# 試薬瓶の着色原因解明
# 青ヤケの可能性の提示

宮城県仙台第三高等学校　理数科

要旨
化学実験室で着色を有する試薬瓶を約 60 個発見した。洗剤を使っても取れず、水を注ぐと一時的に着色を観察できなくなる。光を当てる角度によって着色の様子は変化する。この試薬瓶の着色原因解明を目的とした研究である。走査型顕微鏡(SEM)やフーリエ変換赤外分光法(FTIR)による観察、文献調査を行った。結論として、着色は青ヤケによる薄膜干渉だと仮説付けた。

## 1　背景

化学実験室で、溶液を保管する試薬瓶を選択する際に、着色を有する試薬瓶を発見した。不思議に思いよく探してみると、約 60 個の着色を有する試薬瓶を発見した。汚れや過去に使用した際の洗浄不足の可能性を考慮し、水洗や洗剤を用いた洗浄を行ったが、着色はとれなかった。また、水を注がれていると着色が一時的に観察できなくなり、角度によっては着色が観察できないことがわかった。このことから、表面物質の色ではなく、構造色であると仮定し、着色原因解明を目的として研究を開始した。

図 1.着色を有する試薬瓶

## 2　仮説

仮説を 3 つ立てた。

1 つ目は薄膜干渉である。空気と薄膜の境界面で反射光と入射光とに分かれ、入射光が薄膜と試薬瓶の境界面で反射し、それらの光路差や屈折により波長のズレが生じ、色を呈するというものである。

2 つ目は周期的な表面の凹凸である。このような構造では特定の波長の光を強く反射し、色を呈する。

3 つ目は散乱である。表面の微細な粒子による光の散乱が生じ、色を呈するというものである。

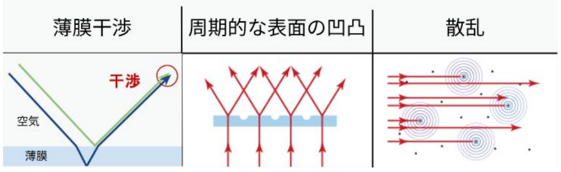


図 2.仮説のモデル図

## 3　観察 1

着色を有する試薬瓶と、着色を有さない試薬瓶(新品)を用意し、それらを砕き SEM で観察できるサイズにし、SEM で表面構造を観察した。
観察結果は以下の通りである。
着色を有さない試薬瓶の表面は滑らかであることが確認できた(図 3)。
着色を有する試薬瓶の表面には薄膜が観察できた(図 4)。表面に微細な粒子が存在していることもわかった(図 5)。
また、薄膜が剥がれかけているのが観察できる(図 6)。

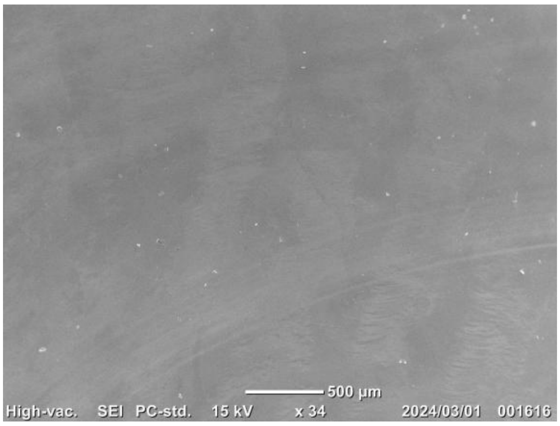


図 3.着色を有さない試薬瓶

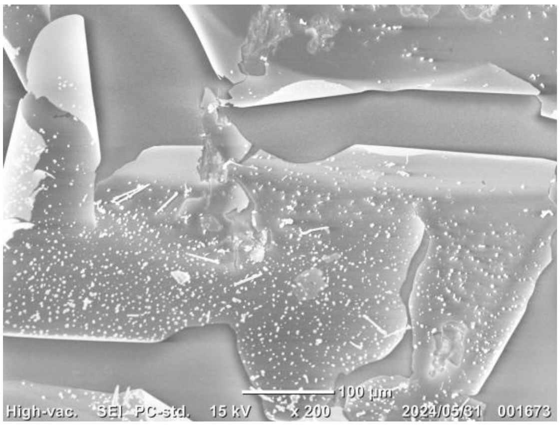


図 4.着色を有する試薬瓶

図 5.図 4 拡大図

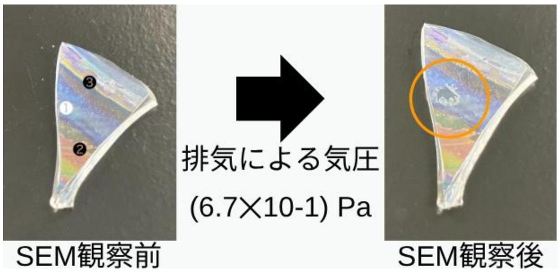


図 6.真空排気による変化

4　観察 2

公益財団法人岩手県南技術研究センターの協力のもと、観察 1 と同じように砕いた試薬瓶(新品)と、表面から剥がれた薄膜、薄膜上に見られた粒状の物体の成分調査を FTIR により行った。

観察結果は以下の通りである。

試薬瓶(新品)と薄膜の成分は酷似している(図 7)。

粒状物体は炭酸カルシウムであると考えられる(図 8)。

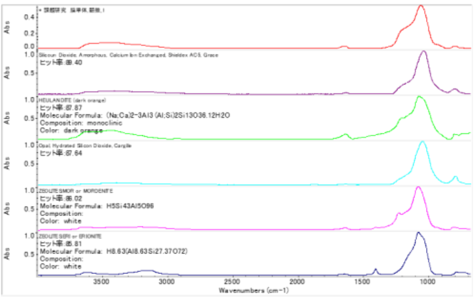

図 7.FTIR 薄膜

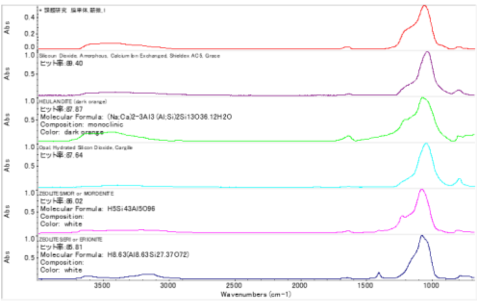

図 8.FTIR 粒状物体

5　考察・まとめ

観察 1 により、構造色は、1 つ目と 2 つ目の仮説である薄膜干渉や散乱によるものと考えられる。2 つ目の仮説である周期的な表面の凹凸は観察されなかった。

また、薄膜が SEM による観察により剥がれたことから、薄膜と試薬瓶本体に強い結合はないと考えられる。

観察 2 により、薄膜は試薬瓶由来のものであると考えられる。

ガラス表面を薄膜化させる現象としてヤケが知られている。青ヤケと白ヤケの 2 種類に分類される。

青ヤケは、ガラス表面に低屈折率の薄い膜を形成し、干渉色を示すものである。

酸は本来ガラスとは反応しない。そのため直接的には構造は破壊されない。しかし、酸基は金属イオンに対する親和力が強いため、ガラス

中の金属イオンが溶出する。電気的中性を保つため、生じた空洞にオキソニウムイオンが代わりに入り込み、水和した珪酸被膜が生成される。薄膜の形成理由の説明となる。

また、真空下では珪酸被膜が脱水され、収縮し、剥離する。観察 2 で薄膜が剥がれたのはこのためと考えられる。

白ヤケは、ガラス表面に形成した微結晶が光を散乱し、白濁色を示すものである。

微結晶はガラス中の金属イオンが表面に溶出し、炭酸基や水酸基と反応した生成物である。

また、青ヤケ面が湿った空気中などに放置されると、表面に微結晶が形成される事がある。観察 1 で観察された粒子は、この現象により形成されたと考えられる。

ただし、白濁色の原因となる粒の粒径は 10μm 程度であるが、本研究における粒の粒径は 3μm 程度である。そのため、本研究の小さな粒は白く見える散乱を起こすには小さい。

これらのことから、青ヤケ層の干渉色により、試薬瓶は着色を有すると考えられる。

謝辞

本研究にあたり学校の先生方、GLC のサポーターの皆様、公益財団法人岩手県南技術研究センターの皆様 ほか多くの方々にお力添えをいただきました。深く感謝申し上げます。

**参考文献**

1) 池田豊,”ガラスと金属の封着の機構”窯協 72,[2],1964

2) 木下修一,”発色原理が異なる色一構造色一”日本画像学会誌 543(第 50 巻第 6 号, 2011)

3) 木下是雄,夏目光造,”光学ガラス研磨面に生ずる’ヤケ’の実験的研究”応用物理 40(第 28 巻第 1 号, 1959)

4) 太田博紀,”ガラスの着色技術 特集/ガラスの表面処理” 432(vol.32, No.8, 1985)

5) 土橋正二,”ガラスの表面化学”53(vol.62, No691, 1954)

6) 本間禎一,”真空中の表面工学　吸着とそのトライポロジーの影響”ターボ機械 29(第 3 巻第 9 号, 1985)