

## イライト／モンモリロナイト混合層鉱物の成分層について

渡辺, 隆  
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4495925>

---

出版情報：九州大学理学部研究報告. 地質学. 13 (2), pp.225-231, 1980-02-29. 九州大学理学部  
バージョン：  
権利関係：



# イライト/モンモリロナイト混合層鉱物の成分層について

渡 辺 隆

On the component layer of interstratified illite/montmorillonite

Takashi WATANABE

## Abstract

The X-ray line profile of interstratified illite/montmorillonite has been investigated on the basis of the theory of KAKINOKI and KOMURA (1952) by the electric computer method.

In interstratified illite/montmorillonite, two systems of interstratified structure have been recognized, which are distinguished by the different component layers. One is I/M system and the other is II/IM system. The component layer of the I/M system is defined by the single layer of illite (I) or montmorillonite (M). On the other hand, the component layer of the II/IM system consists of the double layer of illite (I) and/or montmorillonite (M), i. e., II and IM.

In addition, an application to a natural sample is shown.

## I. はじめに

混合層構造には相異なる二種以上の成分層が結晶構造中に統計的に存在する。したがって混合層構造は確率過程論を用いて表現することができる。KAKINOKI and KOMURA (1952) はX線回折にそれを導入し回折強度の計算を可能にした。N枚重なる混合層構造によるX線回折強度は、

$$I(\mathbf{r}^*) = NV(\mathbf{r}^*)^2 + \left[ \sum_{n=1}^{N-1} (N-n) \text{spur} V(\mathbf{r}^*) FQ^n(\mathbf{r}^*) + \text{conj.} \right] \quad (1)$$

として表わされる。ここで  $F$  は存在確率,  $V(\mathbf{r}^*)$  は層構造因子,  $Q$  は位相に関する行列項である。混合層構造の解析はその回折線プロファイルを(1)式から得られた結果と比較検討しながら行なわれるが、(1)式を用いる場合、まず混合層を構成する構造の基本単位の定義が必要である。それを混合層構造の“成分層 (component layer)” と定義する。例えば、イライト(I)とモンモリロナイト(M)からなる混合層鉱物ではIまたはMは混合層鉱物の“成分層”である。すなわち混合層構造の成分層を成分鉱物の一枚の層で考えてきたのが従来の方法である。しかしここで述べるように成分層は必ずしも一枚の成分鉱物層から成るとはかぎら

ず、複数の場合がありうる。今回、イライトとモンモリロナイトの混合層鉱物を解析する際、IとMを成分層とする従来の構造(以下I/M型と呼ぶ)ではその回折線を説明できない事実遭遇した。この混合層構造を説明するために成分層を再検討したところ、イライト・イライト(II)とイライト・モンモリロナイト(IM)を成分層とする混合層構造(II/IM型)で説明できることがわかった。ここにその二枚の鉱物成分層からなる成分層の定義を示し、天然に産する試料への適用結果を報告したい。

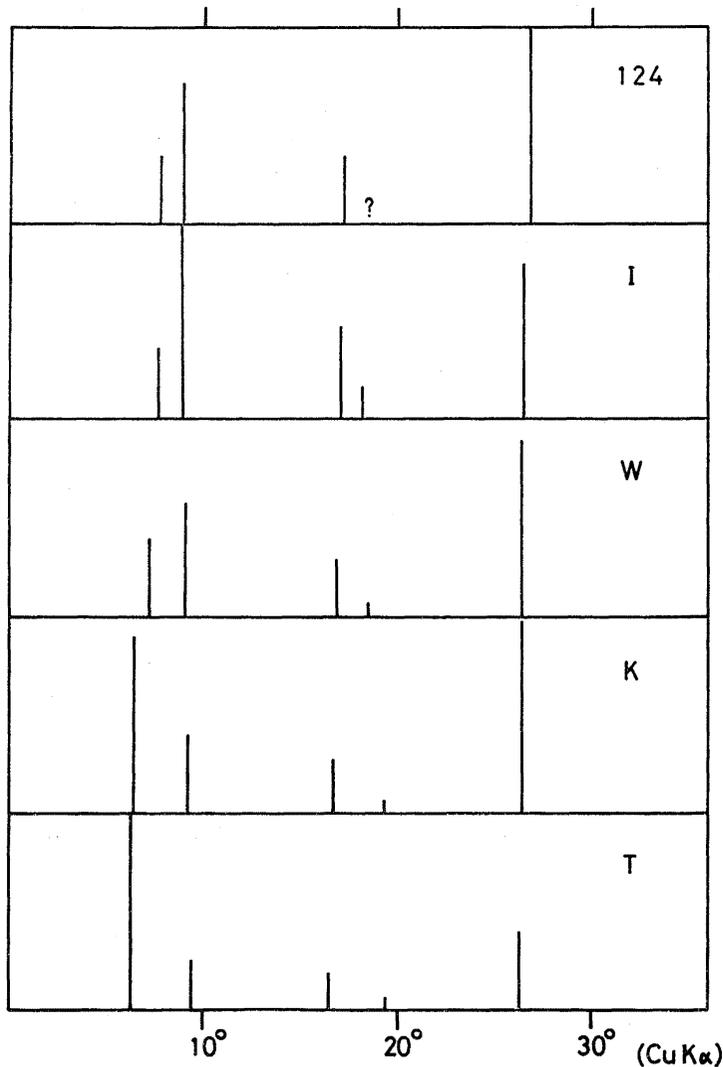
## II. 成分層と回折線

イライト/モンモリロナイト混合層鉱物の場合、その混合層構造の特徴は、エチレングリコール処理をしたとき、二本の回折線に顕著に表われる。それらは  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda=1.542\text{\AA}$ ) のX線を用いたとき、回折角( $2\theta$ )で  $5-10^\circ$  の位置にくるもので、それぞれ低角側より  $l_1, l_2$  と呼び。ここで  $l_1$  と  $l_2$  の回折線の位置の差を  $\Delta 2\theta$ ,  $l_1$  と  $l_2$  の強度比を  $I_1/I_2$  とする。これらの  $\Delta 2\theta$  と  $I_1/I_2$  は、混合層構造の特徴をよく表わす。天然に産するイライト/モンモリロナイト混合層鉱物の回折線の模式パターンを第1図に示す。これらの回折線を説明するために、従来のIまたはMを成分層とするI/M型構造のイライト/モンモリロナイト混合層

鉱物の回折線強度を(1)式を用いて計算した。計算の方法は、渡辺(1977)によった。ただし、 $I/M \geq 0.5/0.5$ で、M-Mのつながりがない(規則型)として計算した。その結果を第2図に模式的に示す。

これら第1, 2図の比較から混合層構造の推定が可能である。たとえば、K, TはそれぞれI/Mの値が0.6/0.4, 0.5/0.5の場合の $\Delta 2\theta$ および $I_1/I_2$ の特徴によく一致する。しかしながら、試料124, I, Wは $I_1/I_2$

$< 1$ であり、 $\Delta 2\theta$ も計算結果と大きく異なる。例えば、第2図に示したように、 $I_1$ と $I_2$ は、I成分層が増すにつれ近づいていくが、両者が最も近づいた時( $I/M=0.8/0.2$ )でさえ $\Delta 2\theta$ の値は124, I, W等の $\Delta 2\theta$ 値より大きい。つまり、124とIは $I/M=0.8/0.2$ のときのおよそ半分ほどの $\Delta 2\theta$ 値をとる。これは $c^*$ 方向の平均周期が約二倍になっているためと解釈できる。そこで成分層の周期をそれぞれ二倍に



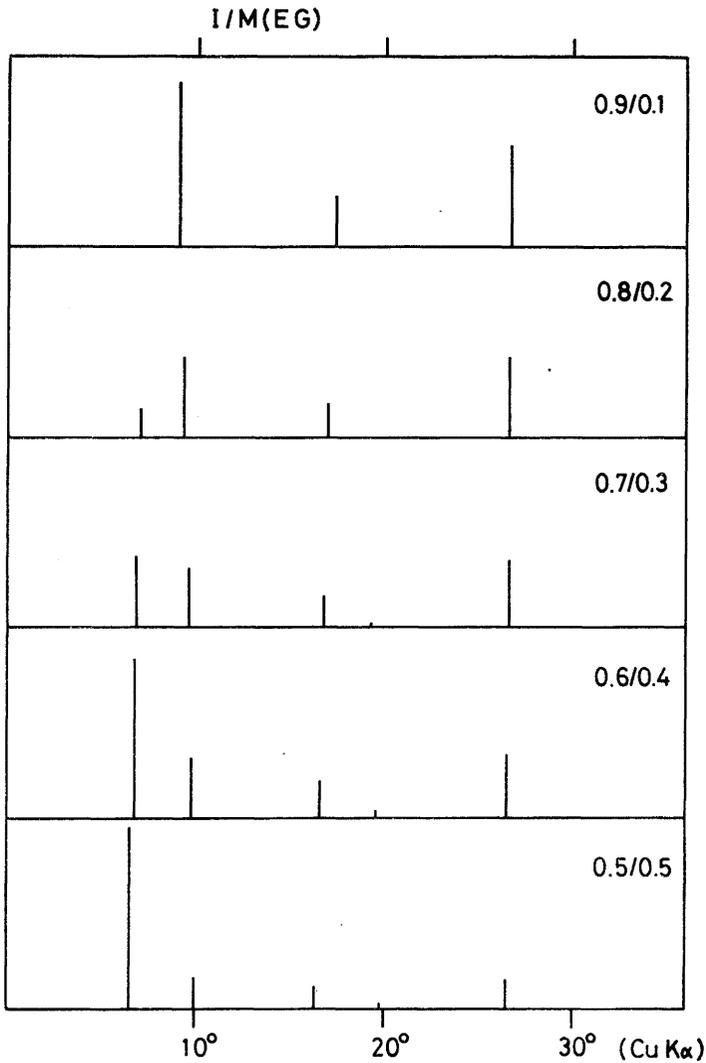
第1図 イライト/モンモリロナイト(エチレングリコール処理)混合層鉱物の回折線強度。I, W, K, Tは下田ら(1969)による。124は黒鉱鉱床より採集した試料。

Fig. 1. Observed diffraction intensities of interstratified illite/montmorillonite (ethylene glycolated). The data of I, W, K and T are referred to Shimoda et al. (1969). Specimen 124 is collected from Kuroko ore deposit.

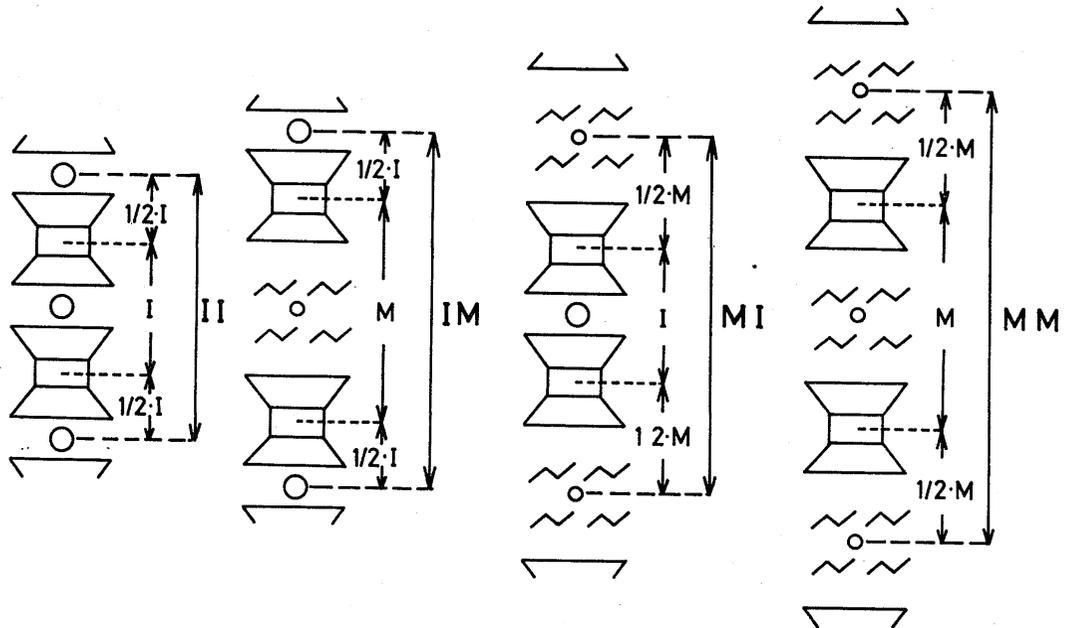
した構造を検討した。

イライト(I)とモンモリロナイト(M)を基本層とする混合層構造において、二層よりなる可能な成分層は、II, IM, MI, MM である(第3図)。実際にはIMとMIは(1)式の計算過程では区別できないので、II, IM(またはMI), MMの三種になる。I/M $\geq$ 0.5/0.5の場合、構造中にM-Mのつながりがないと仮定すると、成分層はIIとIMを考えれば充分である。この仮定にたって、II/IM型構造のII/IM $\geq$ 0.5/0.5での規則型(IM-IMのつながりはない)の混合層構造の

回折線を計算した(第4図)。この図を用いて124, I, Wの構造を推定してみる。 $\Delta 2\theta$  および  $I_1/I_2$  の特徴から、124とIはII/IM=0.8/0.2の場合に、Wは0.6/0.4に最もよく一致する。さらに試料124について、 $2\theta=4\sim 50^\circ$ の範囲で回折線プロファイルを、グリセロール処理の場合もあわせて検討した。第5, 6図に示すようにプロファイルの特徴は計算結果とよい一致をみせ、試料124はII/IM型構造の一例であることがわかる。また試料124の混合層構造は、存在確率; II/IM=0.8/0.2, IM-IMのつながりは0で、II-II



第2図 I/M型・イライト/モンモリロナイト(エチレングリコール処理)混合層鉱物の計算による回折線強度。右側の数字は成分層の存在確率を示す。  
 Fig. 2. Calculated diffraction intensities of interstratified illite/montmorillonite (ethylene glycolated) based on the I/M system. The numbers at right side show probability of finding of component layers.



第 3 図 二層の成分鉱物層より構成される成分層. I : イライト, M : モンモリロナイト.

Fig. 3. The component layers composed of two layers.

I: illite. M: montmorillonite.

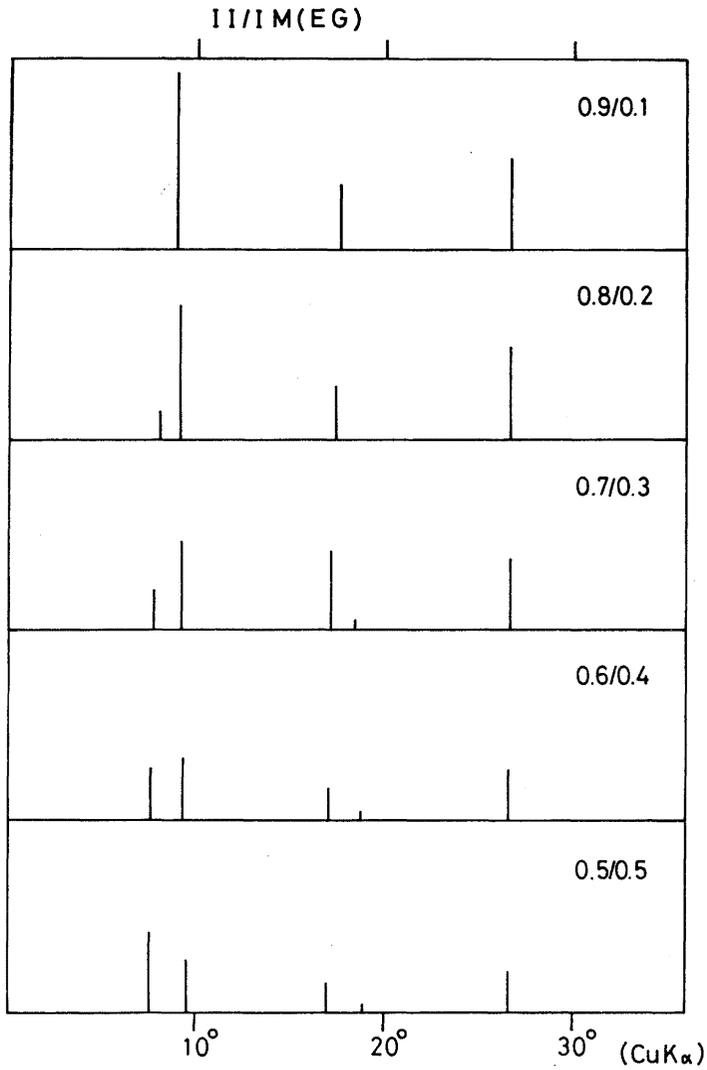
のつながりが0.6, II-IM と IM-II のつながりが0.4の割合で構造中に存在するものである.

### Ⅲ. ま と め

以上の結果は次のようにまとめられる. 天然に産するイライト(I)とモンモリロナイト(M)よりなる混合層構造には二つの型が存在する. それらは, I/M型とII/IM型で, 成分層が一枚の成分鉱物層よりなるものと二枚から構成されるものである. とくにエチレングリコール処理による回折線プロフィールの特徴( $I_1/I_2$  と  $42\theta^\circ$ )は混合層構造の判定に役立つ(第2, 4図). また II/IM型構造はとくにIがMより非常に多い場合に出現するようである. II/IM型構造は, REYNOLDS and HOWER (1970) (以下, RHとする)の‘IMII type’に類型をみる. 本法との相違点は, 本法では IM と II を成分層としてその存在確率と統継確率で混合層構造を定義しているのに対し, RHは“the glycol layer”, “the potassium layer”と

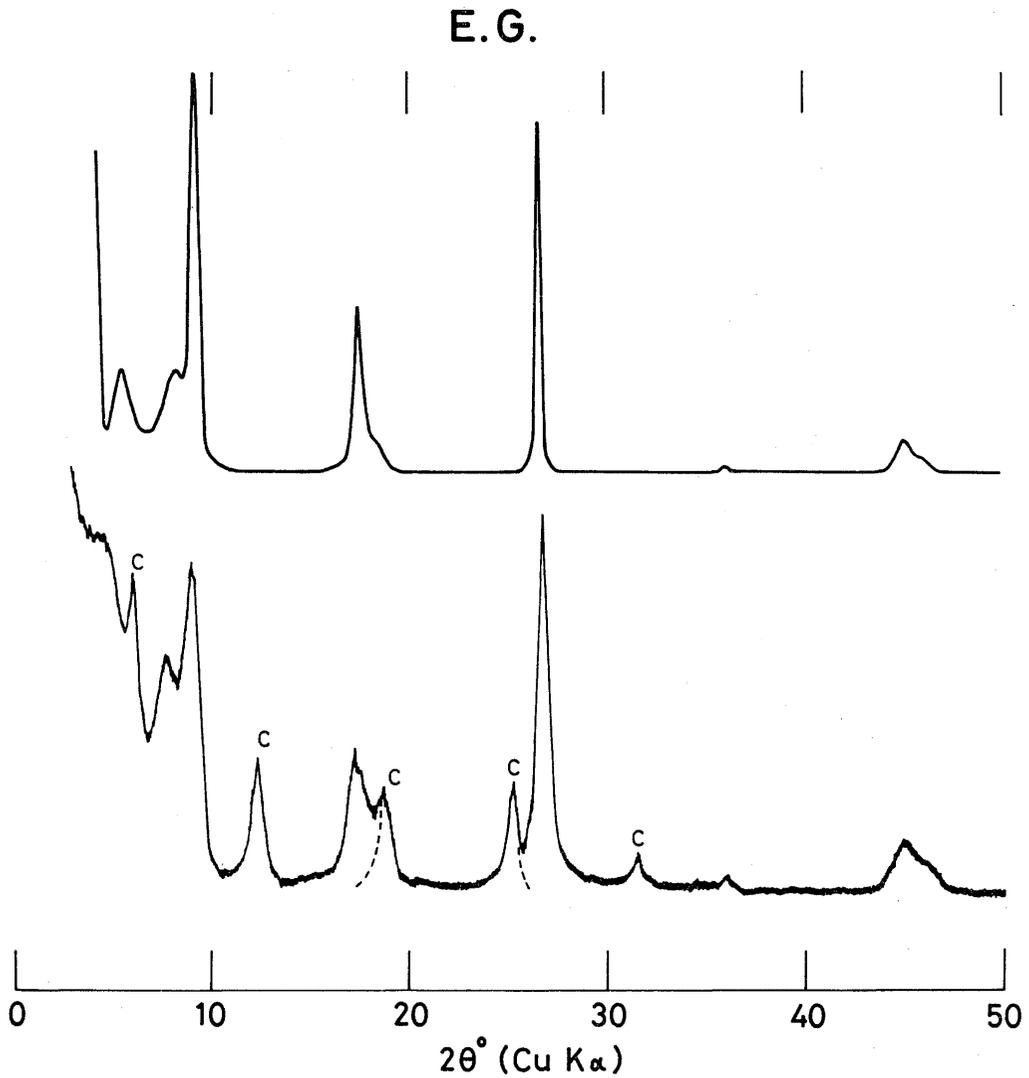
“the silicate skeleton”を基本として構造中に‘IMII’という‘super-lattice’を構成させているところである. このように混合層構造のとりえ方が基本的に異なるが, 本文に述べた II/IM型構造の規則型はRHの‘IMII type’の構造と結果的に一致する.

成分層のとり方のちがいは, 次に述べるように基本層の結晶化学的条件を大きく反映している. 成分層が継続して混合層構造を形成していく際に二つの型で多少の差が生ずる. I/M型ではIが直接Mに継続しているが, II/IM型では, Mを $\frac{1}{2}$ Iが覆っているので, その部分では,  $\frac{1}{2}I \cdot M \cdot \frac{1}{2}I \cdot \frac{1}{2}I \cdot \frac{1}{2}I$ となり $\frac{1}{2}I + \frac{1}{2}I \rightarrow I$ という方式で継続がなされる. Mを覆っているIは $\frac{1}{2}I \cdot I \cdot \frac{1}{2}I$ の中心にあるIとはいくぶん異なった環境にあるため, I'というように区別されよう. このI'の性質は, I/M型構造のIとはおそらく異質のものであろう. このようなI'の存在については興味ある今後の課題となるだろう.



第 4 図 II/IM 型・イライト/モンモリロナイト混合層鉱物の計算による回折線強度。この場合、IM-IM のつながりは構造中はない。

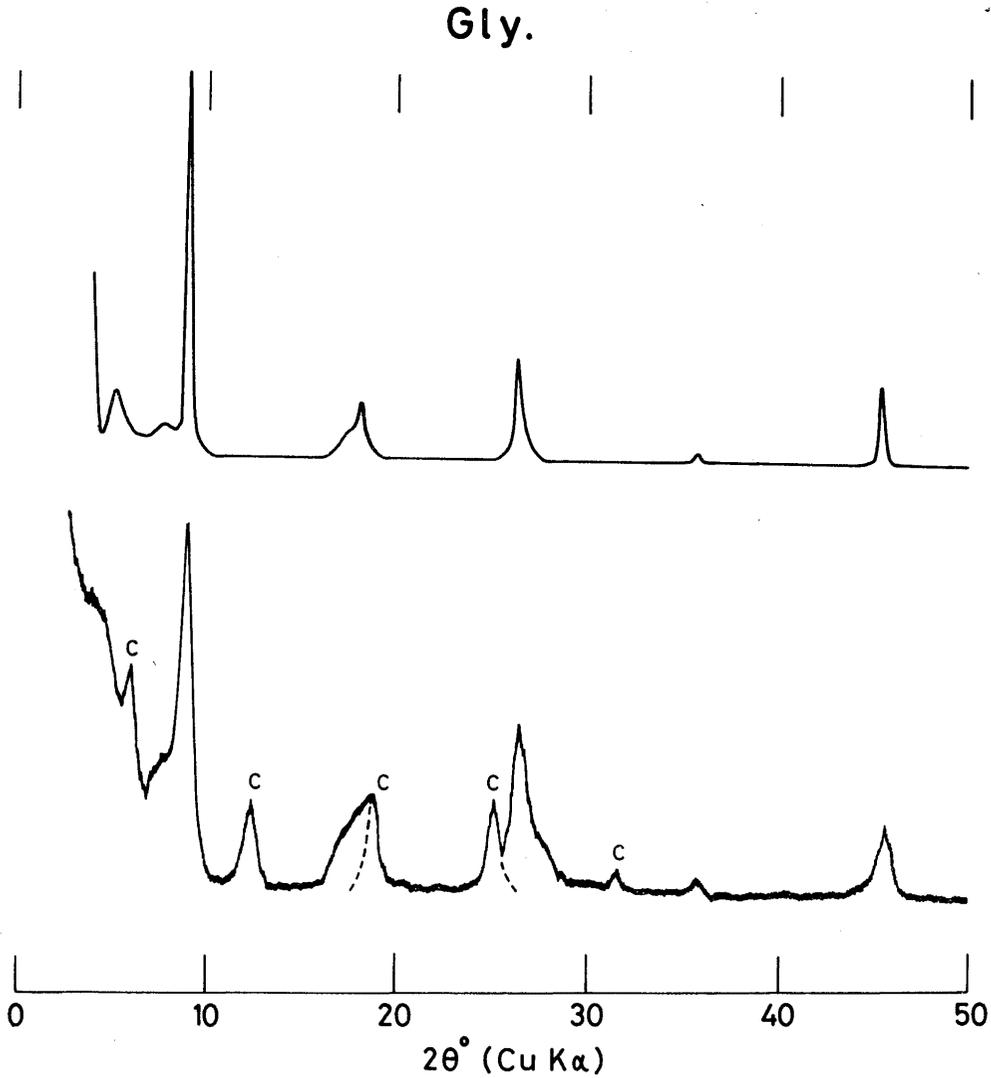
Fig. 4. Calculated diffraction intensities of interstratified illite/montmorillonite based on the II/IM system. In this case, there are no pairs of IM-IM in the structure.



第 5 図 試料124のエチレングリコール処理のX線回折線パターンと  $II/IM=0.8/0.2$  の計算プロフィールとの比較. 上が計算値, 下が回折パターン, cは混在する chlorite.

Fig. 5. Comparison of X-ray pattern of specimen 124 (ethylene glycolated) with the calculated diffraction profile of  $II/IM=0.8/0.2$  (regular type).

upper: calculated. lower: diffraction pattern.  
c: chlorite as impurity.



第 6 図 試料124のグリセロール処理の回折線プロフィールと I I / I M = 0.8 / 0.2 の計算プロフィールとの比較。上が計算値，下が回折パターン，c は混在する chlorite.

Fig. 6. Comparison of X-ray pattern of 124 (glycerolated) with the calculated diffraction profile of II/IM=0.8/0.2. upper: calculated. lower: diffraction pattern. c: chlorite as impurity.

引用文献

KAKINOKI, J. and KOMURA, Y. (1952): Intensity of X-ray by a one-dimensionally disordered crystal. *Jour. Phys. Soc. Jap.*, 7, 30-35.  
 下田 右・生沼 郁・根岸敏雄(1969): イライトとモンモリロナイトの混合層鉱物. *地質雑*, 75, (11), 591-599.

REYNOLDS, R. C. and HOWER, J. (1970): The nature of interlayering in mixed-layer illite-montmorillonites. *Clays and Clay Minerals*, 18, 25-36.  
 渡辺 隆(1977): Chlorite/saponite 混合層鉱物の X 線回折線プロフィール. *九大理研報 (地質)*, 12, (3), 303-309.