

赤外分光法による粘土鉱物の残留状態せん断面における層間水・吸着水のその場分析

岩手大学大学院 学生会員 ○齋 野 崇
岩 手 大 学 正 会 員 大河原正文
日 本 大 学 フェロー 三田地利之

1. はじめに

残留強度とは、大きなせん断変形を受けて残留状態に至った時点での最小せん断強さで、鏡肌を呈する地すべりのすべり面強度に相当するとされている。この強度は地すべり安定解析に用いられるなど、その工学的重要性が認識されている。残留強度は試料の状態に左右されず常に同じ値をとることから、土のもつ本質的なせん断強さを表しているものと考えられている¹⁾。

ところで粘土鉱物は、四面体シートと八面体シートの組み合わせから構成され、その表面は水酸基もしくは酸素からなる。多くの場合、粘土鉱物は結晶内の陽イオンの同形置換、格子欠陥、表面 OH の解離などにより負電荷が卓越している。そのため水と接した場合、極性をもつ水分子は吸着され水分子に覆われる²⁾。粘土鉱物と水の相互作用は残留強度の発現機構を解明する上で重要である。

赤外分光法は、分子固有の振動数に対応した赤外線を吸収する分光学的特性を利用して物質の定性・定量を行う方法で、粘土鉱物の同定や構造解析に利用されるほか、水の結合状態やその量を調べる方法としても有効である。そこで本研究では、赤外分光法により残留状態せん断面のその場分析を行い、粘土鉱物中の吸着水・層間水の配向性や結合状態について明らかにすることを目的とした。本報では、その場分析の分析条件の最適化について検討した。

2. 実験装置

FT-IR(フーリエ変換赤外分光光度計、日本分光 FT-IR 4200)を写真1に示す。FT-IR はフーリエ変換を利用して赤外光の各波長における強度分布を調べる装置である。

3. 実験方法

測定方法は、平滑な表面をもつ試料に小さい入射角で赤外光を入射し、その表面反射光(正反射光)を検出してスペクトルを測定する正反射法により行った。測定にあたり FT-IR 装置に反射測定装置(日本分光 RF-81S)を取り付け、赤外線が照射される位置に分析用基盤として適していると思われるシリコンウェハまたは石英ガラスがくるようにした。測定において、ステージに分析用基盤としたシリコンウェハ、石英ガラスを置きその上に反射鏡を置いてバックグラウンド測定を行い、そのままの状態ですべて赤外スペクトル測定を行った。次いで、注射器でシリコンウェハ、石英ガラス上に蒸留水を滴下した後、反射鏡を載せて赤外スペクトル測定を行った(図1)。赤外線はシリコンウェハ、石英ガラスを貫通して蒸留水を通過した後、反射鏡で反射され受光部に送られる。測定波数域は中赤外領域 $4000\sim400\text{cm}^{-1}$ 、測定時の分解能は 4cm^{-1} 、積算回数は 128 回である。

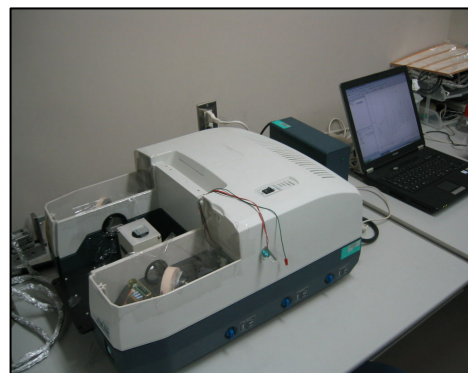


写真1 FT-IR

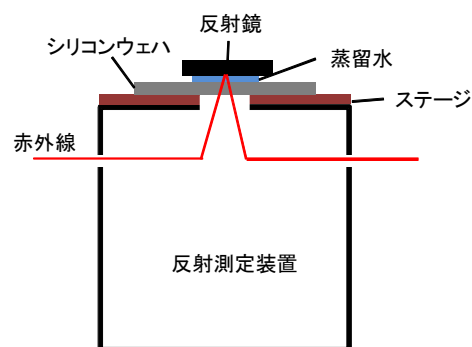


図1 正反射法による測定概要

4. 実験結果および考察

図2にシリコンウェハの赤外スペクトル、図3に石英ガラスの赤外スペクトルを示す。バックグラウンド測定でシリコンウェハ、石英ガラスの赤外スペクトルも測定しているため、シリコンウェハ、石英ガラスの赤外スペクトルはほぼなくなったように見える。これにより、 3500cm^{-1} 付近の水の赤外スペクトルが測定可能であると考えられる。次に図4にシリコンウェハ上に蒸留水を滴下し測定したときの赤外スペクトルを示す。シリコンウェハにおいて、波数 $800\text{cm}^{-1}\sim 3000\text{cm}^{-1}$ において、一定間隔で繰り返すスペクトル群が認められる。これは屈折率の異常分散現象とみられ、 3500cm^{-1} 付近の水の赤外スペクトルにも何らかの影響を与えていると考えられる。また、図5に石英ガラス上に蒸留水を滴下し測定したときの赤外スペクトルを示す。 3500cm^{-1} 付近の水の赤外スペクトルが読み取れる。図6、図7は図2、図3のシリコンウェハ、石英ガラスの赤外スペクトルにおいて縦軸の吸光度(Abs)を細かく見たときの赤外スペクトルである。両方とも非常に小さな値であるが異常分散現象と思われる赤外スペクトルが確認できる。このシリコンウェハ、石英ガラスの赤外スペクトルにより水の赤外スペクトルに影響を与えてしまっていると考えられる。

5. まとめ

残留状態における粘土鉱物-水の相互作用解明のため、その場分析条件の最適化を行った。分析用基盤として、シリコンウェハ、石英ガラスは異常分散現象が認められ純粋な水の赤外スペクトルが得られなかったことから適さないことが明らかとなった。今後は、 3500cm^{-1} 付近の水の赤外スペクトルと重ならない分析用基盤を検討していく。また、吸着水の厚さは約 $20\sim 40\text{nm}$ であるが、正反射法による 3500cm^{-1} 付近の水の赤外スペクトルにおける試料への浸透深さは約 300nm である。これにより、残留状態における試料の最表面の吸着水の赤外吸収スペクトルを得ることができないため、最表面の吸着水を測定できる測定方法を検討していく。

<参考文献>

- 1) M.Okawara, T.Hisatsune, T.Mitachi(2007): Physico-chemical on Mechanism of the Shear Resistance at the Residual State” $\tan\phi_r$ ” of Clay, IGSS-Russia, pp.490-495.
- 2) 白水春雄 著(1988)：粘土鉱物学-粘土科学の基礎-, 朝倉書店, 28-29p

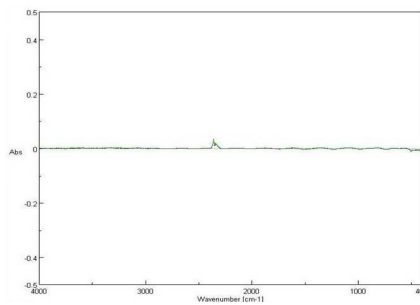


図2 シリコンウェハ

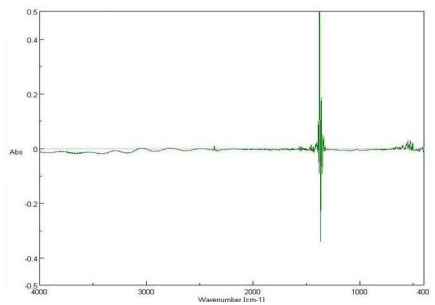


図3 石英ガラス

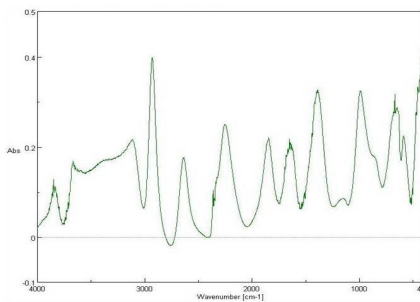


図4 水+シリコンウェハ

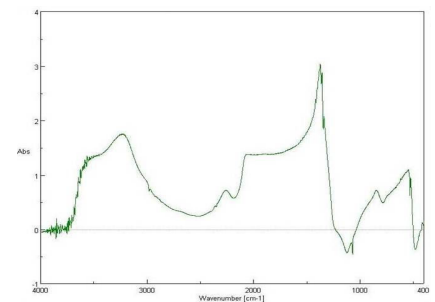


図5 水+石英ガラス

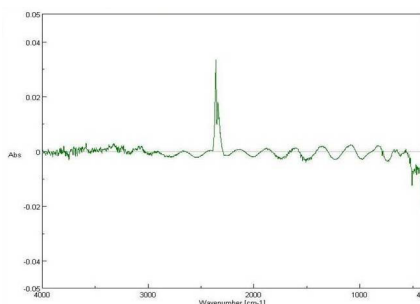


図6 シリコンウェハ(拡大図)

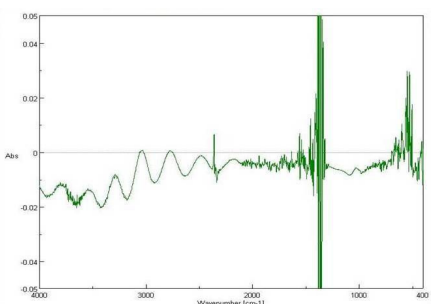


図7 石英ガラス(拡大図)