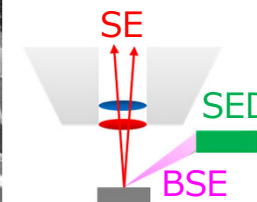
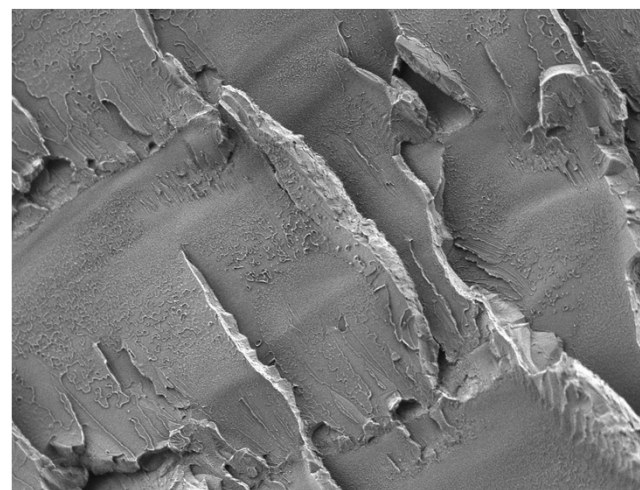


STDモード



10μm

SHLモード

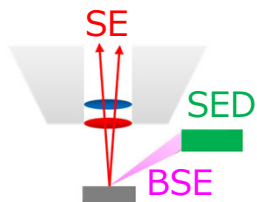
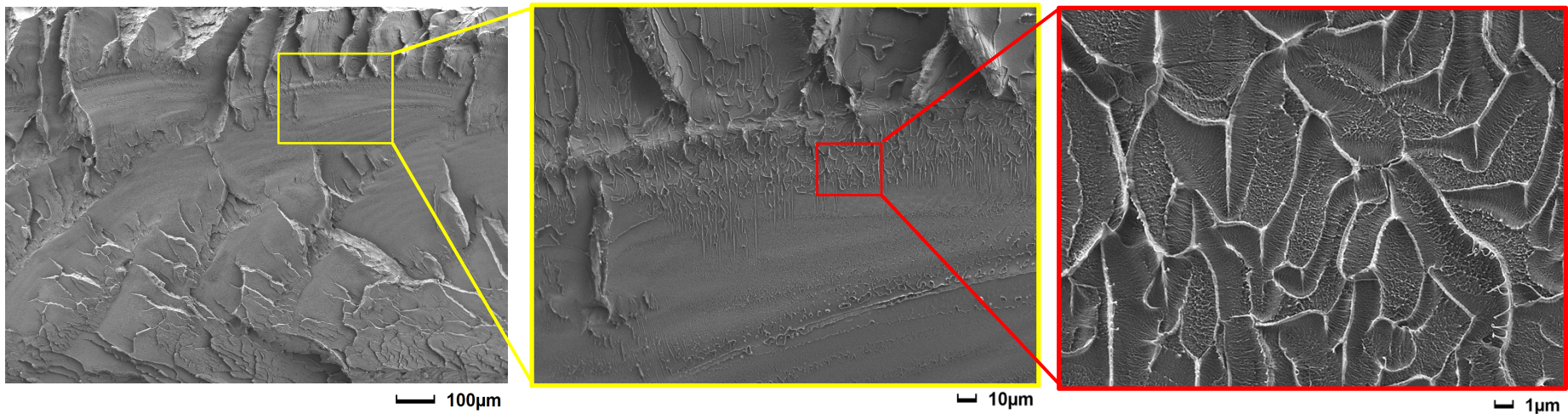


10μm

STDモードでは帯電の影響が見えてしまうが、  
SHLモードでは帯電の影響を抑え、凹凸構造を観察できる。

試料：樹脂破断面(無蒸着)，入射電圧：1.0 kV, 倍率 x500, STD/SHLモード

# SHLモードでのSED観察例 試料：樹脂



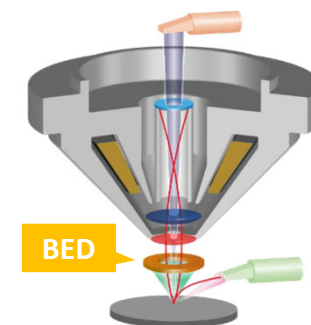
無蒸着でも帯電を抑え、凹凸構造を観察することができる。

試料：樹脂破断面(無蒸着)，入射電圧：1.0 kV, SHLモード

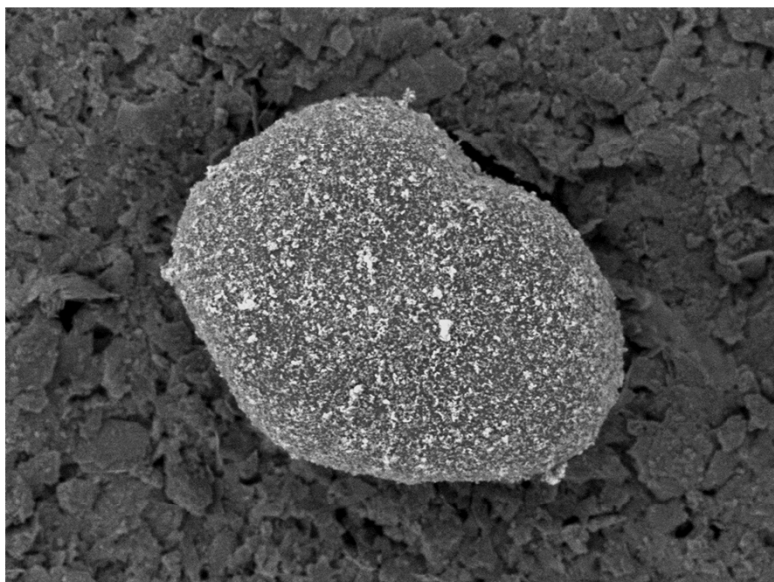


## BED（反射電子検出器）の応用例

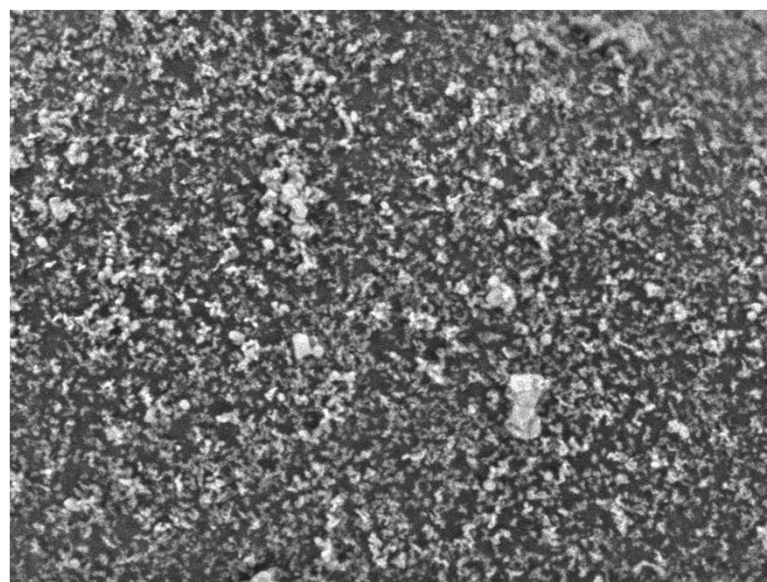
- ◆ 通常の半導体型反射電子検出器（BED）
- ◆ シンチレータ反射電子検出器（SBED）
- ◆ 多目的反射電子検出器（VBED）



# SBED(シンチレーター反射電子検出器) 試料:トナー



1 μm

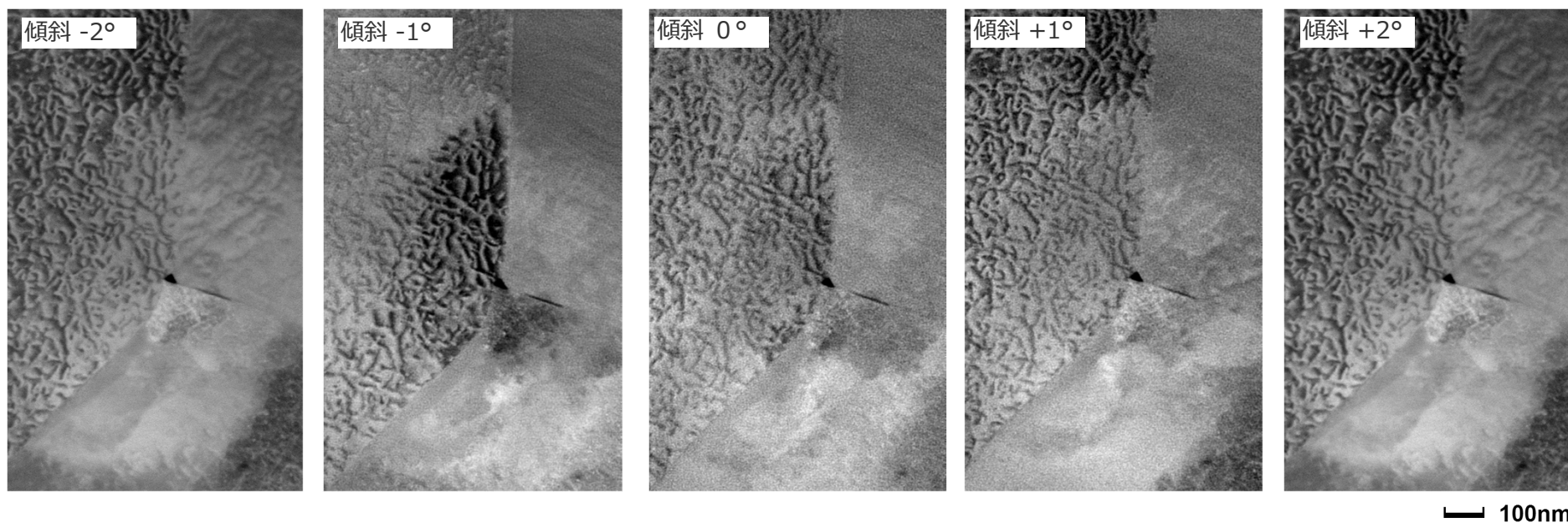


100 nm

帯電しやすいトナー表面の組成像を低入射電圧で観察

試料: トナー, 入射電圧 1.5 kV, 倍率 x10,000, x30,000, STDモード

# SBED(シンチレーター反射電子検出器) 試料: 鋼板



高入射電圧でチャネリングコントラストや転位像を観察

試料: 鋼板 (イオンミリング断面), 入射電圧 25 kV, 倍率 x80,000, STDモード



# SBED(シンチレーター反射電子検出器)

試料: 生物切片

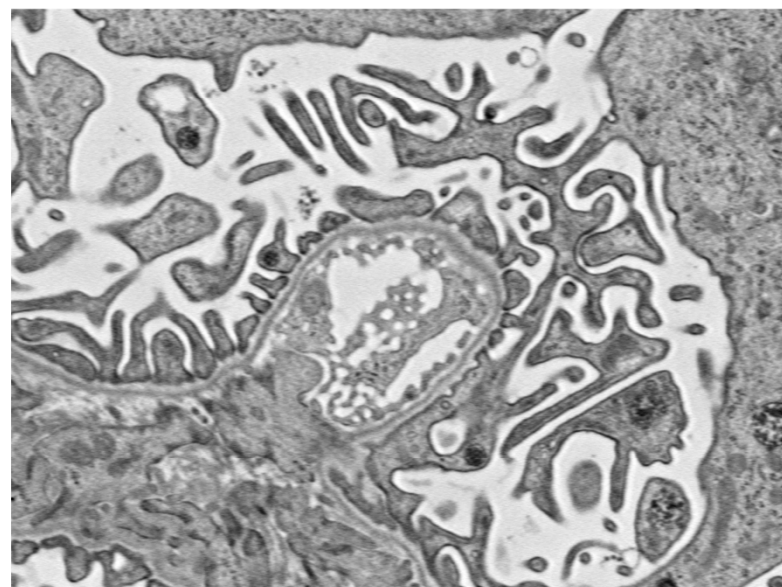


シンチレーター反射電子検出器 (SBED)



0.5μm

半導体型反射電子検出器 (BED)



0.5μm

高速スキャンで観察することが可能。

(5120 x 3840 画素で取得, スキャン速度 5.1 sec/frame)

試料: マウス腎臓の超薄切片 (コントラスト反転), 入射電圧 5.0 kV, 倍率 x15,000, STDモード

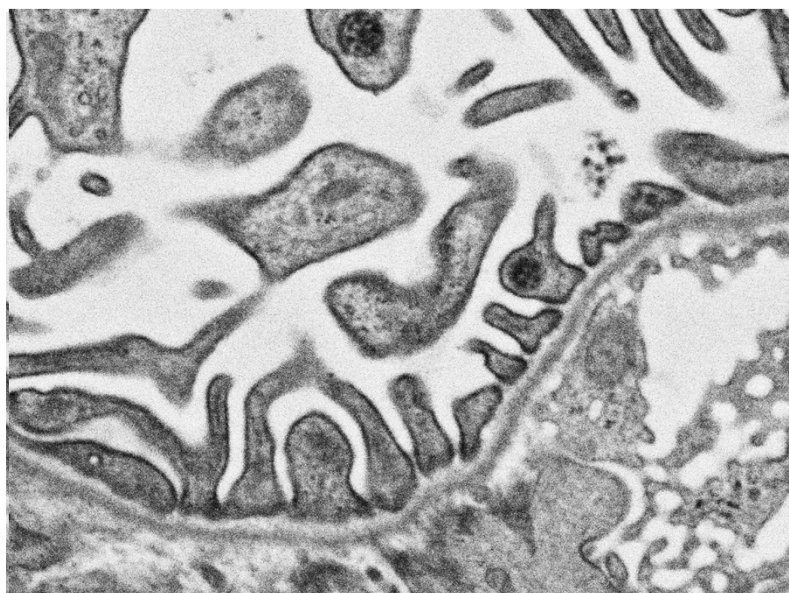


# SBED(シンチレーター反射電子検出器)

試料: 生物切片

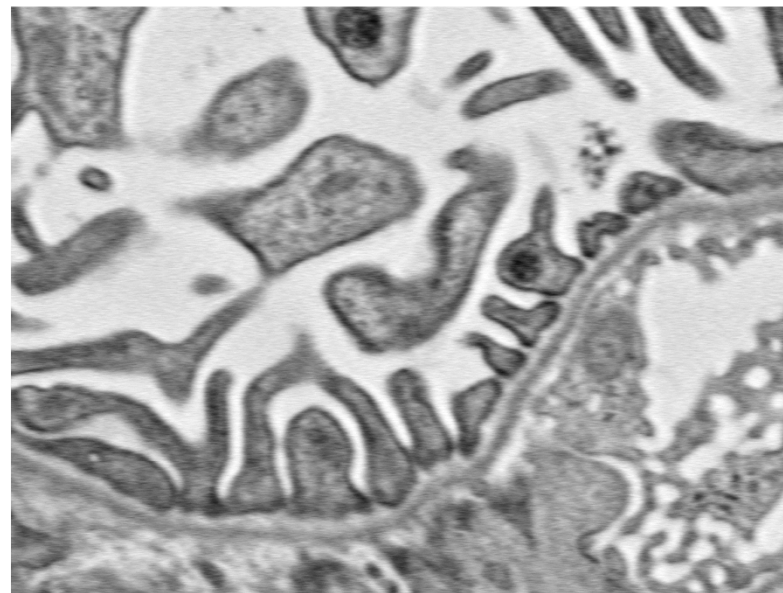


シンチレーター反射電子検出器 (SBED)



0.5μm

半導体型反射電子検出器 (BED)

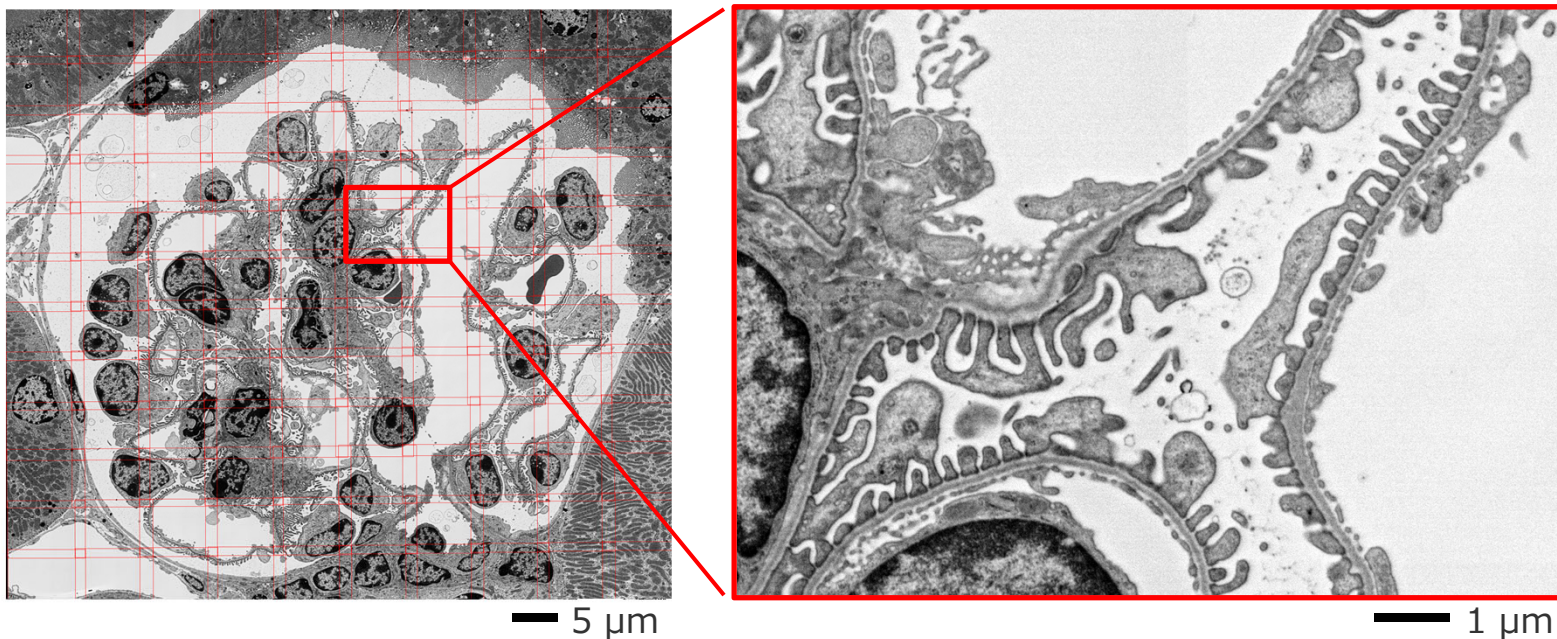


0.5μm

SBEDでは応答性の遅れがなく、像の滲みが無い。

試料: マウス腎臓の超薄切片 (コントラスト反転), 入射電圧 5.0 kV, 倍率 x15,000, STDモード

# SBED(シンチレーター反射電子検出器) 試料:生物切片



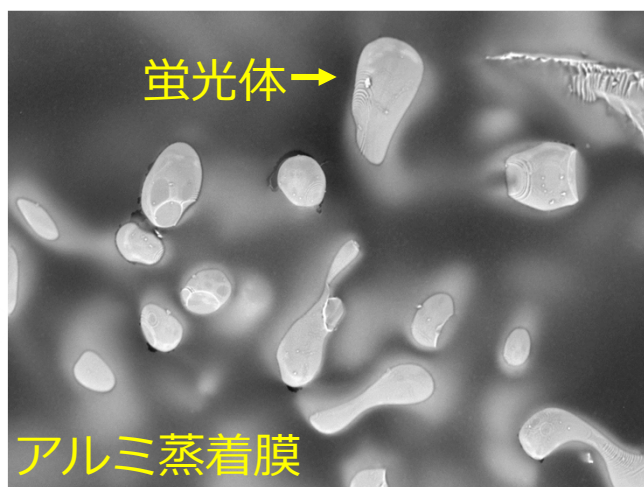
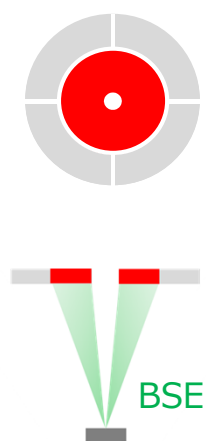
高速スキャンにより、120視野のモンタージュ撮影のスループットを向上

試料: マウス腎臓の超薄切片 (コントラスト反転), モンタージュソフトウェア: SEMサポーター (システムインフロンティア社製)  
単視野の観察条件: 入射電圧 5.0 kV, 倍率 x15,000, 5120 x 3840 画素で取得, スキャン速度 5.1 sec/frame, 全視野取得時間: 55 分

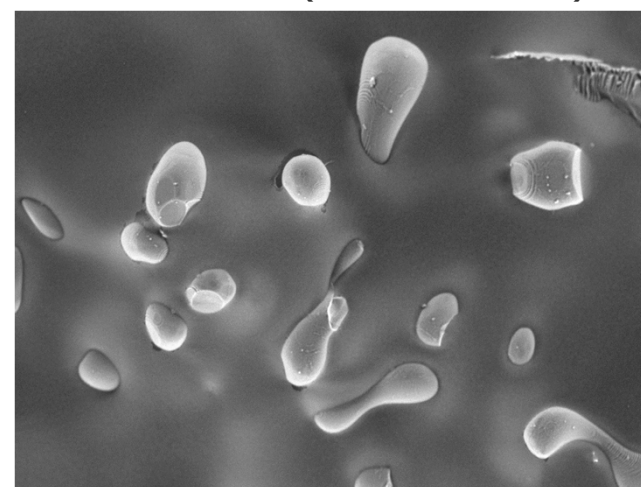
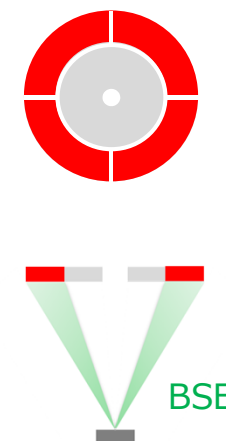
# VBED(多目的反射電子検出器) 試料: 蛍光体



内側素子 (組成情報強調)



外側素子 (凹凸情報強調)

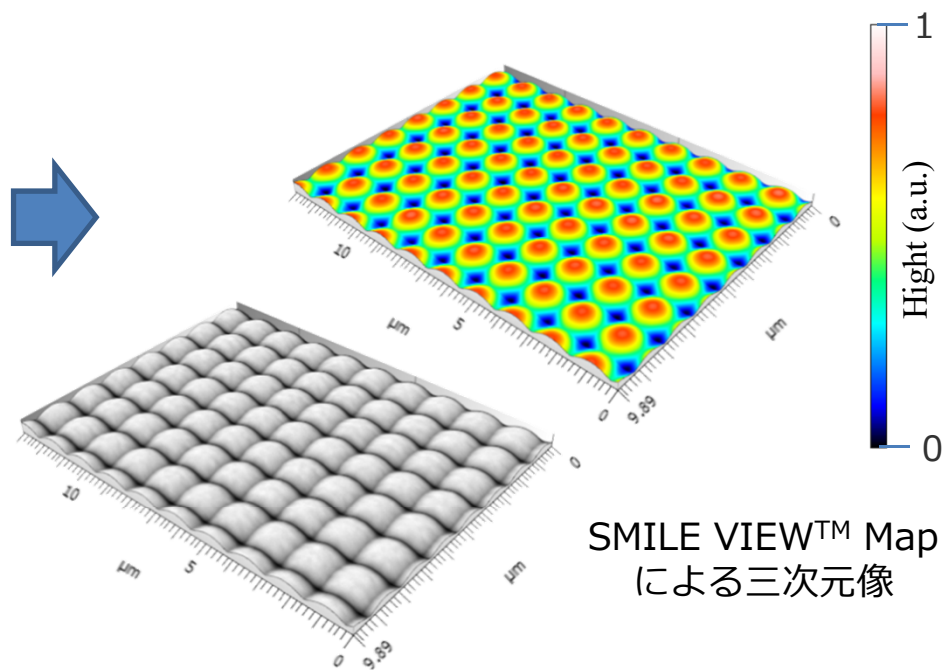
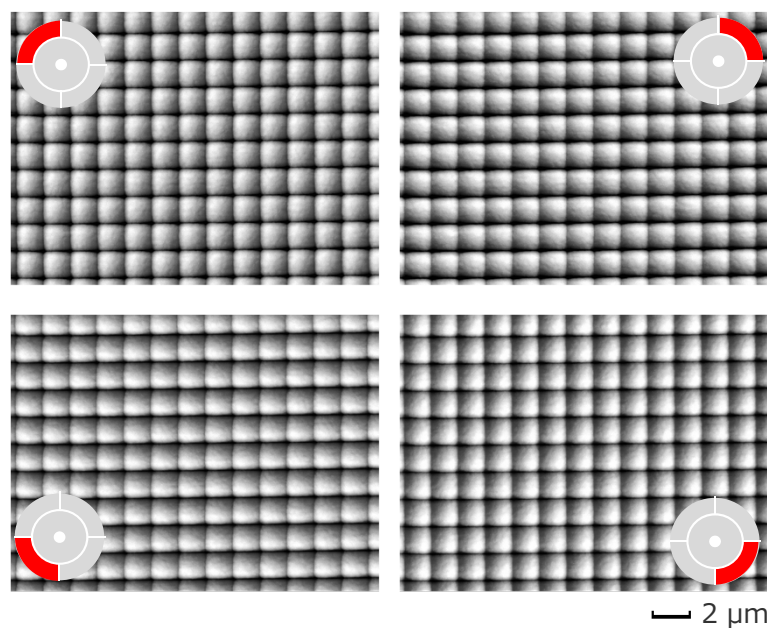


分割された素子によりBSEの放出角度を選別できる。  
内側の素子では組成情報が強調され、外側の素子では凹凸情報が強調される。

試料: 蛍光体, 入射電圧 3.0 kV, 倍率 x6,000, STDモード



# VBED(多目的反射電子検出器) 試料: CCD素子



SMILE VIEW™ Map  
による三次元像

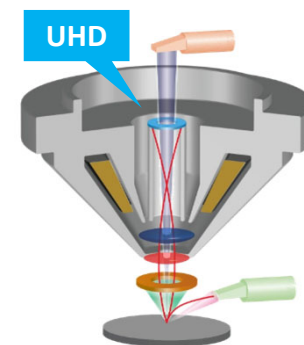
4方向から取得した二次元像を用いて三次元像を再構築することができる。

試料 : CCD素子のオンチップマイクロレンズ、入射電圧 : 7.0 kV、倍率 x7,000、STDモード

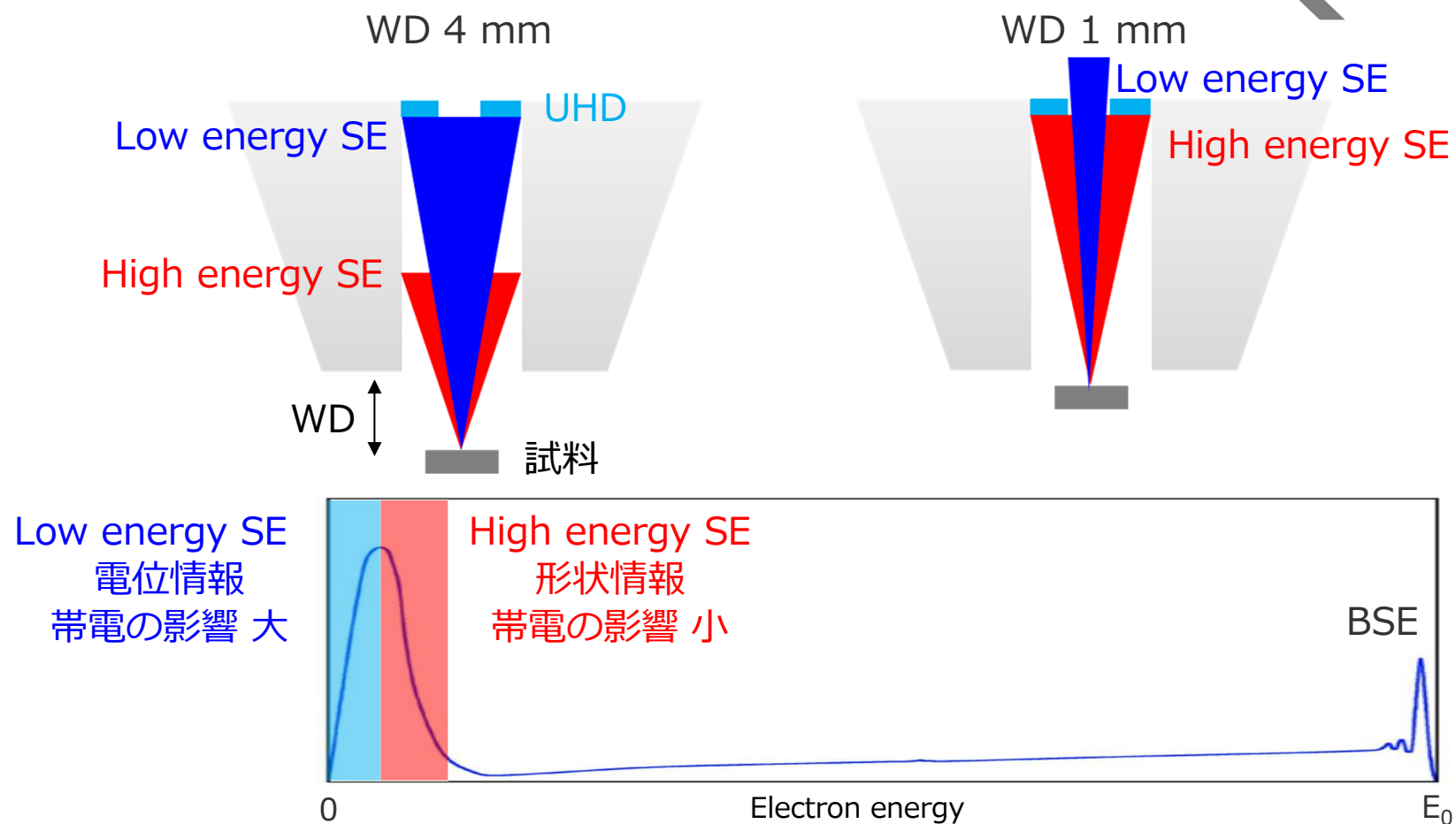


## UHD（上方ハイブリッド検出器）の応用例

---



# WDの変化によるUHD検出の違い

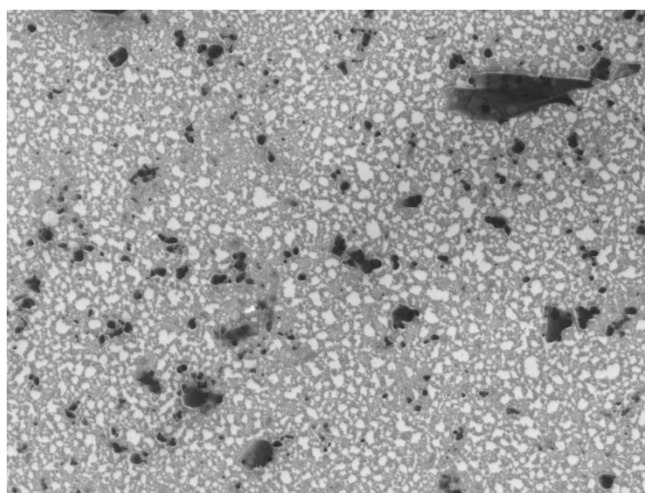


# WDの変化によるUHD像の違い

試料: 窒化ホウ素



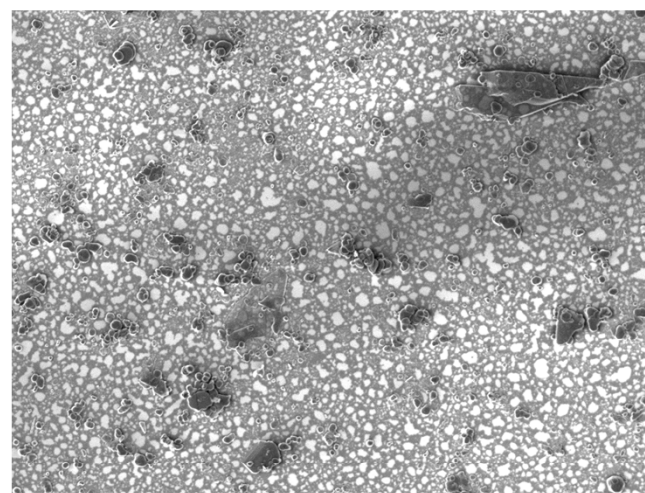
WD 4 mm



1 μm

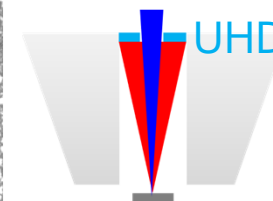
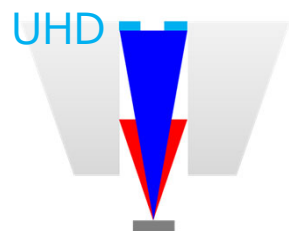
Low energy SE  
電位コントラスト強調

WD 1 mm



1 μm

High Energy SE  
形状コントラスト強調

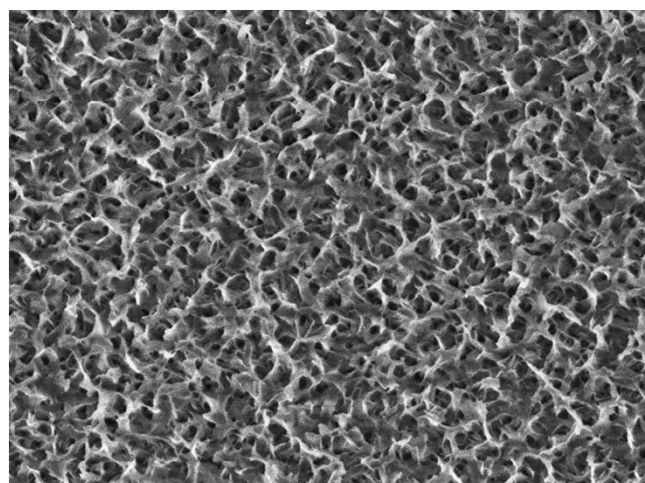


試料: 窒化ホウ素, 入射電圧: 0.7 kV, 倍率 x10,000, SHLモード

# WDの変化によるUHD像の違い 試料: ベーナイト



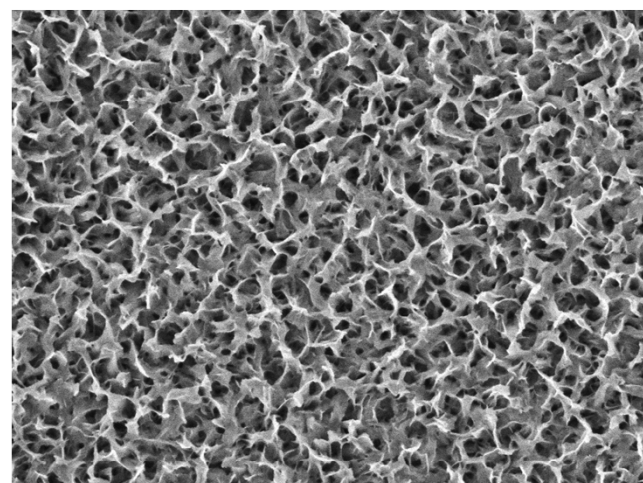
WD 4 mm



100nm

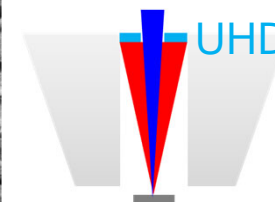
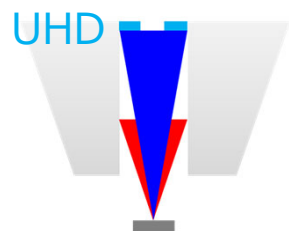
Low energy SE  
帯電の影響が大きい

WD 1 mm



100nm

High Energy SE  
帯電の影響が小さい

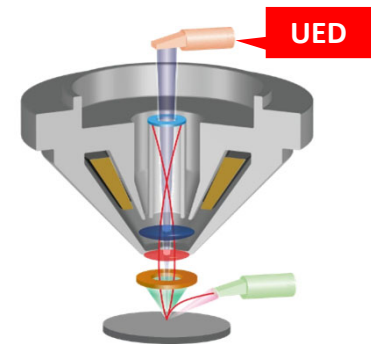


試料: ベーナイト, 入射電圧 0.8 kV, 倍率 x30,000, SHLモード



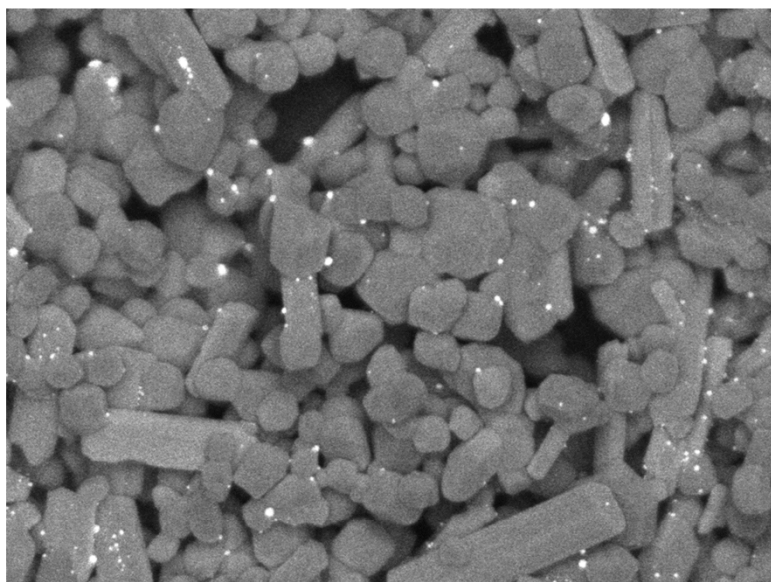
## UED（上方電子検出器）の応用例

---

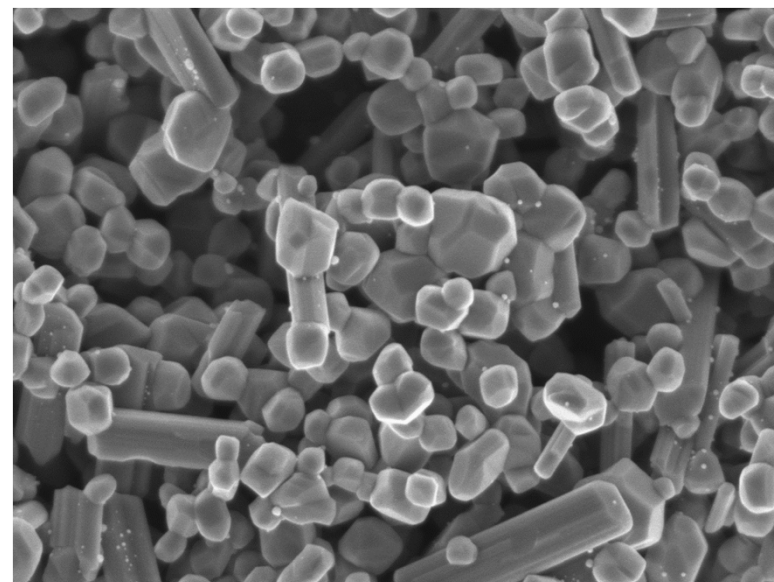


# UEDによる反射電子組成像

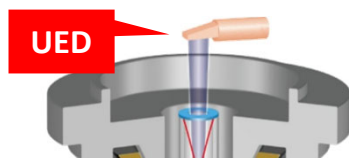
試料：酸化チタン上の銀ナノ粒子



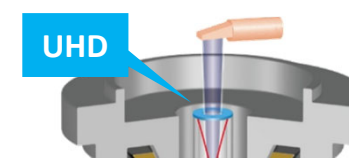
100nm



100nm



同じ視野において  
UEDでは高角度反射電子による組成像  
UHDでは二次電子による表面構造の観察が可能。



試料：酸化チタン上の銀ナノ粒子, 入射電圧：2.0 kV, 倍率 x50,000, SHLモード



## まとめ

---

# まとめ



## SED (二次電子検出器)

- 試料の凹凸構造を観察。
- SHLモードにすると、SEの検出量が減少し、極低角度のBSEの検出量が増加する。
- 帯電しやすい試料の凹凸像の観察に有効。

## BED (反射電子検出器)

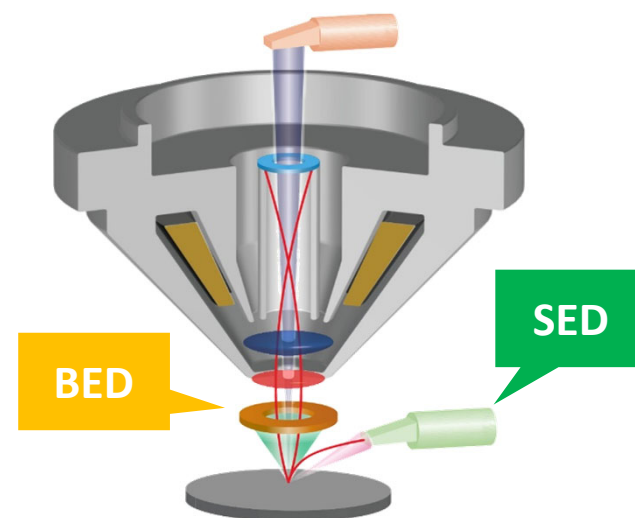
組成像・凹凸像・チャネリングコントラストを観察。

## SBED

- 低入射電圧での組成像の観察。
- 高入射電圧でのチャネリングコントラストや転位像の観察。
- 高速スキャンでモニタージュ撮影のスループットを向上。

## VBED

- 分割された素子により、BSEの放出角度を選別し、組成情報や凹凸情報を選別。
- 4方向から取得した二次元の凹凸像を用いて、立体的な三次元像を再構築。



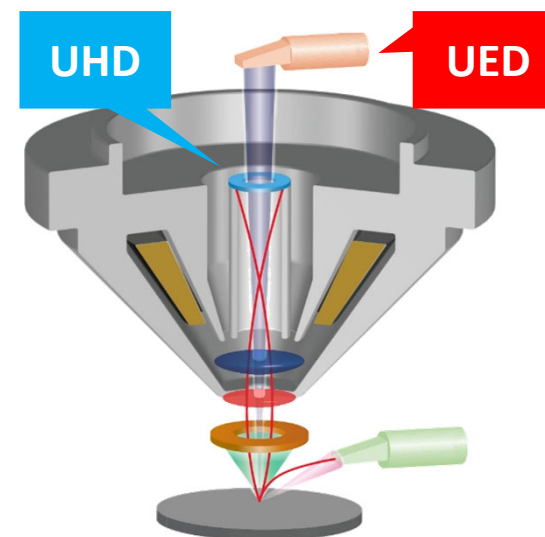


## UHD（上方ハイブリッド検出器）

- 凹凸による影の影響が少なく、試料の表面構造を観察。
- WDを長くすると、Low energy SEの検出量が増加し、試料表面の電位コントラストが強調される。
- WDを短くすると、High energy SEの検出量が増加し、形状コントラストが強調される。また、帯電を抑えて構造を明瞭に観察できる。

## UED（上方電子検出器）

- 高角度に放出されたBSEを取得することが可能。
- 凹凸による影の影響が少なく、組成コントラストを観察。



美しい像が未来をつくる

～JSM-IT800<SHL>の各検出器による情報選択～

