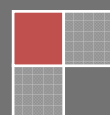


2007

設定条件が SEM 像 に与える影響

～ 最良な画像を得るための一考察 ～



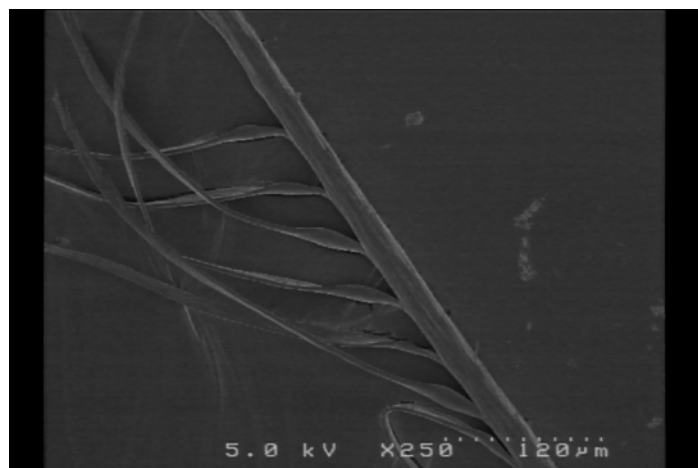
諸条件が SEM 画像に与える影響

～ 最良な画像を得るための一考察 ～

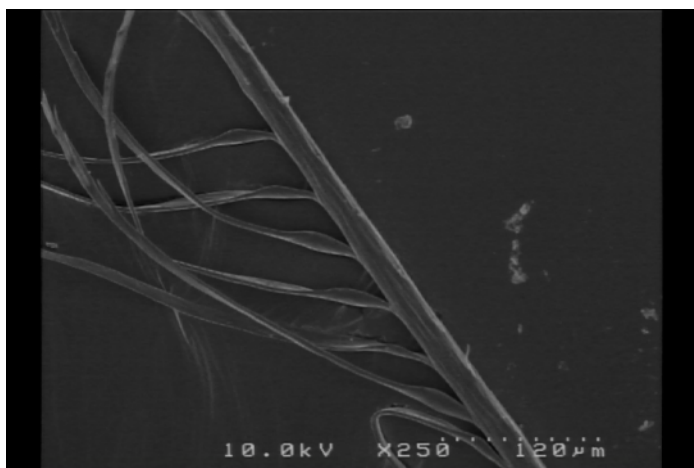
試料：羽毛 （Au スッパタ 膜厚 30nm）

低倍率観察

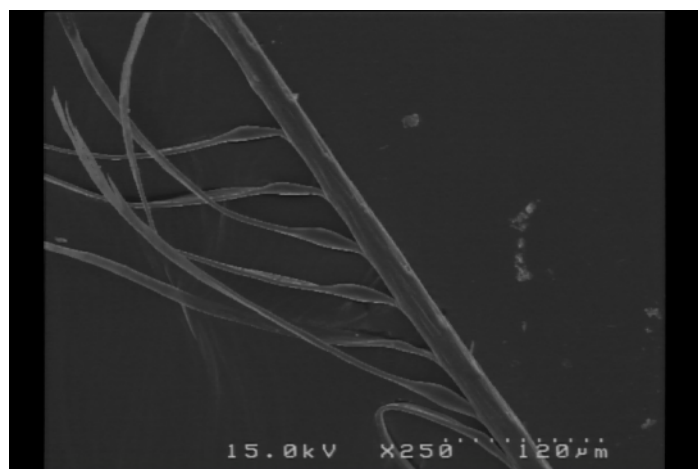
固定条件... 倍率 250 倍、コンデンサーレンズ 10



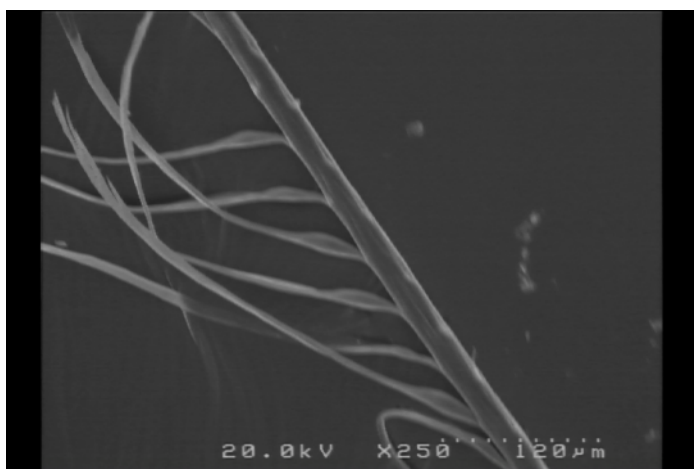
1：加速電圧 5kV



2：加速電圧 10kV



3：加速電圧 15kV



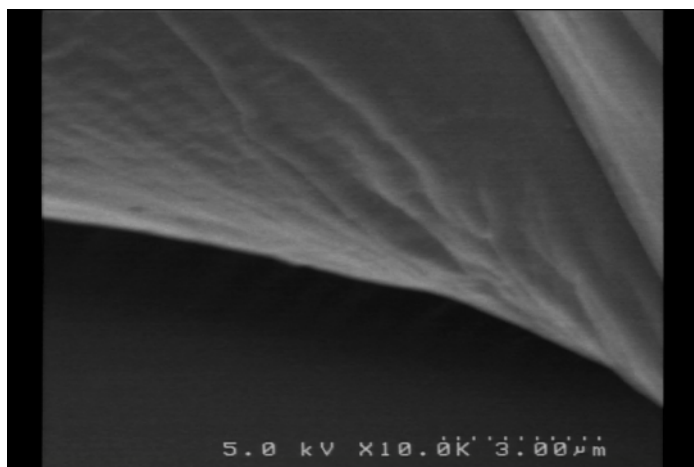
4：加速電圧 20kV

高加速電圧で観察した画像は、試料の輪郭が白くはっきりと確認できるが、輪郭自体が太くなり、像にシャープさがなくなっている。加速電圧が低いと試料の輪郭は暗くなるが輪郭自体は、細くなり、全体的にシャープな画像になる。また、試料表面の凹凸感などを確認することが可能になる。

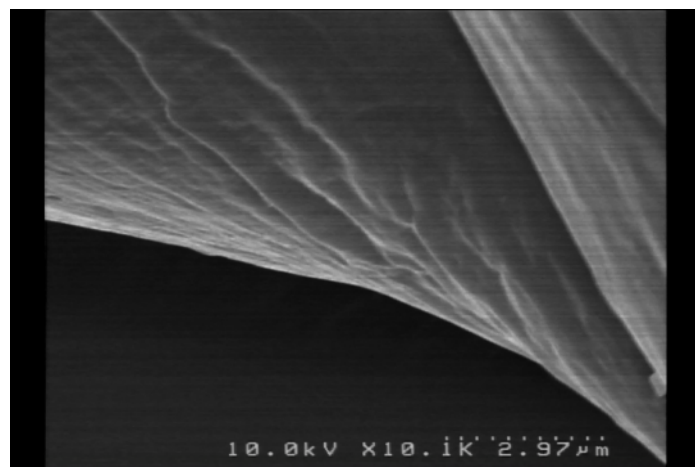
加速電圧が大きいほど二次電子の量が増えて、像が明るくなる。しかし、入射電子が試料内部で拡散する領域が広がるため、試料輪郭や試料表面近傍の情報にシャープさが欠けてしまう。しかし、加速電圧を下げると、二次電子の検出が困難になるため、検出感度が悪い検出器では、像がバックグラウンドに溶け込んでいるような部分があり、像検出の限界があるように思える。

高倍率観察

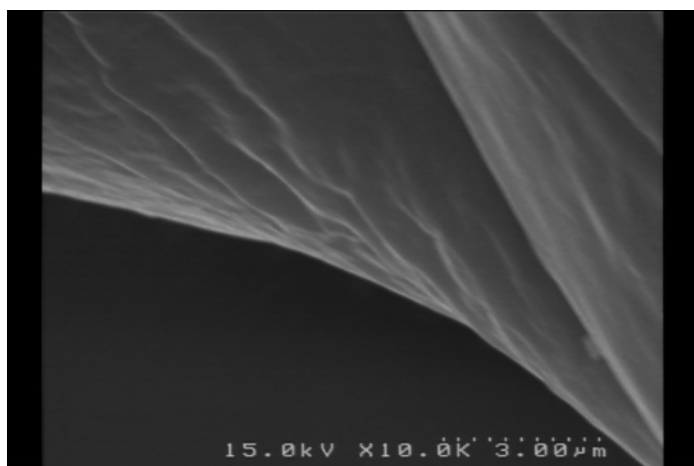
固定条件... 倍率 10000 倍、コンデンサーレンズ 10



1：加速電圧 5kV



2：加速電圧 10kV



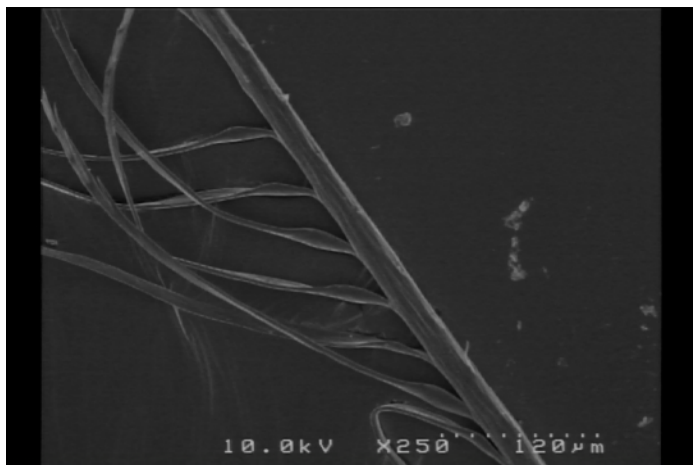
3：加速電圧 15kV

倍率を高めにした時の観察像で、加速電圧の増加に伴って、輪郭が白くはっきり確認できるようになる。しかし、輪郭自体が太くなり、全体的にシャープさに欠ける画像となる。表面の凹凸感は加速電圧が低くなればなるほど鮮明になる。加速電圧 5kV の画像では、凸部分が丸みを帯びて見える。加速電圧 15kV の画像では、表面の状態は大まかにしか表現されておらず、詳細な情報は得られていない。

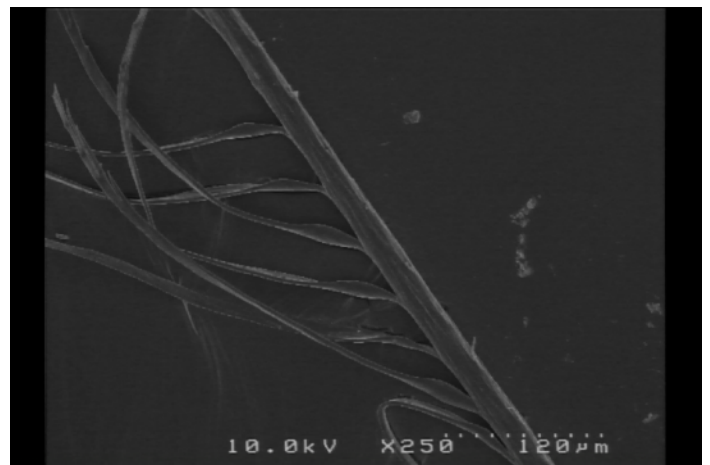
コンデンサーレンズの違い

低倍率観察

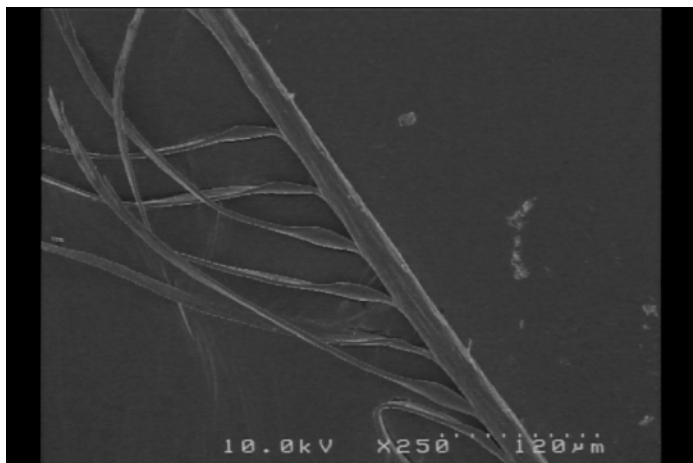
固定条件... 倍率 250 倍、加速電圧 10kV



1 : コンデンサーレンズ 10



2 : コンデンサーレンズ 12



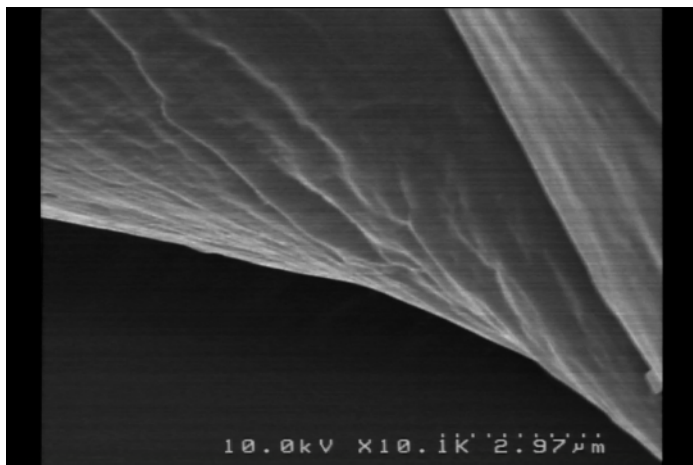
3 : コンデンサーレンズ 15

コンデンサーレンズの値を変えた場合は、画像そのものには大きな差はなく、コンデンサーレンズの値が大きくなるにつれて、画面が明るくなる程度であった。

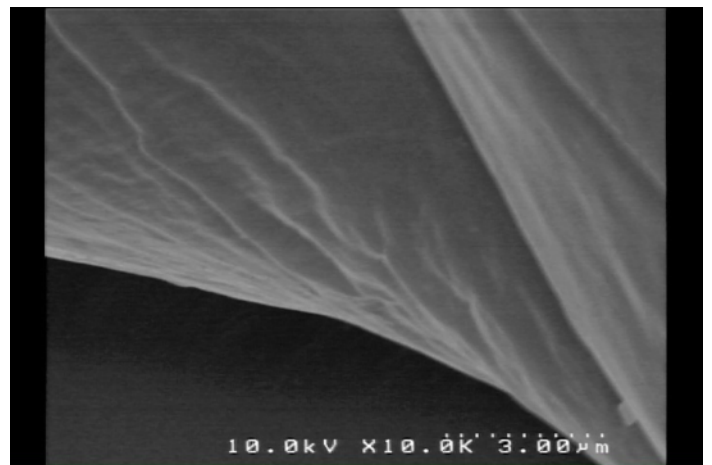
コンデンサーレンズの違い

高倍率観察

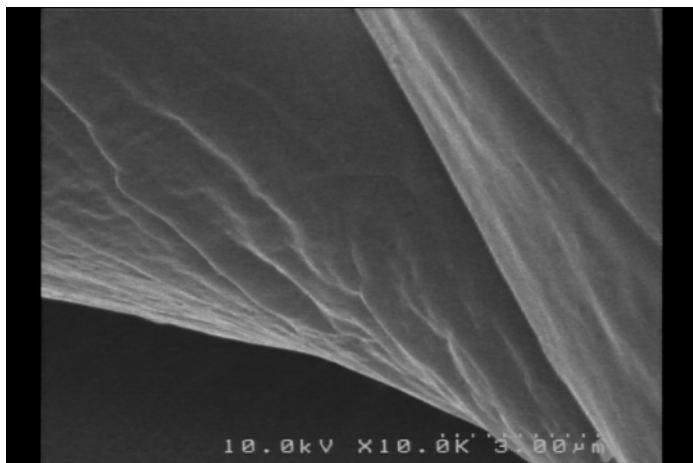
固定条件... 倍率 10000 倍、加速電圧 10kV



1 : コンデンサーレンズ 10



2 : コンデンサーレンズ 12

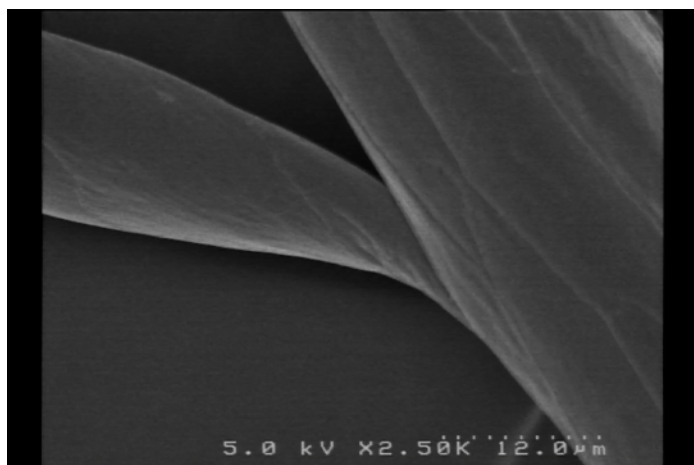


3 : コンデンサーレンズ 15

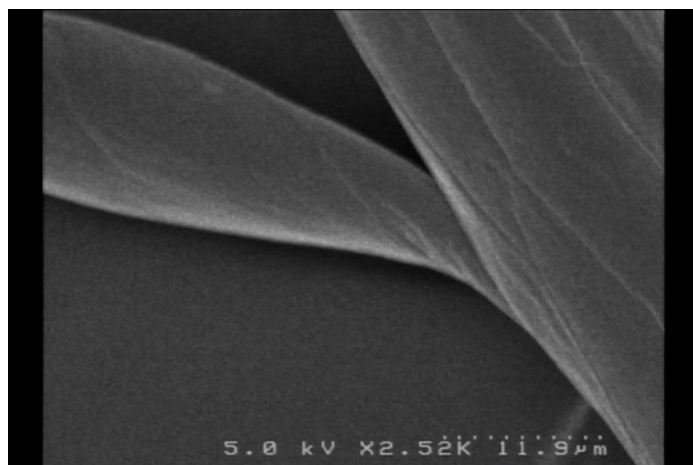
高倍率観察でも、低倍率観察時と同様にコンデンサーレンズの値は画面の明るさのみに影響を与え、値を大きくするほど、画像全体は明るくなる傾向が認められた。

コンデンサーレンズの違い

固定条件... 倍率 2500 倍、加速電圧 5kV



1 : コンデンサーレンズ 12

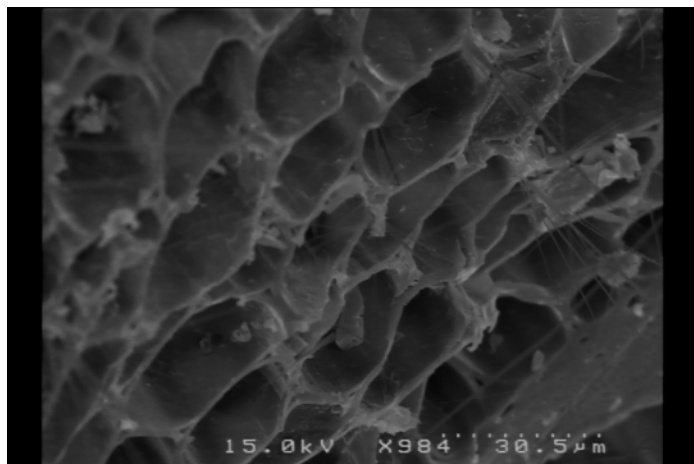


2 : コンデンサーレンズ 15

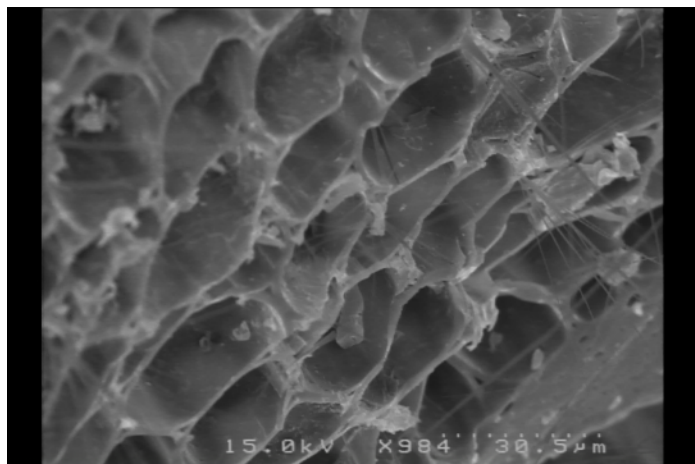
加速電圧を低くした場合、コンデンサーレンズを大きくする必要がある。加速電圧が低いと、放出される二次電子の数が少なくなり、画像が得られないためである。コンデンサーレンズ 12 と 15 の画像を比較すると、画像の明るさに差がみられ、コンデンサーレンズ 15 の方が明るい画像となった。しかし、像全体にノイズのようなものが認められた。

明るさ・コントラストを SEM の操作盤上で調節した場合の画像の差

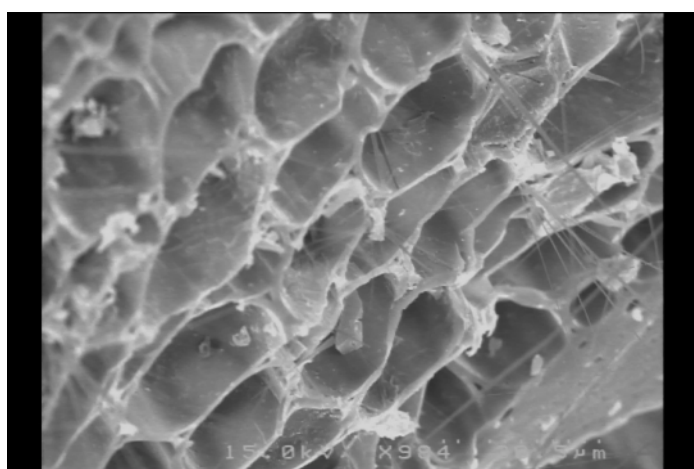
試料：炭（Au スツパタ 膜厚 40nm） 固定条件... 倍率 1000 倍、加速電圧 15、コンデンサーレンズ 8



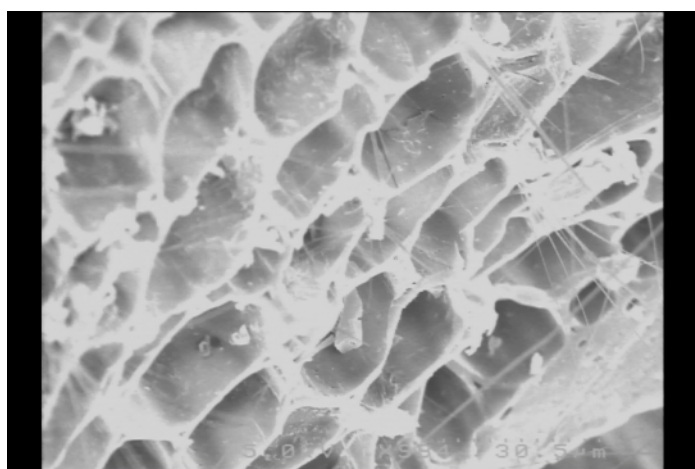
1、コントラスト・明るさ ノーマル



2、コントラスト・明るさ +2



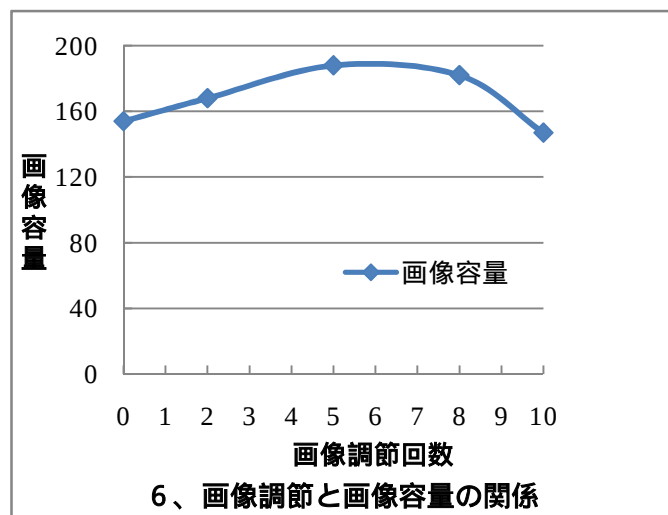
3、コントラスト・明るさ +5



4、コントラスト・明るさ +8



5、コントラスト・明るさ +10

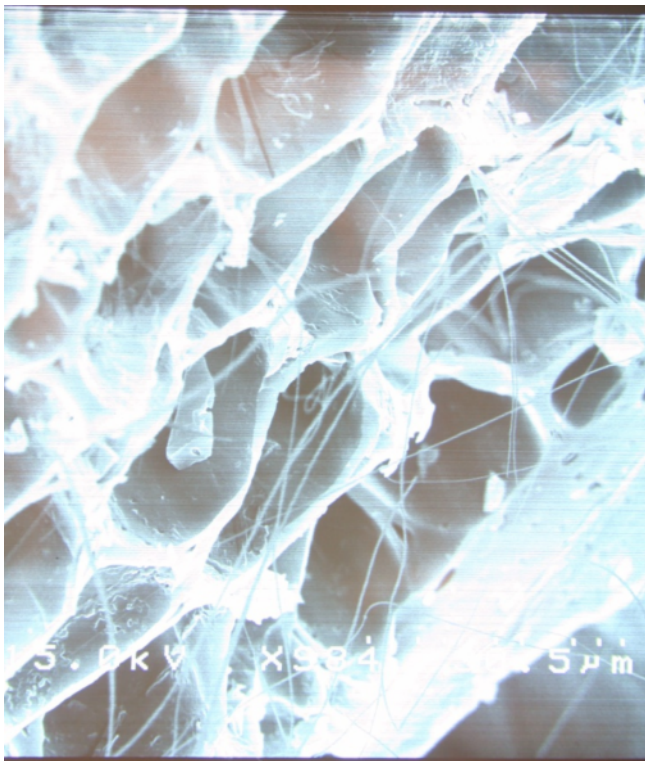


コントラスト・明るさをそれぞれ、調節していくと画像全体が明るくなっていく。またそれに伴って、画像ファイルの容量も変化していった。ノーマル（オートでコントラスト・明るさを設定した状態）では、154K、+2（手動で2回ずつボタンを押して調節）では、168K、+5では185K、+8では、182K、+10では147Kとなった。画像容量の数値は、+5以上だと減少していく傾向にあり、+10にした場合、ノーマル設定の画像より容量が低くなった。

画像調節量と画像容量の関係を示した。この関係より、調節量は+5前後が最も画像として良いものが得られる可能性があると考えられる。

ビデオキャプチャーとポラロイドカメラ出力用画像の差

試料：炭（Au スッパタ 膜厚 40nm） 固定条件... 倍率 1000 倍、加速電圧 15、コンデンサーレンズ 8

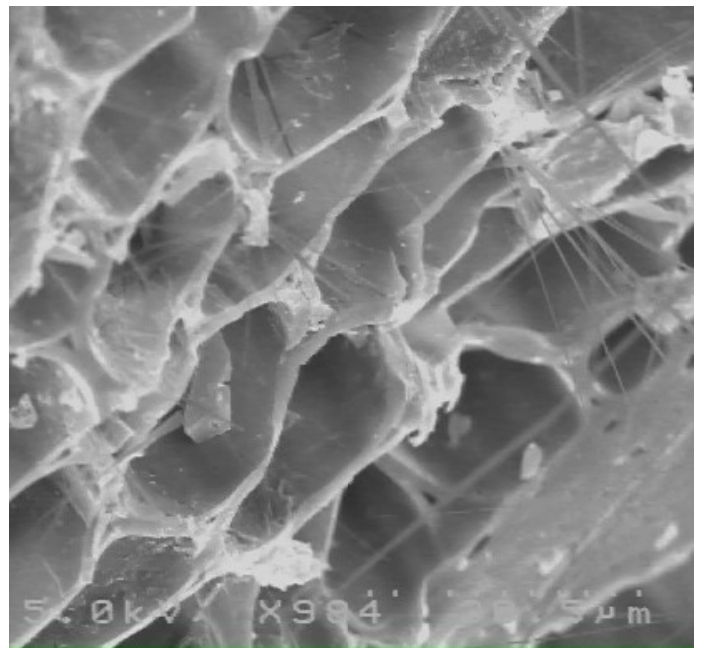


1、ポラロイド用出力画像

一眼レフデジタルカメラにて撮影

キャノン社製一眼レフデジタルカメラ EOS KISS : 8.0 メガピクセル、バルブ撮影モード

デジカメ撮影画像とキャプチャー画像では縦横比に多少の差があり、カメラ画像の方が、縦長の像になった。画像の鮮明度では、圧倒的にデジタルカメラ撮影像の方が良好で、PC 上の拡大画像でキャプチャー画像とは大きな差が認められた。

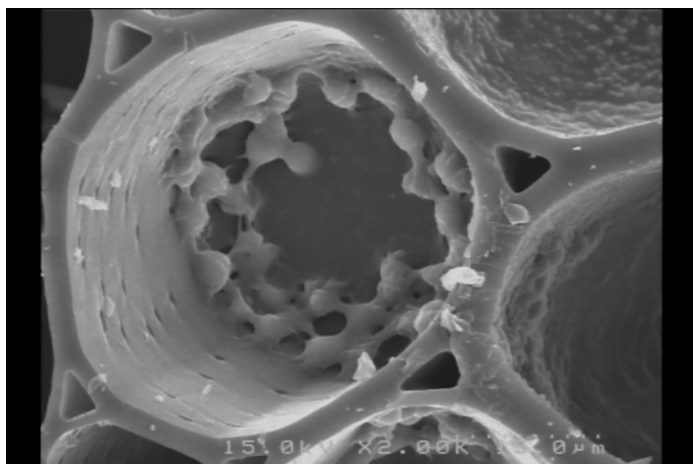


2、ビデオキャプチャー取込画像

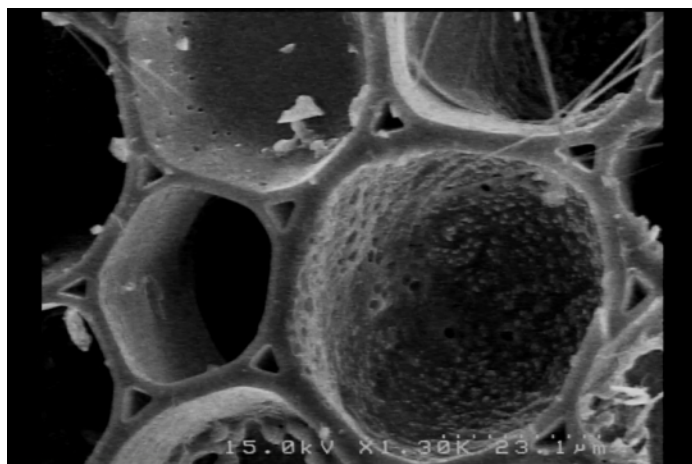
キャプチャー画像・モニター画像・ポラロイド出力画像の比較

試料：炭（Au スッパタ 膜厚 40nm）

固定条件... 倍率 1300～20000 倍、加速電圧 15、コンデンサーレンズ 8

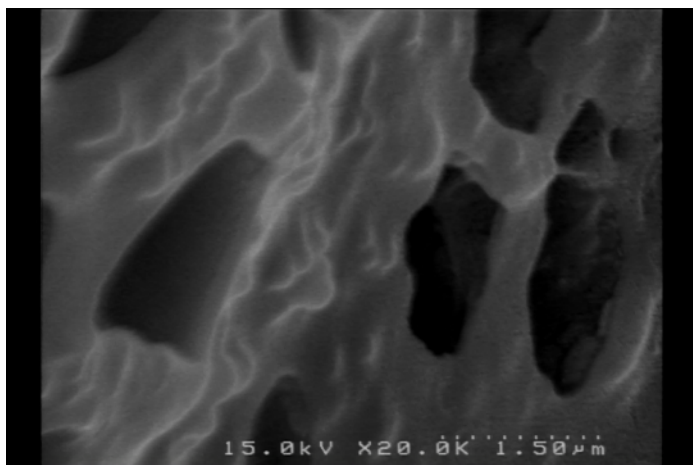


1、キャプチャー画像 2000 倍

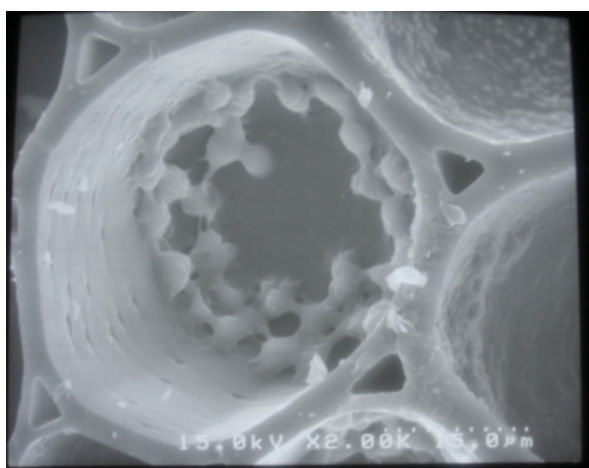


2、キャプチャー画像 1300 倍

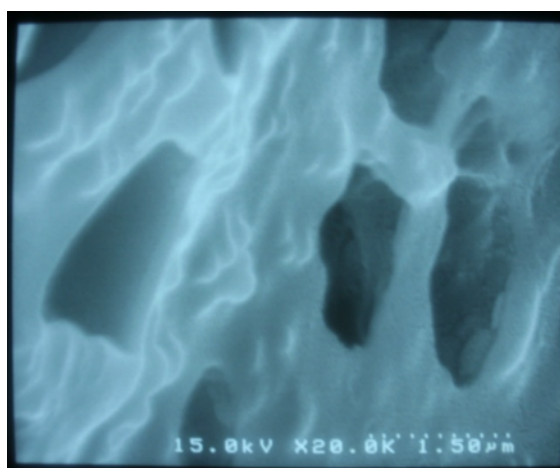
小さい画像として、PC 上で確認する目的ならば、十分な画像が得られるが、PC ソフトなどで拡大して画像を表示させるような場合は、解像度が悪いため、細部が非常に荒い画像となる。拡大画像も数倍程度が限界となってしまう。



3、キャプチャー画像 20000 倍

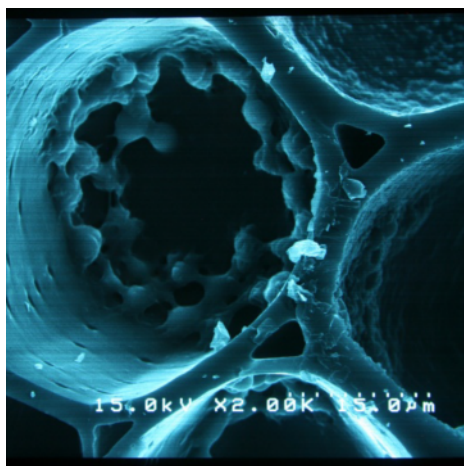


4、モニター画像 2000 倍

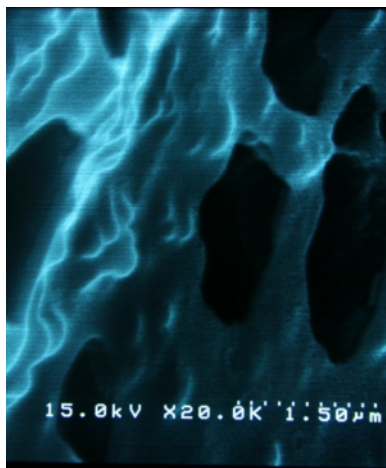


5、モニター画像 20000 倍

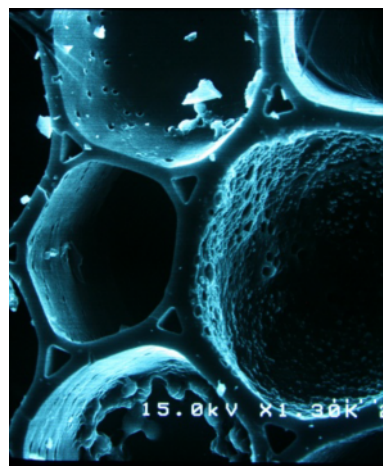
モニター画像を撮影した場合、ブラウン管の曲面が画像に反映されてしまう。また、PC 等で画像を拡大表示すると、一定間隔に濃淡の線（走査線）が現れてしまう。画像そのものはデジタルカメラの性能に左右されるため、画素数が多いカメラを用いることで、試料などの評価に十分な画像を得ることができる。



6、ポラロイド用出力画像 2000 倍



8、ポラロイド用出力画像 20000 倍



7、ポラロイド用出力画像 1300 倍

モニター画像およびポラロイド用出力画像は、デジタルカメラによる撮影のため、カメラの設定が画像に反映されて、像全体は青みを帯びている。ポラロイド用出力画像の色が明るい部分には、走査方向と平行に線が認められるなど、良質な画像を得るためにさらなる最適化を要する。

また、ポラロイド用出力画像はほかの画像に比べ、画像の縦と横の比率が異なる。今後、縦横比の補正の検討を行っていくことが望ましい。

画像全体は、かなり良好なものとして得られた。PC上で拡大しても、画像の細部は荒れることなく、再現可能である。

まとめ

- 1 . 観察目的に合わせて、SEM の条件を変更することでより、良好な画像を得ることができる。
加速電圧を低くするほど、試料表面の状態を確認しやすくなる。これは、入射電子の内部拡散領域が狭くなるためである。しかし、画像そのもののコントラストは、暗くなり、良好な画像を得るためには、コンデンサーレンズを調節する必要がある。
加速電圧を高くした場合には、画像全体のコントラストは明るくなる。しかし、試料画像の輪郭は太くなるため、表面の観察にはあまり適さない。また、電子線による試料の損傷などを考慮する必要がある。
- 2 . SEM 操作盤上での画像修正により、最適な画像を得られる。
調節回数とデータ容量の関係から SEM 操作盤上でコントラスト・明るさの調節ボタンを 4 ～ 6 回ほど押すことで、情報量の多い画像として取り込むことができる。
- 3 . PC のビデオキャプチャーで容易に観察画像を得ることができ、ポラロイド用出力画像をデジタルカメラで撮影することで、高解像度の観察画像を得ることができる。
出力される画像は、操作盤上のモニター、PC のビデオキャプチャー及びポラロイド用出力の 3 種類存在する。それぞれのデバイスに送られている画像信号はモニター及びビデオキャプチャーには $512 \times 512 \times 16\text{bit}$ 、ポラロイドには $1024 \times 1024 \times 10\text{bit}$ である。また、ビデオ信号は一度アナログからデジタルに変換されたあと、SEM 操作盤内部のメモリーを介してコントラスト変換されたあと、再びデジタルからアナログへ変換されてそれぞれ出力されている（PC ビデオキャプチャーはその後 PC 内部でデジタル化されて保存 PC 内蔵 HDD に保存されている）。
最も容易に画像が得られるのはビデオキャプチャーによる画像である。しかし、ビデオ信号の限界により、デジタル処理にて画像拡大を行うと、細部が荒くなり、詳細が不鮮明になる。
拡大時に画像細部の鮮明さを保つためには、高画素数のデジタルカメラで撮影する方法が効果的である。最も鮮明な画像はポラロイド出力画像を撮影したものである。更なる最適化を要するが、観察・評価において最適な画像を得ることができると思われる。
デジタルカメラで撮影しているため、画像データの容量は、キャプチャー画像に比べ約 5 倍増大する。