

Ndを含む磁器の薄片観察と組成分析

理学部理学科地学コース 白勢研究室 3回生 千賀大雅

1.はじめに

私は母が陶芸家のため、幼い頃から陶磁器に興味を持っており、地学コースで薄片の作り方や鉱物を学び、新しい視点から陶磁器を知りたいと思い研究を始めた。

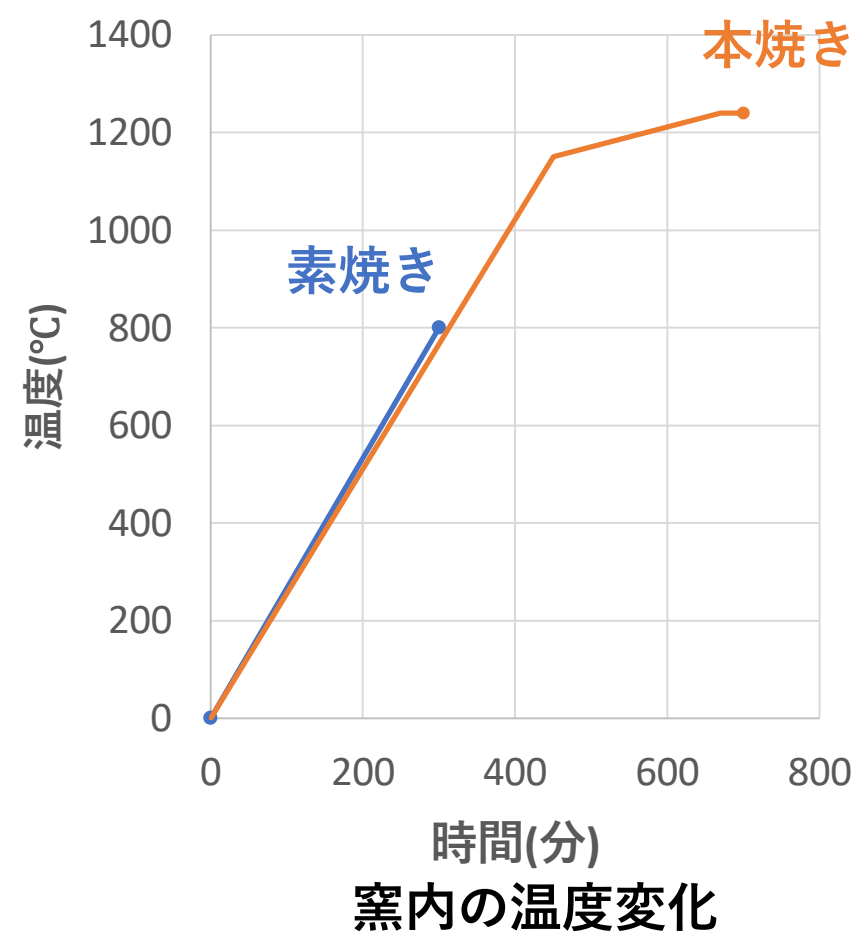
目的

薄片観察や粉末X線回折実験(XRD)・走査型電子顕微鏡(SEM)等の分析を用いて陶磁器を観察し、**元素の種類や量・分布による陶磁器の見た目への影響**を調べる。

3.磁器の作成条件

磁器土と粘土が混練された半磁器土で器の形を作り、装飾としてとんぼ玉製作に使用される**ネオジウムガラス**の破片を右の写真のように埋め込んだ。(以降装飾ガラスと呼ぶ)

↓
300分かけて**800°C**で素焼き(温度変化は左図の青線)
↓
釉薬(3号透明釉:Nd₂O₃=100:4)を筆塗り
↓
700分かけて**1240°C**で本焼き(温度変化は左図のオレンジ線)



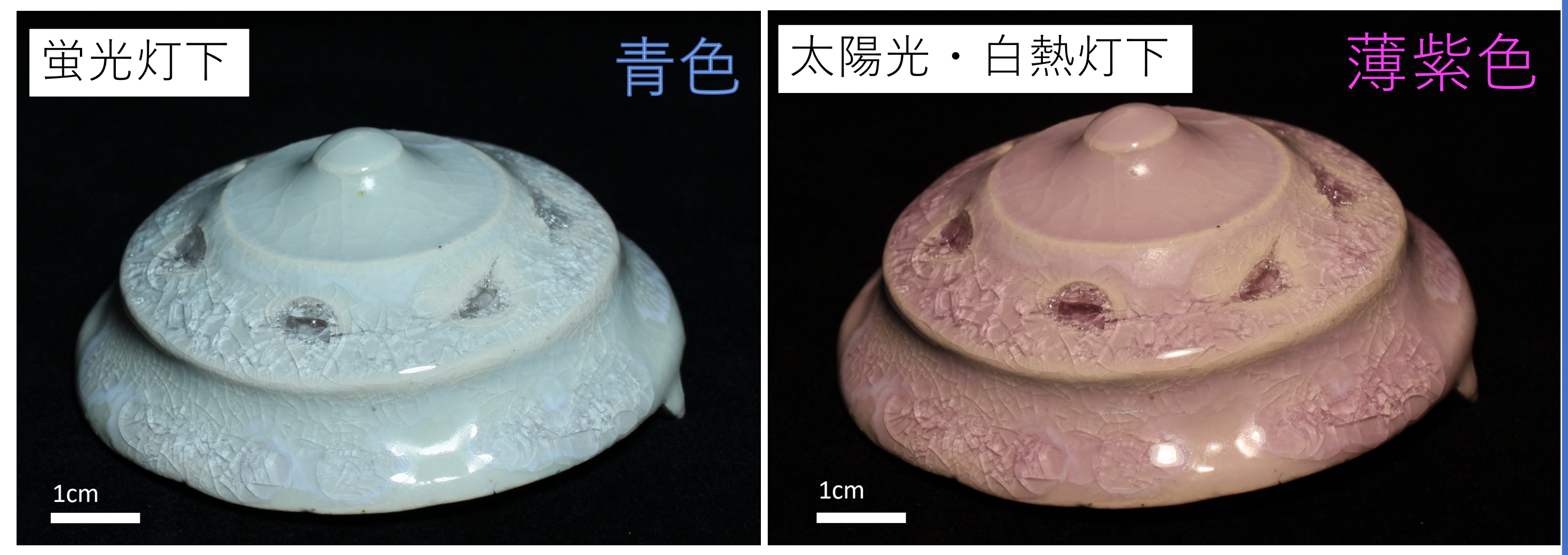
4.研究手法

- ①薄片作成
- ②偏光顕微鏡観察
- ③粉末X線回折(XRD)の測定 → 素地部分 釉薬部分 装飾ガラス部分の3つ
開始角度4° ~ 終了角度64°
サンプリング幅 0.02
スキャンスピード 5.0
電圧: 40kV 電流: 40mA
- ④EDSを装着した走査電子顕微鏡(SEM)による分析
JEOL JSM-6510LV (加速電圧15kV、照射電0.8nA)

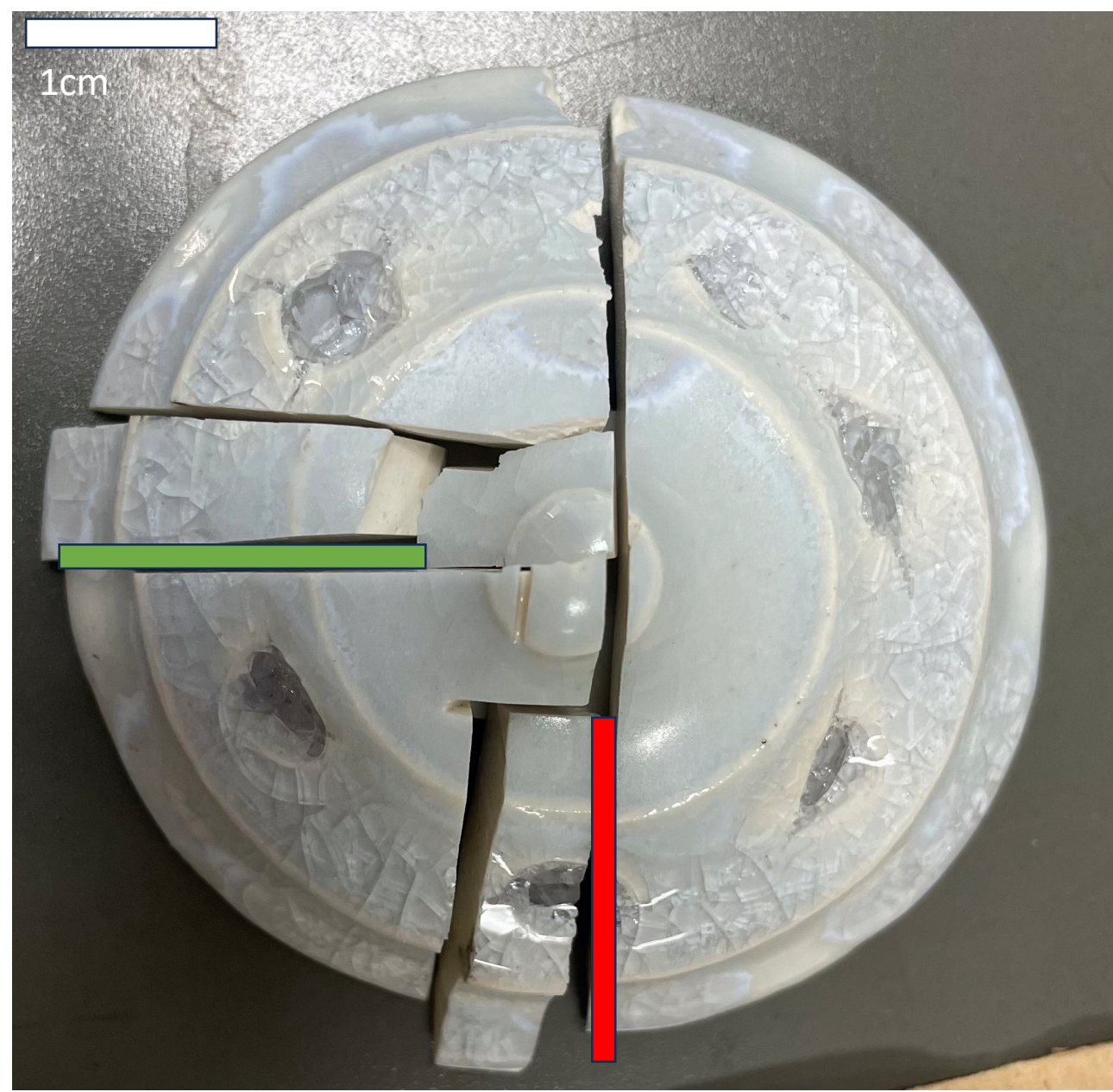
2.調査する磁器

母が磁土で製作した香合で、光源によって色が変化する。釉薬は3号透明釉と**酸化ネオジウム(Nd₂O₃)を重量比100:4**で作ったもの。

酸化ネオジウムは、単体の粉末では、右のような蛍光灯下では青色に、太陽光・白熱灯下では薄紫色になる色の変化はないが、ガラスに含まれていると光源によって色が変化する「**多色性**」がある。

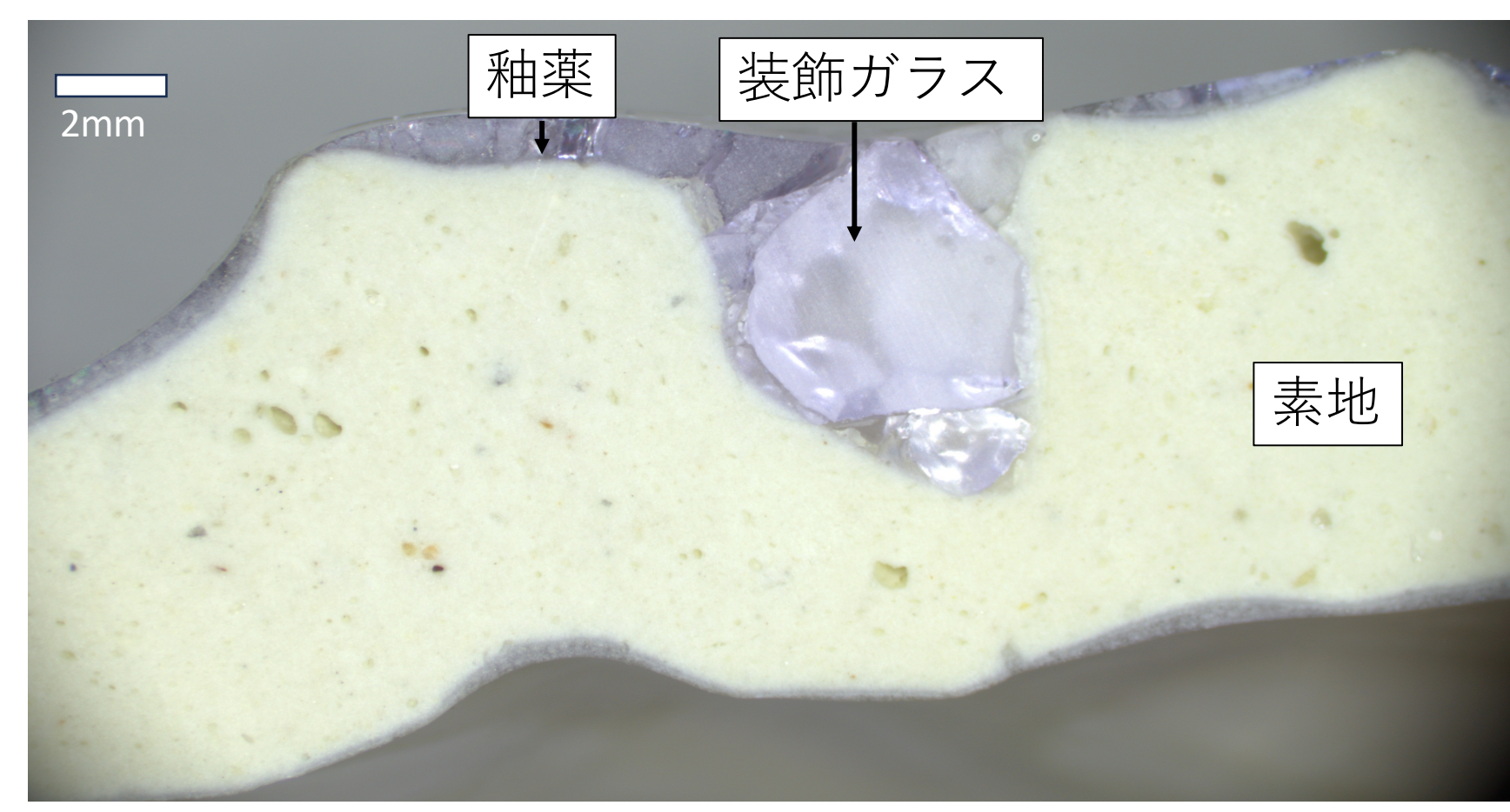


5.肉眼観察

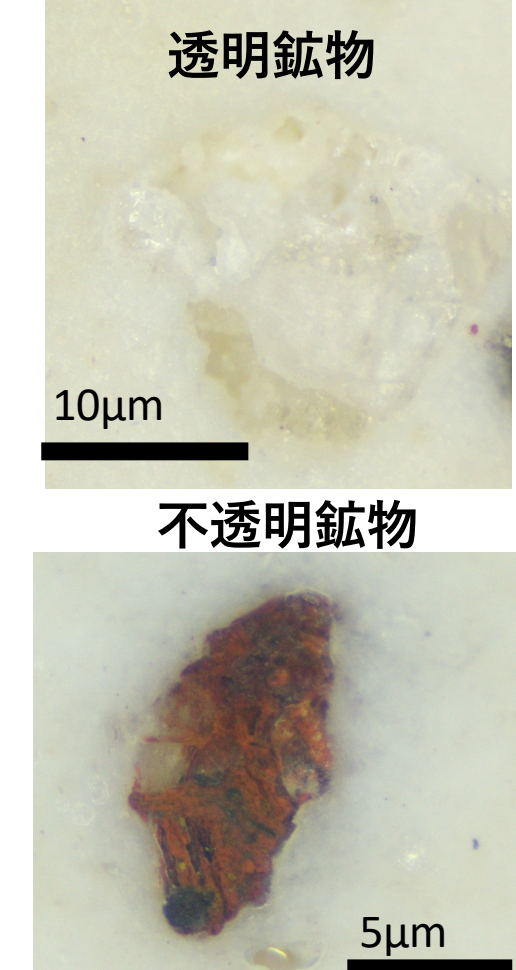


- ・釉薬の層の厚さは約1mm
- ・素地は全体的に白色で、少ないが全体的に空隙がある。
- ・装飾ガラスを埋め込んでいない場所(緑線)と埋め込んだ場所(赤線)の2つを観察するため二枚薄片を作成した。
- ・素地は予想より一様でなく、透明鉱物や赤色や黒色の不透明鉱物が確認できた。

薄片にする前の断面



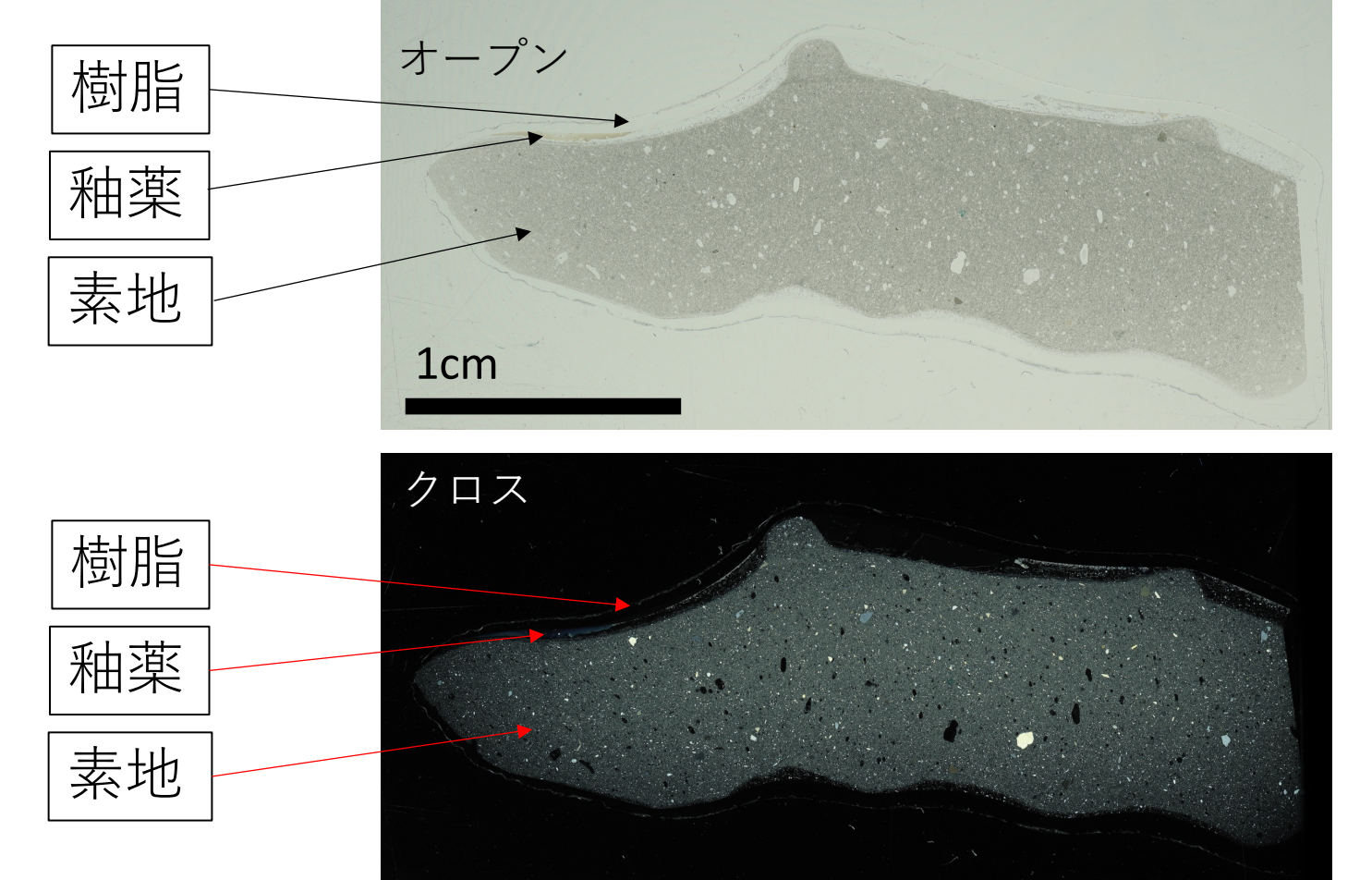
素地内の鉱物の例



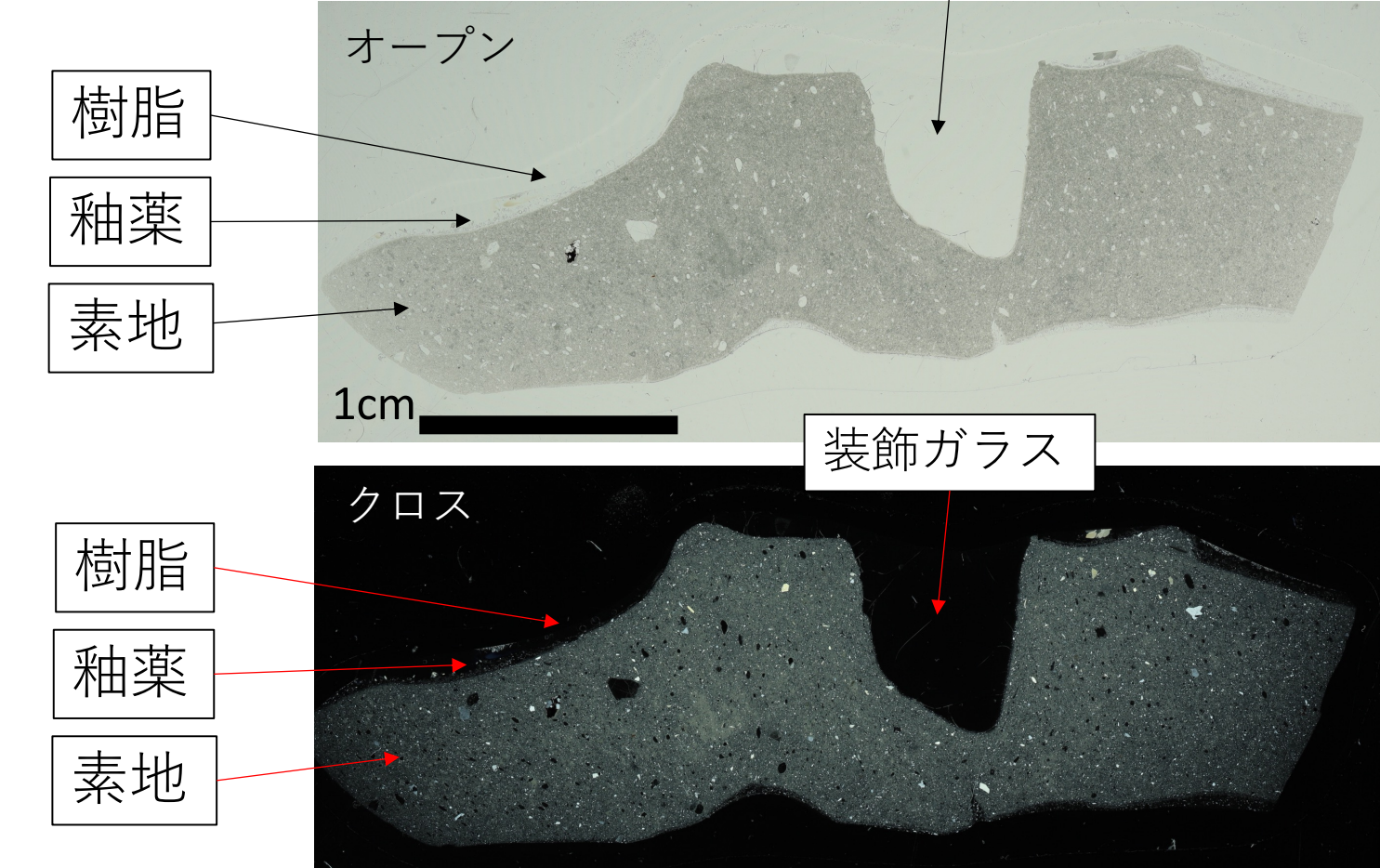
6.薄片全体

クロスニコルで確認すると、非晶質である釉薬や装飾ガラスの部分は常に消光していた。

装飾ガラスなし



装飾ガラスあり



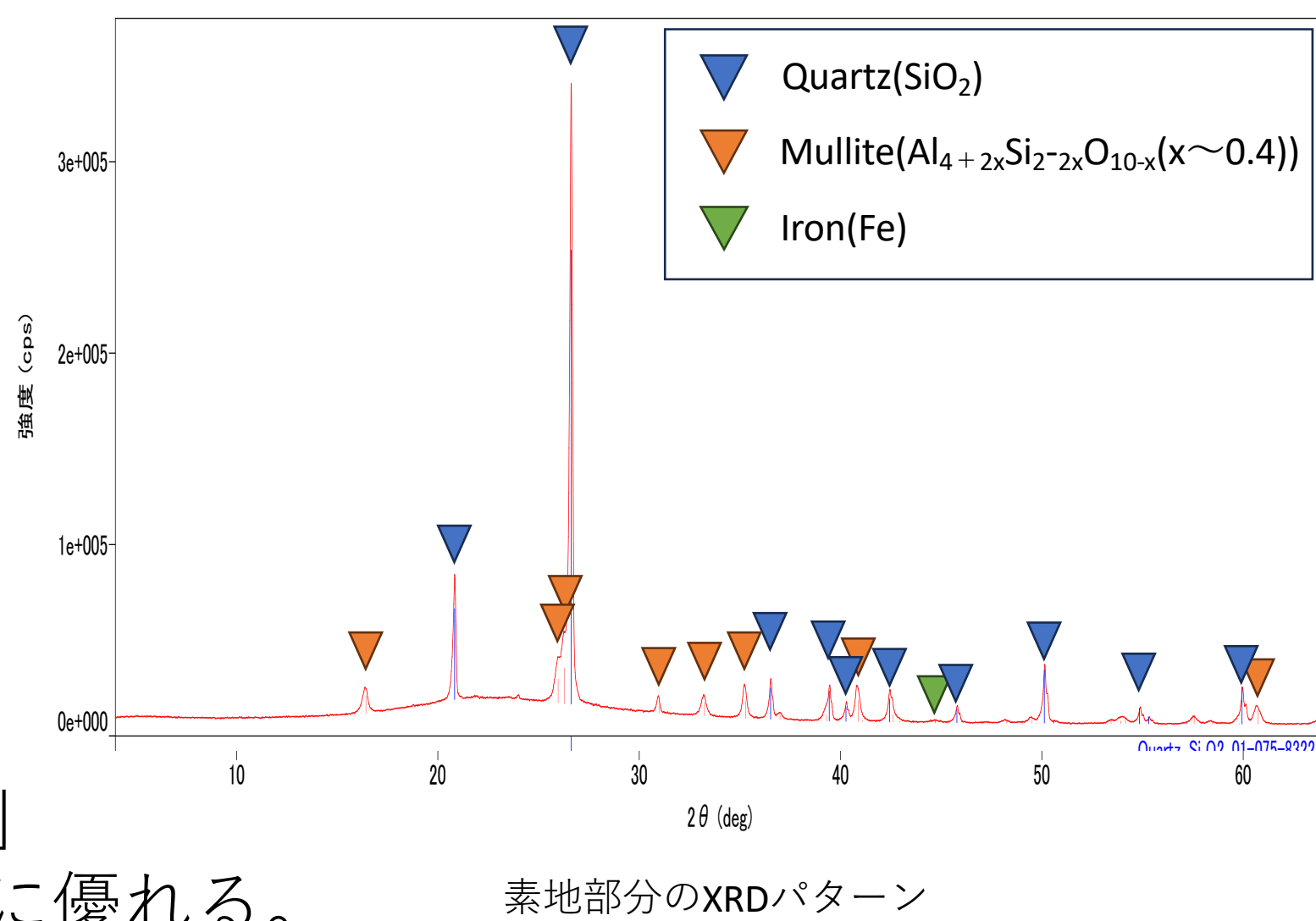
7.粉末X線回折実験

素地部分

石英とムライトのピークが高い。

ムライト(Mullite): Al_{4+2x}Si_{2-2x}O_{10-x}(x~0.4)

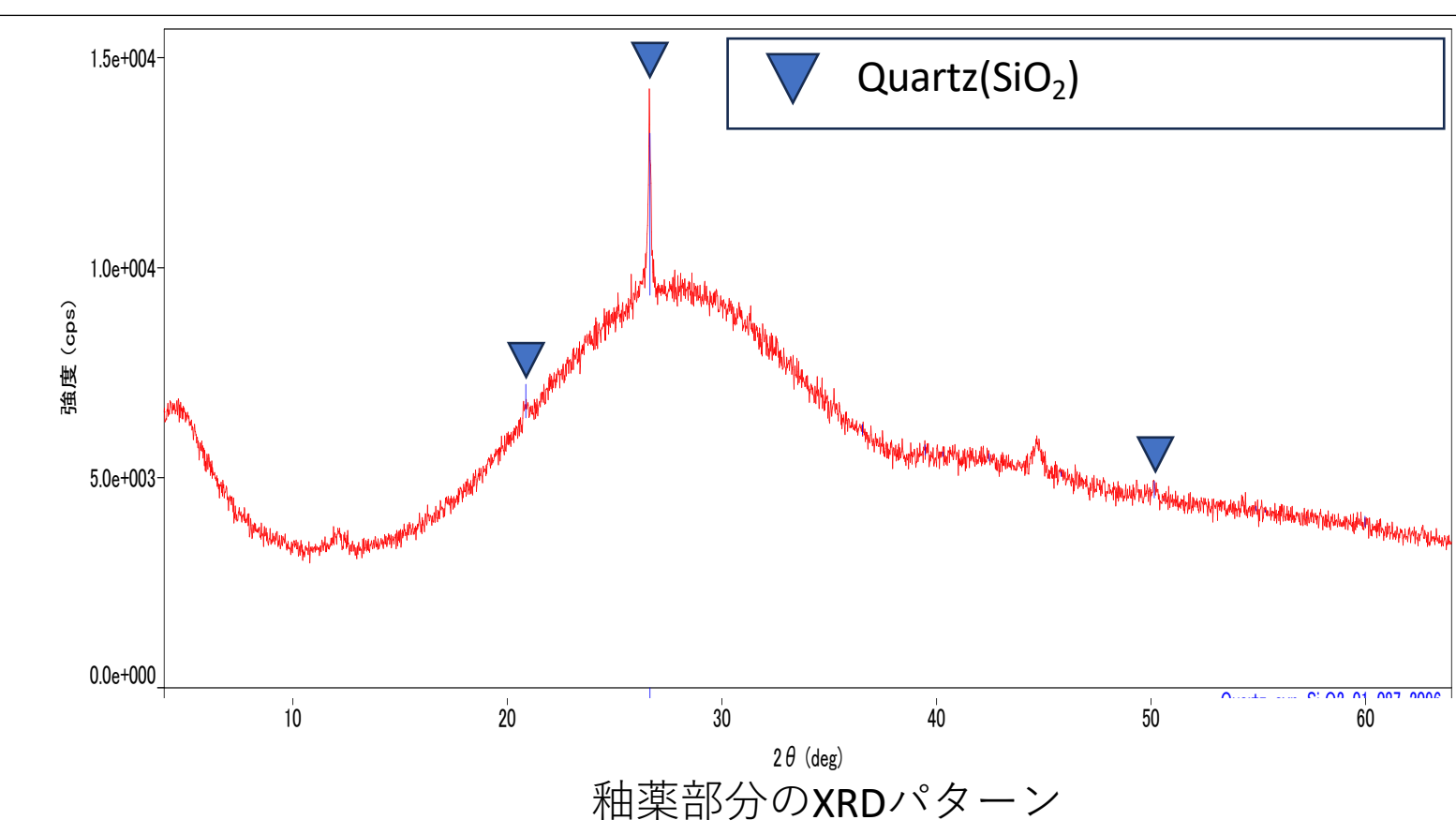
- ・融点1850°Cまで安定
- ・カオリンやパイロフィライトなどの粘土鉱物を高温で焼成すると生成される
- ・主成分とする磁器は「ムライト磁器」と呼ばれ、耐熱・耐酸・機械的強度に優れる。



釉薬部分

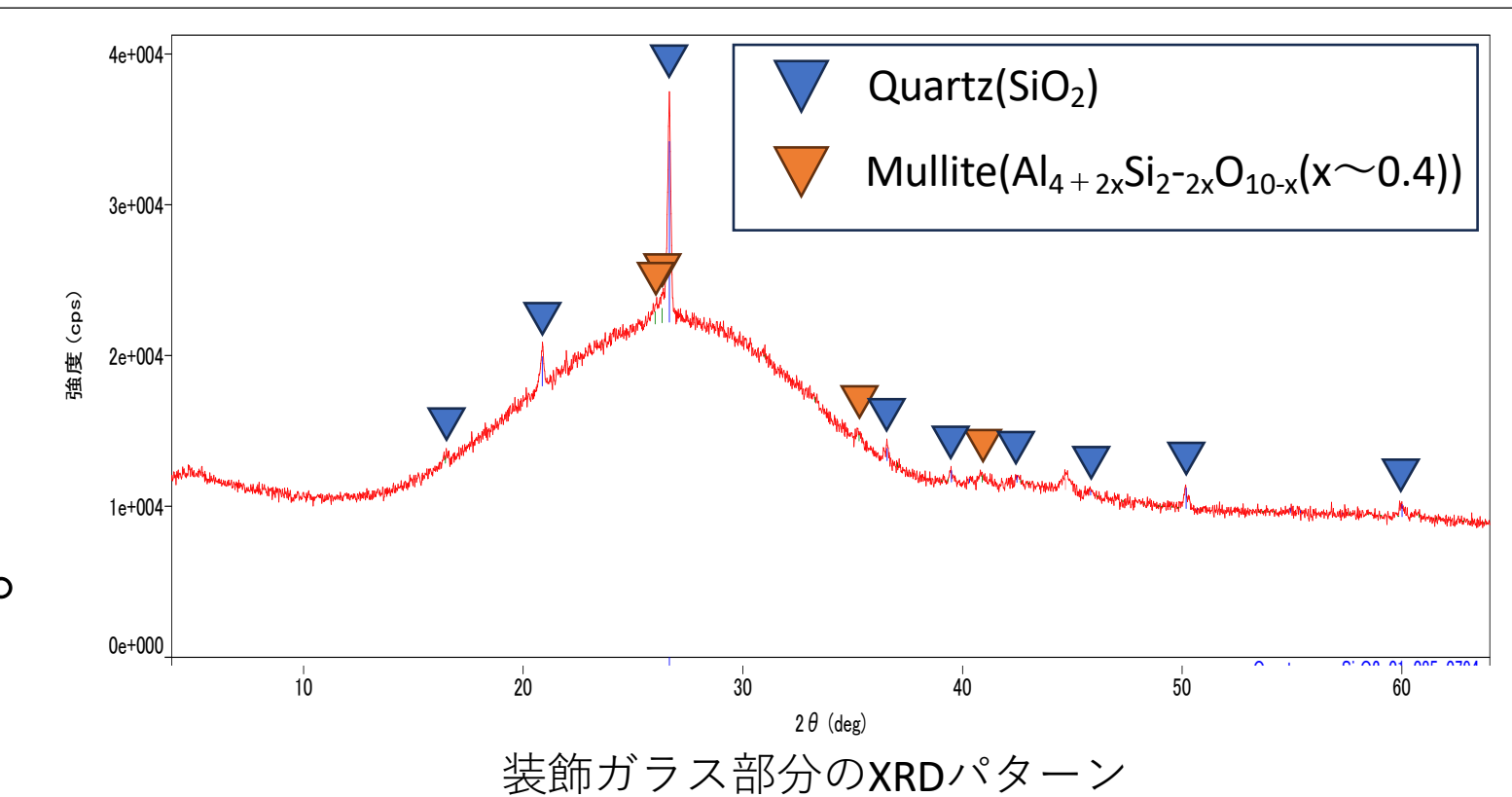
(このみシリコン無反射試料ホルダーを使用)

石英のピークも見えたが、幅の広いブロードなバックグラウンドがあることから、大部分が**非晶質**なことがわかる。



装飾ガラス部分

釉薬と同じく大部分が**非晶質**なことがわかる。素地部分と分離しにくかったためかムライトや石英のピークも少し見えた。



9.まとめ・考察

場所別の観察結果

素地: 主に石英・ムライト
釉薬: 大部分非晶質 結晶が所々あり
装飾ガラス: 非晶質 境界部Ndなし

ネオジウムの分布

Ndは釉薬部分の全体に満遍なく存在していると予想していたが、全体的にあるが**放射状の結晶に集中**して存在していた。

結晶の正体(考察)

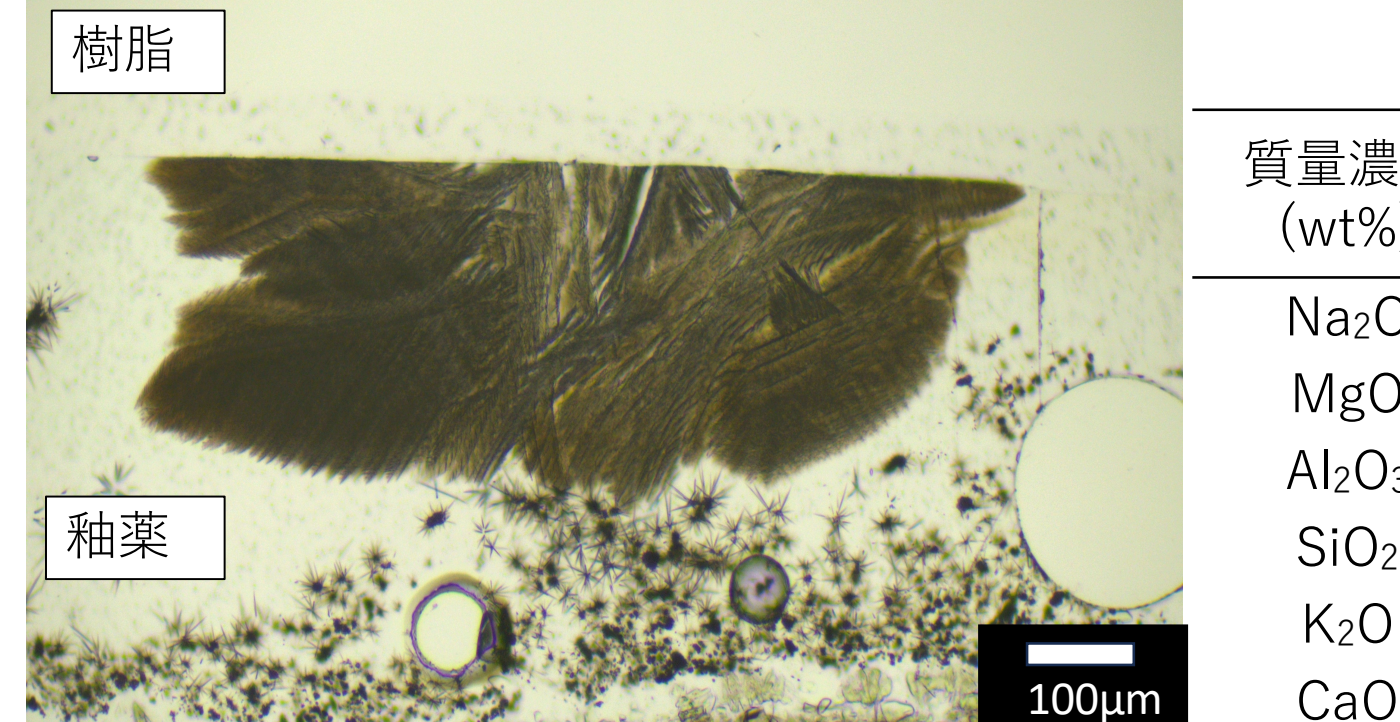
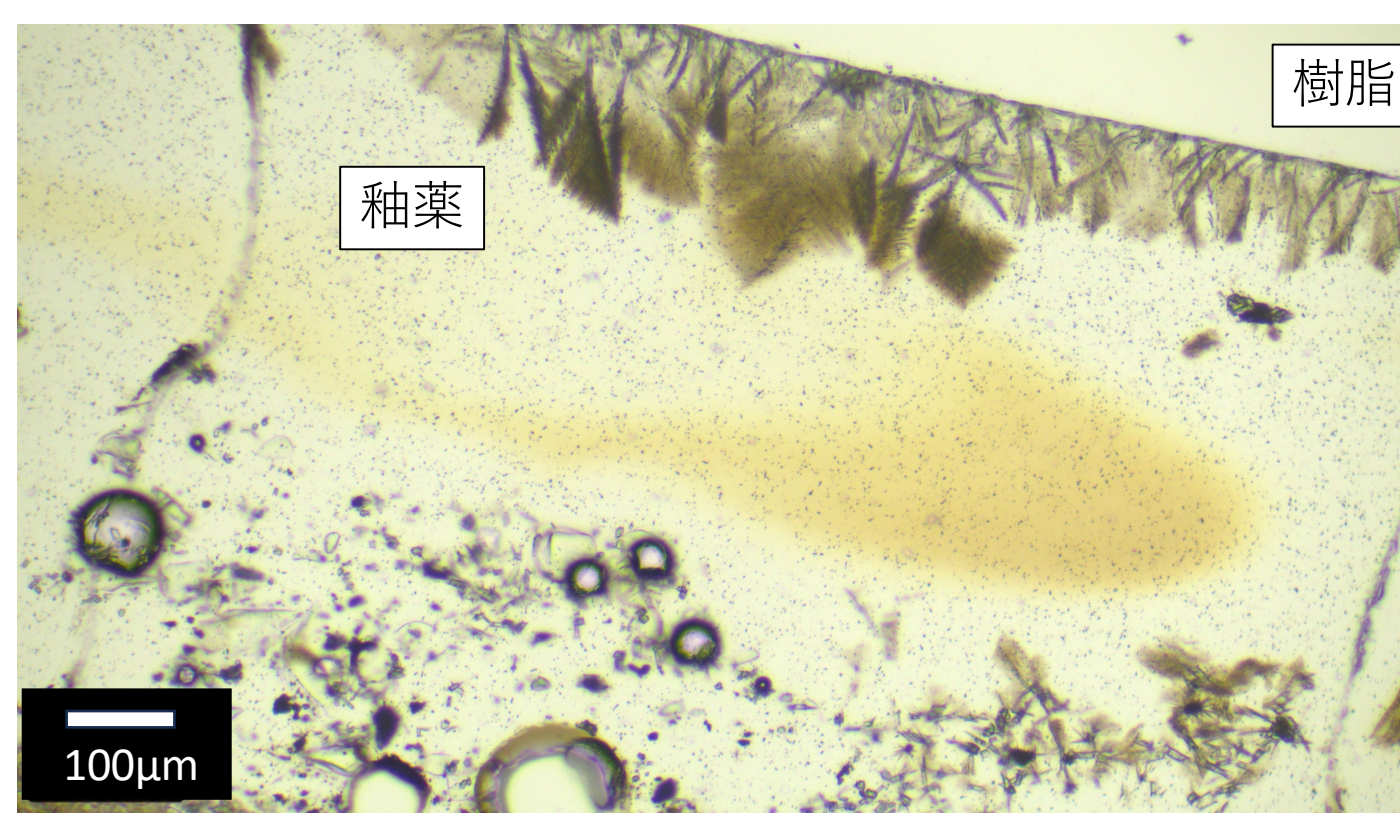
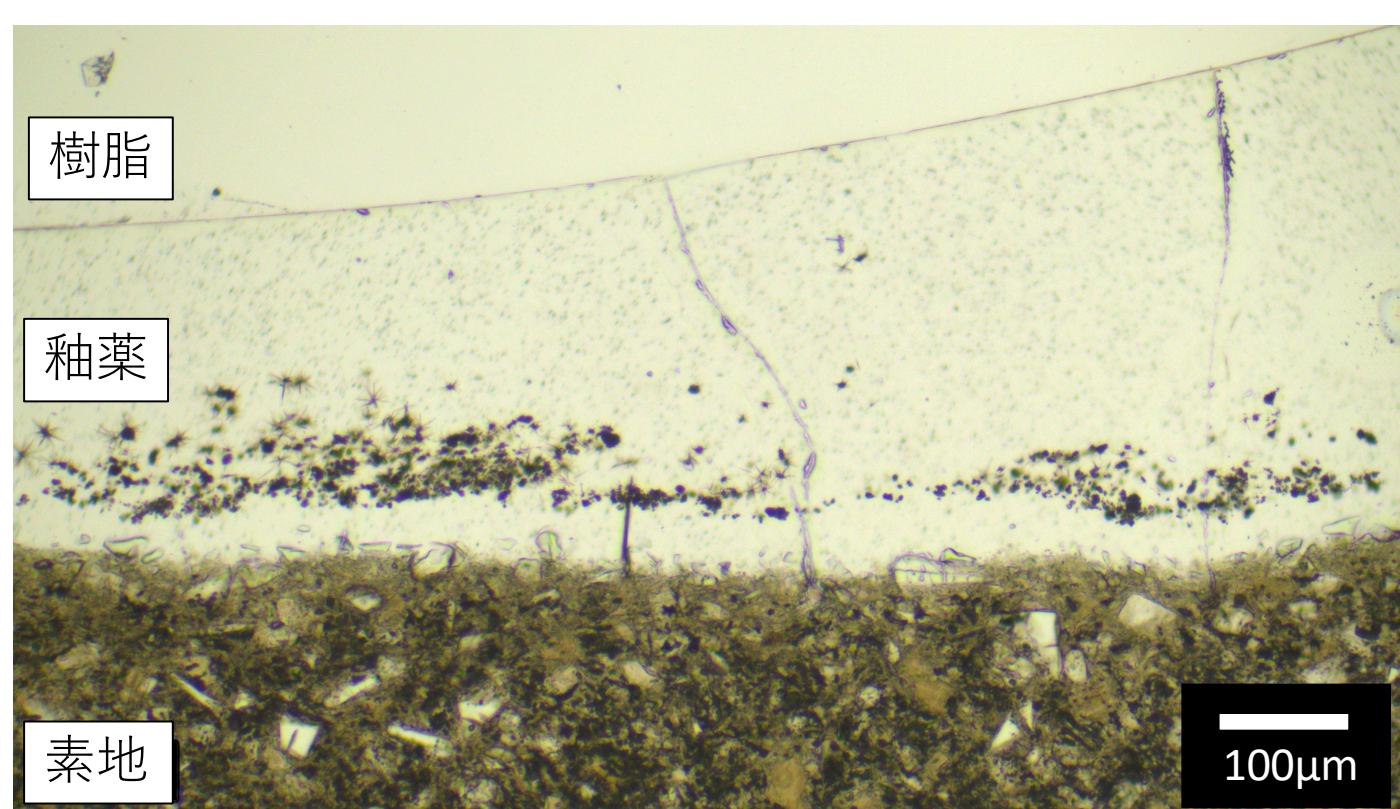
羽根状の結晶 (Ca_{2.84}Nd_{0.05})₂Si_{3.05}O₉
→ 珪灰石 Ca₃Si₃O₉に近い

放射状の結晶に関するデータは周囲のガラスの組成を拾っている可能性が高い。

今後の方針

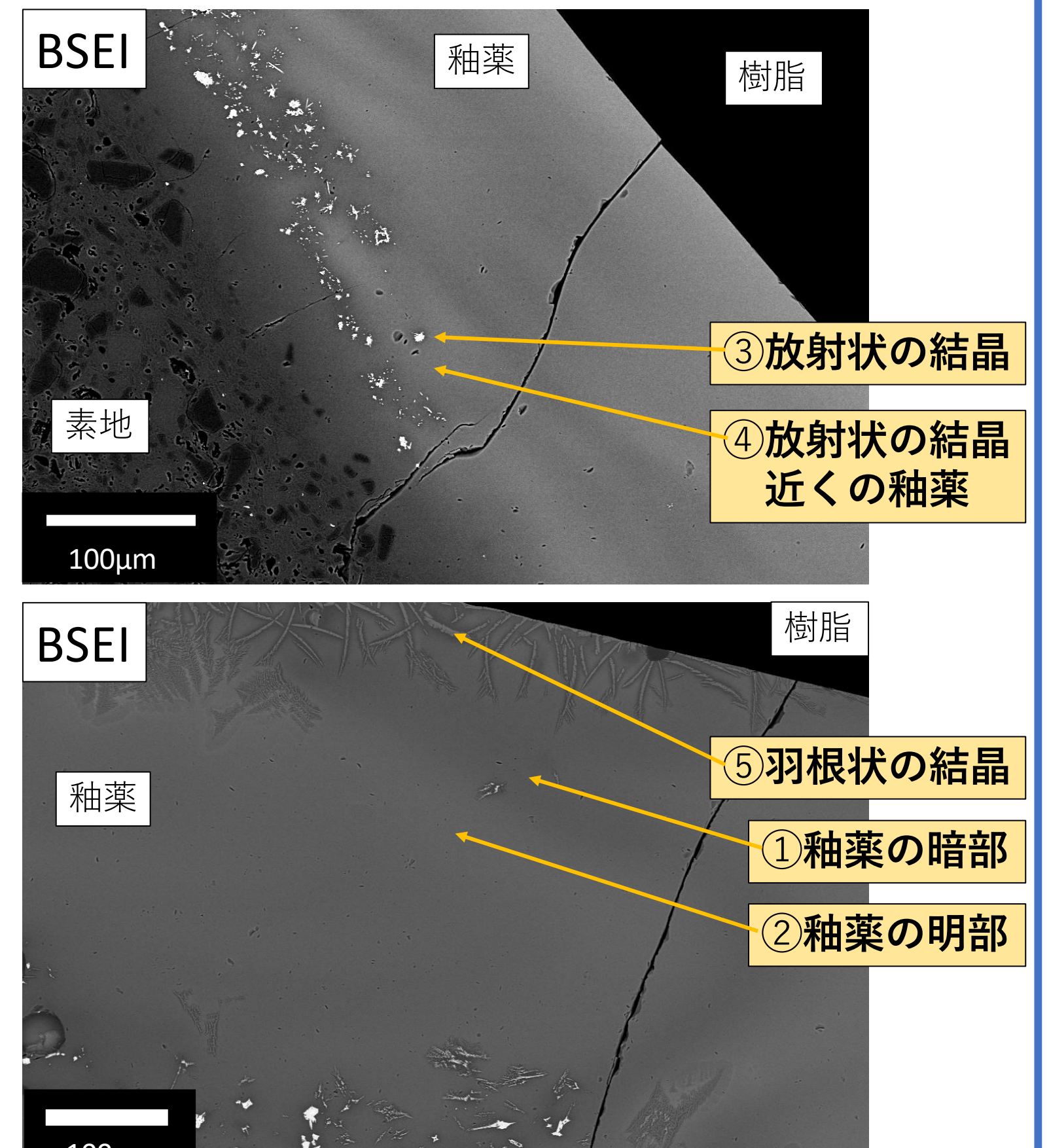
- ①薄片観察・XRD・SEM結果から、出来た鉱物やガラスを同定する。
- ②SEMでのマッピング等を用いて、元素の分布を調査する。
- ③なぜネオジウム酸化物自体は色が変わらないのに、ガラス(釉薬)に含まれると色が変わるのか知る。

8.薄片観察・SEM観察



釉薬部分

釉薬には**反射電子像**で見ると**明部と暗部のムラ**がある。明部にはTiやFeが含まれており、Ndも比較的多かった。また釉薬表面に羽根状、釉薬と素地の境界付近に放射状の結晶が存在していた。Ndが釉薬部分に見られ、中でも**放射状の結晶にNdが多い**。



質量濃度 (wt%)	①暗部	②明部	③放射状	④3付近の釉薬	⑤羽根状
Na ₂ O	3.74	3.45	-	5.87	-
MgO	0.24	0.32	-	0.28	-
Al ₂ O ₃	11.38	11.15	2.1	11.04	-
SiO ₂	63.01	59.84	28.19	68.55	50.42
K ₂ O	3.77	3.1	0.77	4.33	-
CaO	10.41	13.33	5.9	3.7	43.82
TiO ₂	-	0.35	-	-	-
FeO	-	0.42	0.36	-	-
Nd ₂ O ₃	3.49	5.01	61.03	3.62	2.4
トータル	96.05	96.96	98.36	97.39	96.63
イオン数 (O=8)	①	②	③ (O=3)	④	⑤ (O=9)
Na	0.35	0.33	-	0.53	-
Mg	0.02	0.02	-	0.02	-
Al	0.65	0.64	0.08	0.61	-
Si	3.04	2.93	0.85	3.20	3.05
K	0.23	0.20	0.03	0.26	-
Ca	0.54	0.70	0.19	0.19	2.84
Ti	-	0.01	-	-	-
Fe	-	0.02	0.01	-	-
Nd	0.06	0.09	0.66	0.06	0.05
がけ合計	4.89	4.95	1.80	4.86	5.94

