

粘土鉱物のほかり方 (X線回折試験定方位法の半定量的評価について)

株式会社エイト日本技術開発 ○石川 敦代
木村 隆行
嶋 将志

1.はじめに

粘土鉱物とは、粘土を構成する微細な鉱物の総称である。粘土鉱物のうち、スメクタイトなど膨潤性を示すものが多く含まれている場合、土木的な問題が生じることが多い。

粘土鉱物の同定には、X線回折による水簾試料の定方位法分析を行う。この定方位法分析は定量的評価には向かないとされている一方で、粘土鉱物の分析は定方位法による処理が必須である。そのため、回折線強度(cps)や積分強度などをもとに、多い少ないという半定量的な評価も行われてきている。

定量的評価は非定方位法分析の結果から解析し決定するが、定方位法の結果から、その半定量的評価がなされている場合もある。今回、定方位法分析と非定方位法分析との比較を行い、定方位法による半定量評価がどの程度有効かについての検証を行った。また、粘土鉱物のほかり方について、留意点をまとめて報告する。

2.粘土鉱物のX線分析における測定方法

2-1.粘土鉱物とは

粘土鉱物は、非晶質、準晶質、結晶質なものから成る。結晶質の粘土鉱物は層状珪酸塩鉱物が主であり、層状珪酸塩鉱物のうち、カオリン鉱物、雲母粘土鉱物、スメクタイト及び混合層鉱物は粘土中によく見られる典型的な粘土鉱物である。蛇紋石、タルク、緑泥石、バーミキュライトなどは粘土鉱物だが、粘土中だけでなく、岩石の造岩鉱物として産することも多い。

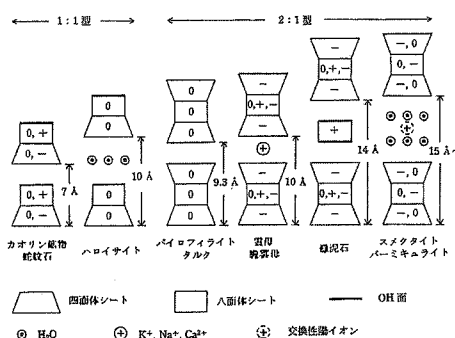


図 1.層状珪酸塩鉱物構造模式図
(粘土鉱物学 p.18 より引用)

2-2.X線回折分析

鉱物結晶は原子が規則正しく繰り返し配列しており、原子の間隔と同程度の X 線の波長を照射すると、結晶格子によって X 線が回折(反射)される。この反射角度 θ は、図 2 に示すように「 $2d \cdot \sin \theta = n\lambda$ 」の式により求めることができ、鉱物の結晶構造を反射角と X 線強度から同定することができる。

分析の結果得られた図を回折図、回折図中でとび出た線を回折線と言う。回折線の位置から、鉱物の同定を行う。回折線強度や幅は、鉱物の含有量・結晶度の高さなどに左右される。

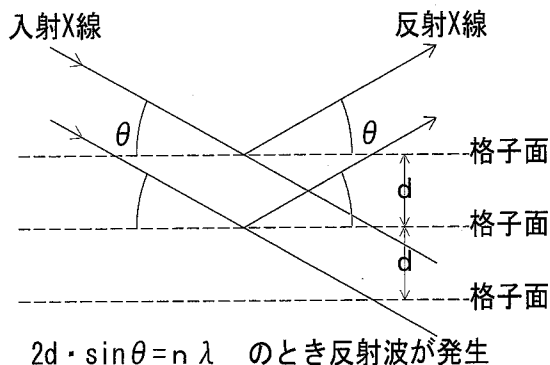


図 2.X線回折原理

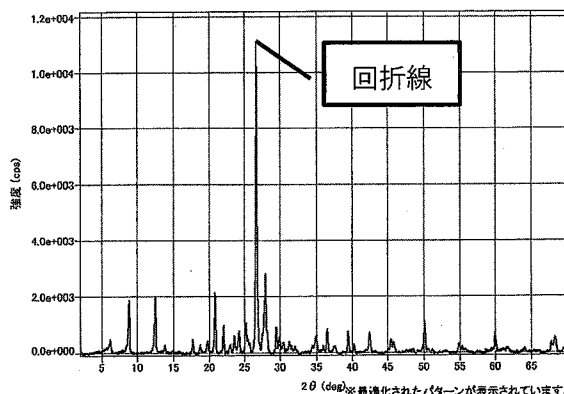


図 3.回折図例

2-3.定方位法分析(定性分析)

粘土鉱物の同定は、X線回折による水簸試料の定方位法分析で行う。定方位法分析とは、鉱物のある特定方位に優先配向させ分析する方法である。粘土鉱物の場合、この方法で回折線を強調し、同定を行いやすくする。

また、粘土鉱物は回折線の角度が一致するものが多く存在する。その場合、エチレングリコール処理、塩酸処理等の薬品処理による回折線の分離や、加熱処理による回折線の変化を参考に鉱物鑑定を行う。



図 4.水簸試料

2-4.非定方位法分析(定量分析)

非定方位法分析は、配向性のない試料を分析する方法である。試料を粉末にし、専用のホルダーにつめて分析を行う。薬品処理をほどこすことができないので定性分析は不可能であるが、回折線の長さや積分強度などから、鉱物の定量的検討が可能となる。



図 5.粉末試料

3.検討方法

定方位法は非定方位法とは異なり、半定量分析には不向きとされる。しかし前述の通り、粘土鉱物の同定には各種処理を伴う回折線の分離が必須な場合が多い。その場合、定方位法の回折図から評価せざるを得ない。そこで、定方位法分析と非定方位法分析の半定量的な評価を検討するため、堆積岩 4 試料、凝灰岩 30 試料、花崗岩 21 試料の全 55 試料で、1. 回折線強度による比較、2. 積分強度による比較を行った。

比較する鉱物はスメクタイト、カオリン鉱物、セリサイト、緑泥石に加え、粘土鉱物ではないが、斜長石、石英も行った。

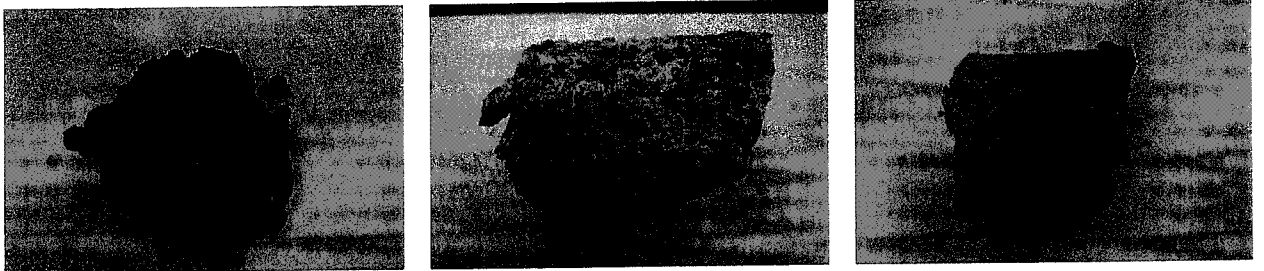


図 6.試料写真

左: 堆積岩、中央: 花崗岩、右: 凝灰岩

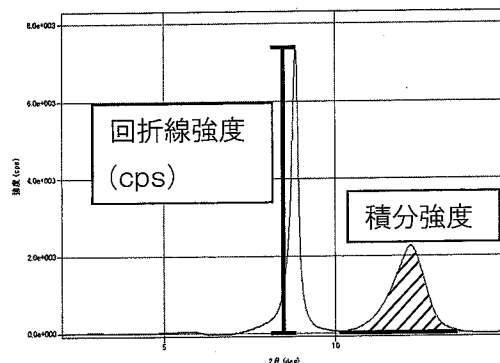


図 7.回折線強度、積分強度模式図

4.比較結果

4-1 鉱物別比較

定方位法及び非定方位法の回折線強度、積分強度の相関性を見るため、縦軸に非定方位法、横軸に定方位法の値をとりグラフを作成した。作成したものを図8～13に示す。

(1) スメクタイト

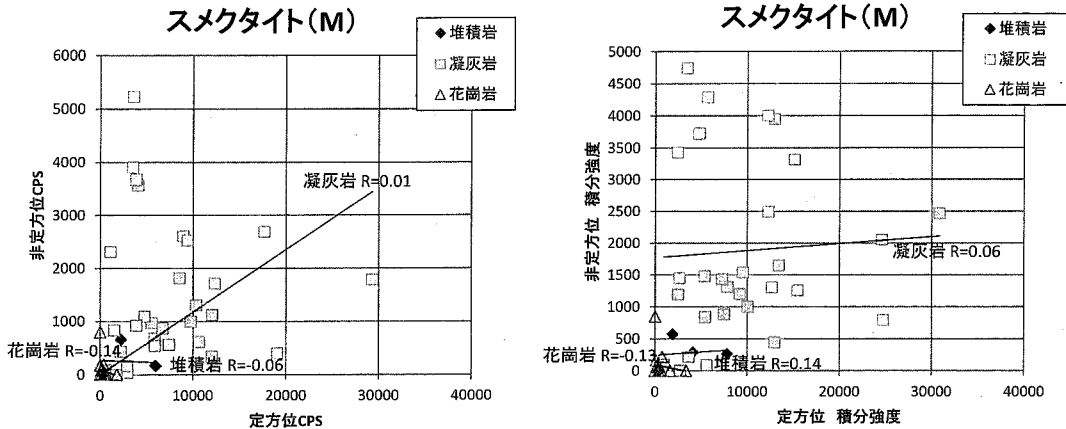


図 8.スメクタイトの回折線強度・積分強度

スメクタイトは堆積岩、凝灰岩、花崗岩いずれの岩種も相関係数 R は 0.2 以下であり、ほとんど相関が認められなかった。

(2) カオリン鉱物

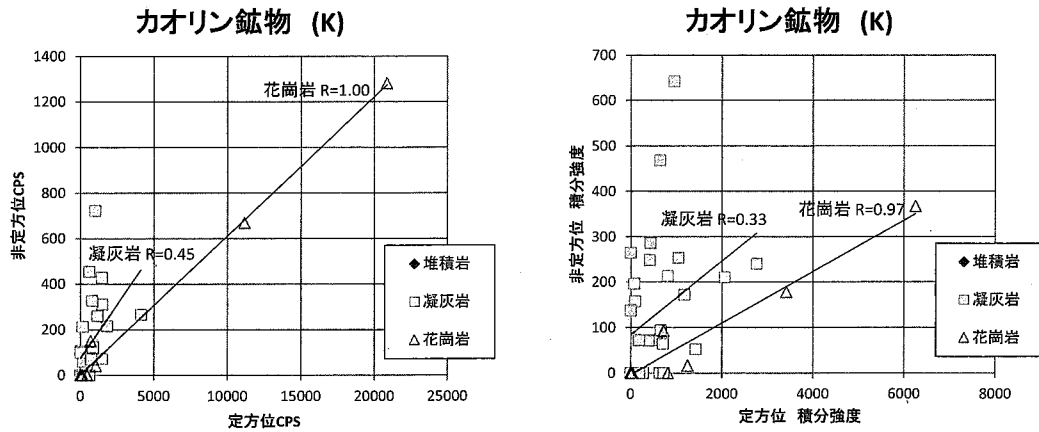


図 9. カオリン鉱物の回折線強度・積分強度

カオリン鉱物は堆積岩中から検出されなかったため、凝灰岩と花崗岩のみ比較を行った。凝灰岩の回折線強度では $R=0.45$ 、積分強度は $R=0.33$ と正の相関を示した。花崗岩は回折線強度で $R=1.00$ 、積分強度は $R=0.97$ の高い正の相関が認められた。

(3)セリサイト(雲母粘土鉱物)

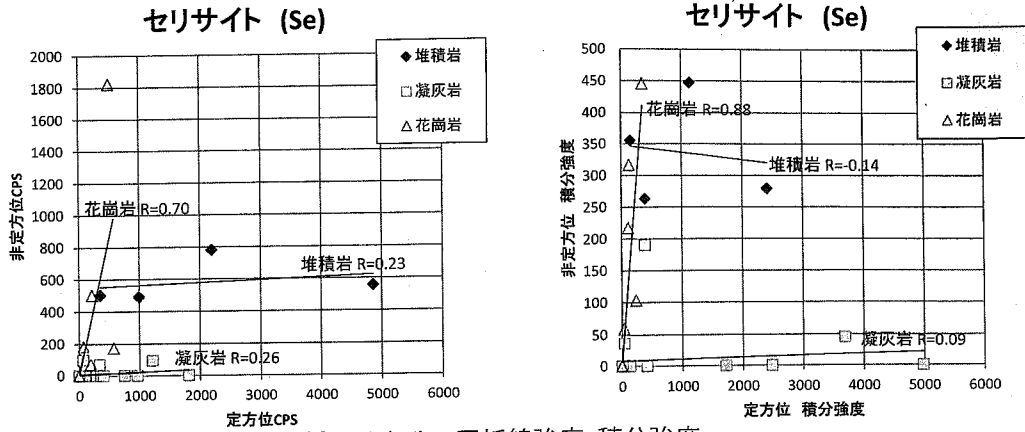


図 10.セリサイトの回折線強度・積分強度

セリサイトは堆積岩、凝灰岩の回折線強度で低い正の相関が認められたが、積分強度ではほとんど相関が見られなかった。花崗岩は回折線強度・積分強度とも R=0.7 以上の高い正の相関が認められる。

(4)緑泥石

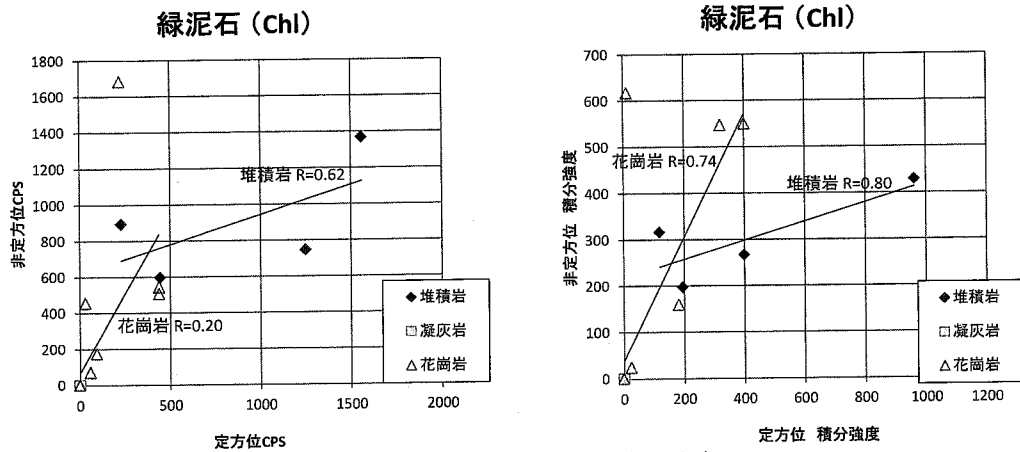


図 11.緑泥石の回折線強度・積分強度

緑泥石は凝灰岩中からは検出されなかったため、堆積岩、花崗岩で比較を行った。堆積岩は回折線強度では R=0.62 の正の相関が認められ、花崗岩のほとんど相関が見られなかった。積分強度ではどちらの岩も R=0.7 以上の正の相関が認められた。

(5)斜長石

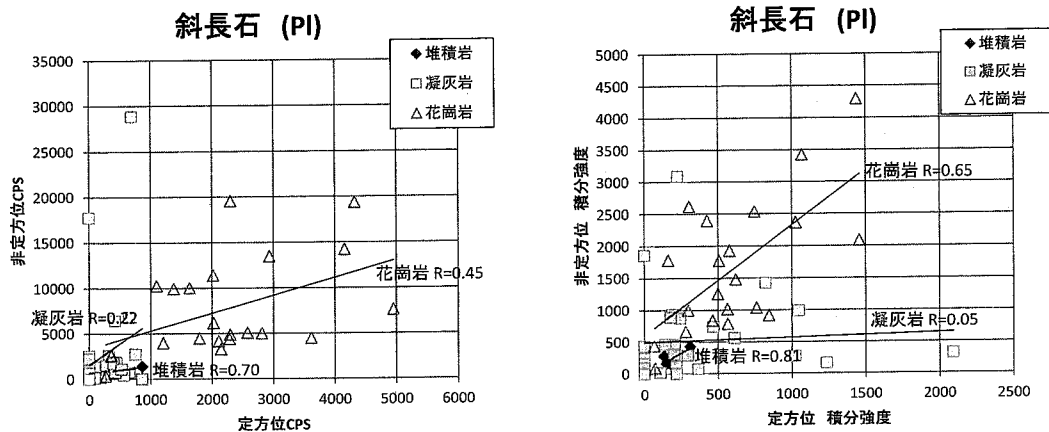


図 12.斜長石の回折線強度・積分強度

斜長石は堆積岩の回折線強度・積分強度で R=0.7 以上の高い正の相関が認められた。凝灰岩では回折線強度で R=0.22 の低い正の相関が認められるが、積分強度ではほとんど相関が見られなかった。花崗岩は回折線強度では R=0.45、積分強度では R=0.65 程度の正の相関が認められた。

(6) 石英

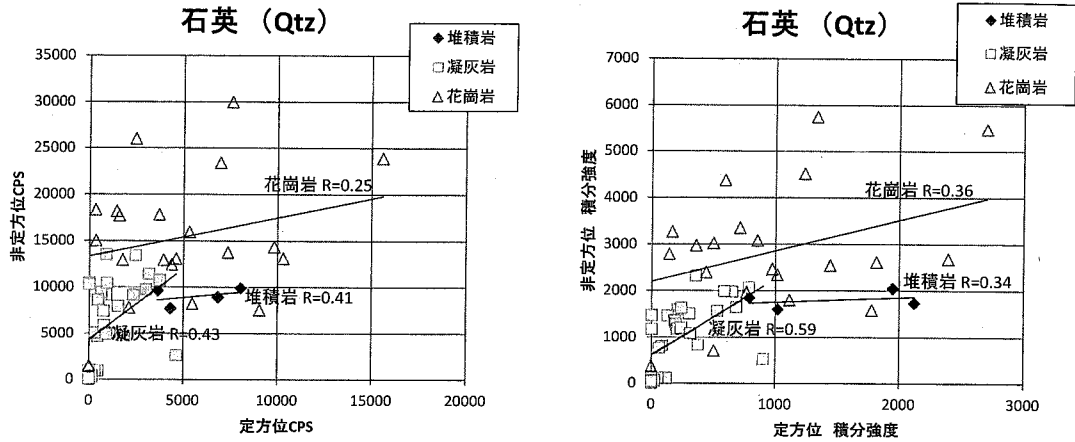


図 13. 石英の回折線強度・積分強度

石英は、堆積岩では回折線強度で正の相関が、積分強度で低い正の相関が認められた。凝灰岩では回折線強度・積分強度とも0.4以上の正の相関、花崗岩はR=0.4以下の低い正の相関であった。

4-2. 岩種別鉱物比較

定方位法・非定方位法の回折線強度・積分強度の相関係数をそれぞれの岩種ごとに示したグラフを図14に示す。それぞれの岩種において回折線強度・積分強度の相関性が高いものを以下に示す。

- ・堆積岩で、回折線強度の相関性が高いものは、セリサイト R=0.23、石英 R=0.41 である。一方、積分強度の方が高いのは緑泥石 R=0.80、斜長石 R=0.81 であった。
- ・凝灰岩で、回折線強度での相関性が高いものは、カオリン鉱物 R=0.45、セリサイト R=0.26、斜長石 R=0.22 である。一方、積分強度の方が高いのは石英 R=0.59 であった。
- ・花崗岩で、回折線強度での相関性が高いものは、カオリン鉱物 R=1.00 である。一方、積分強度の方が高いのはセリサイト R=0.88、斜長石 R=0.65、石英 R=0.36 であった。
- ・今回の検討では、全ての岩種でスメクタイトの相関は認められなかった。

以上から、各岩種で回折線強度・積分強度の相関性が認められた。ただし、回折線強度では R=0.6 以下、積分強度では R=0.6 以上の相関係数を示すものが多い。そのため、積分強度の方が半定量評価の判断に向いている可能性がある。

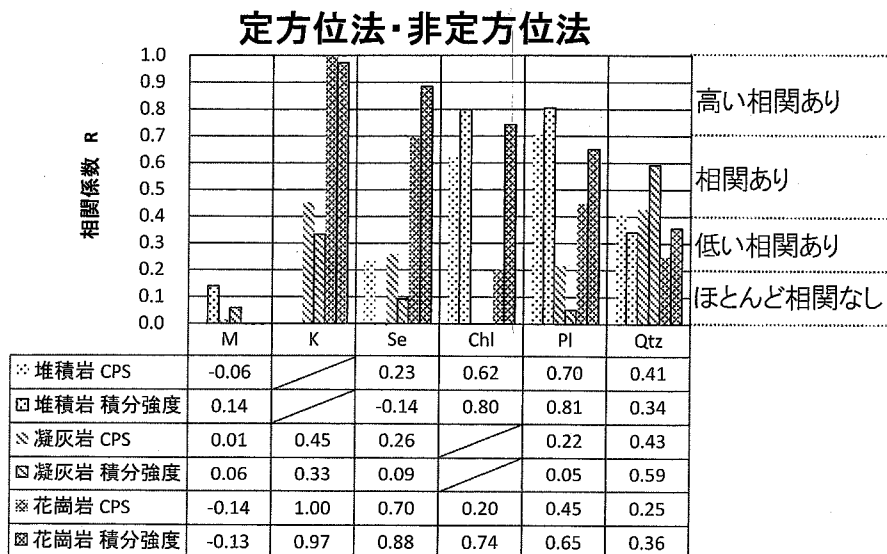


図 14. 定方位法・非定方位法相関係数

5. まとめ

- ・今回の検討の結果、岩種・鉱物毎に回折線強度・積分強度の相関性が認められた。
- ・回折線強度・積分強度の相関性を比較すると、積分強度では $R=0.6$ 以上の相関係数を示すものが多いため、積分強度の方が半定量評価の判断に向いている可能性がある。
- ・今回の結果では全岩種から、スメクタイトの相関は認められなかった。スメクタイトの場合は定方位法と非定方位法による回折線強度・積分強度の相関が無いと思われる。以上から定方位法では半定量的評価を行うのは困難であり、スメクタイトの有無判断に利用するのが限界と考えられる。

6.参考文献

- 1) 粘土科学への招待 粘土の素顔と魅力 須藤談話会編 三共出版
- 2) 粘土鉱物と変質作用 地学双書 32
- 3) 粘土の辞典 朝倉書店