

## EPMAによる登米スレートおよび那智黒泥岩の鉱物組成の検討

広渡, 文利  
九州大学理学部

片山, 信夫  
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4706172>

---

出版情報：九州大学理学部研究報告. 地質学. 11 (2), pp.311-319, 1973-12-15. 九州大学理学部  
バージョン：  
権利関係：

## EPMA による登米スレートおよび那智黒泥岩の鉱物組成の検討

広 渡 文 利・片 山 信 夫

Determination of the mineral compositions of the Toyoma slate  
and the Nachiguro shale by electron probe microanalysis

Fumitoshi HIROWATARI and Nobuo KATAYAMA

### Abstract

Chemical and mineral compositions of the Toyoma slate and the Nachiguro shale, both of good quality as expanding shale, have been investigated by means of electron probe microanalysis. Analytical procedures for the whole rocks and constituent minerals were scanning analysis and spot analysis, respectively,

The chemical compositions of the whole rocks are shown in Table 1, together with the average of 277 shales. Compared with the average, they are rich in  $\text{SiO}_2$  and poor in CaO.

Constituent minerals are identified under the microscope, by the electron probe microanalyzer, and X-ray powder method. They are quartz, plagioclases, illites, and chlorites, and small amounts of sphene, apatite, pyrrhotite and carbonaceous mineral are included.

In the Toyoma slate, the plagioclase belongs to albite ( $\text{Ab}_{95}\text{An}_5$ ), while the Nachiguro shale includes various kinds of plagioclases, such as albite ( $\text{Ab}_{95}\text{An}_5$ ), andesine ( $\text{Ab}_{60}\text{An}_{40}$ ), and labradorite ( $\text{Ab}_{40}\text{An}_{60}$ ). Illites of the Toyoma slate are similar to muscovite according to chemical composition, while those of the Nachiguro shale are in agreement with illites in sediments. These characteristics of plagioclases and illites indicate that the Toyoma slate has been completely recrystallized, while the Nachiguro has not. This fact is conformable to their geological occurrences, fabrics, and physical properties.

Chlorites, both of the Toyoma and the Nachiguro, are Fe-chlorite, the latter being slightly richer in MgO. Chemical compositions of quartz, plagioclases, illites, chlorites in the Toyoma slate and the Nachiguro shale were compared in Tables 2, 3, 4 and 5. On the basis of the chemical compositions of the whole rocks and constituent minerals, the mineral compositions of the Toyoma and the Nachiguro were calculated as shown in Table 7, and the results are compared with the average composition of 277 shales given by Wedepohl(1971) in Table 8.

Quartz and silica minerals are remarkably richer in the Toyoma and slightly richer in the Nachiguro than the average, and both are deficient in carbonates, as inferred from the chemical compositions of the whole rocks. It seems that the recrystallization of illite resulted in the relative increase of quartz content and decrease of illite in the Toyoma slate.

### I. はじめに

わが国の泥質堆積岩, とくに粘板岩については, 岩石学的・構造地質学的立場から研究された報文がいくつかある。すなわち, 原村 (1961 a, 1961 b, 1962),

都城・原村 (1962) らは, 古生層の粘板岩について約 60個の化学分析を行い, その性質, 起源について論じている。また, 片田ら (1963, 1968 a, 1968 b), 神戸ら (1969) は, 北上山地の<sup>トモマ</sup>登米粘板岩および木曾地域の古生層粘板岩の化学組成から, 堆積環境について報告している。一方, 徳山 (1971 a, 1971 b) は登米

スレートについてスレート劈開と構成鉱物との構造解析の結果を報告している。

さて、ここで報告する登米スレート、<sup>ナチグロ</sup>那智黒泥岩は、片山・徳山および東京工業大学の近藤連一らの研究によって、いずれも軽量骨材資源として品質・鉱量ともに優秀であることが認められているものである。しかしながら、これらの岩石はいずれもその構成鉱物が微細なため、構成鉱物の種類、およびその組成については十分な検討が行われていない。

今回、EPMA を用いて全岩の化学組成、構成鉱物の種類と組成を検討することができたので、その結果を報告し、併せて両者の比較検討を行ってみたい。

本研究にあたって、EPMA の実験に協力して戴いた当教室梅津秀美嬢に厚く御礼申し上げます。また、X線試験・顕微鏡写真の労を取ってくれた当教室博士課程松枝大治氏に深謝する。

## II. 実験試料

用いた試料は登米スレートおよび那智黒泥岩の2種である。それぞれの産地、岩質、顕微鏡下の性質について説明する。

### A. 登米スレート (登米粘板岩)

本岩石は、宮城県登米郡登米町の北沢、皮装付近に分布し、二疊紀登米層群の登米粘板岩、または登米層と呼ばれる地層である。層厚1,000~1,500mで、全体を通じて均質で黒色細粒、スレートに加工できるような平行な割れ方 (スレート劈開) がよく発達している。岩質は黒色ち密、見掛け比重2.74<sub>g</sub>、孔隙率=0である。

鏡下 (スレート劈開に垂直な薄片) では、第1図 a に示すように、鉱物粒はほぼ一方向に平行に配列して

おり、その方向はスレート劈開の方向と一致する。鏡下で同定できる鉱物は、やや結晶粒の大きい石英、長石類 (径10~50 $\mu$ ) と、微細な柱状断面のイライト様鉱物 (2~10 $\mu$ ) で、その他同定不能の未詳鉱物がマトリックスをうめている。とくにイライト様鉱物は、スレート劈開の方向に配列しており、石膏検板を入れると大部分が同一方位を示す。

実験に用いた試料は、登米町北沢南方地点で採取したものである。

### B. 那智黒泥岩

本岩石は、三重県熊野市神川町の七色ダム (北山川) 地点の南方に広く分布し、東西約2 km、南北約1 kmにおよぶ。本地域は従来、“時代未詳中生層”と呼ばれていたが、最近徳山 (未発表) によって古第三系の黒色泥岩とされている。褶曲はほとんどみられず、外観は頁岩のような剝理は認められないが、鋭利なたがねをあてると層理に平行に割れる性質がある。岩質は黒色ち密、見掛け比重2.72<sub>g</sub>、孔隙率=0である。

鏡下 (層理面に垂直な薄片) では、第1図 b に示すように、登米スレートに較べて著しく微細 (径1~5 $\mu$ ) で、一見層理に無関係に配列するようである。しかしながら詳細に観察すると、イライト様鉱物が一方向に配列しているばかりでなく、岩石全体が層理に平行に消光する。構成鉱物は、石英、イライト様鉱物以外は正確に同定することが困難である。また、黒色不透明鉱物は、登米スレートに比し著しく多い。

実験に用いた試料は、神川町神の上、<sup>こうろえ</sup>はしの谷地点で採取したものである。

## III. 実験方法

実験は主として EPMA\*1 を用い、岩石の化学組成、構成鉱物の定性および定量分析を行い、これらをもと

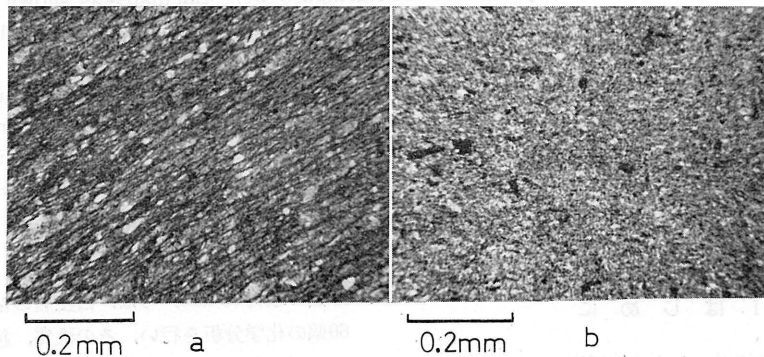


Fig. 1. Photomicrographs of the Toyoma slate and the Nachiguro shale. a, Toyoma slate; b, Nachiguro shale.

\*1. 日本電子(株)製 JXA-5A型

に全岩の鉱物組成を算出した。また、鉱物の同定には X線粉末回折線をも併用した。

#### A. 研磨片および研磨薄片の作製

登米では、スレート劈開面に垂直な面を、那智黒では層理面に垂直な面を選び、樹脂に埋め込み研磨片とした。一方研磨薄片の場合は、接着剤としてグレコールフタレート（米国ヤング社製）を使用した。

#### B. EPMA による組成像と特性X線像による検討

研磨片、研磨薄片とも最終仕上げは $\frac{1}{4}\mu$ のダイヤモンドペーストを使用した。研磨片、研磨薄片はカーボンで蒸着し、後方散乱電子線による組成像を撮影した（第2図a, 第3図a）。組成像の明暗は、構成鉱物の平均原子番号<sup>\*1</sup>による情報である。すなわち、鉱物の平均原子番号が大きい程明るく、低い程暗くみえることになる。

したがって、同種の鉱物、または平均原子番号が類似の鉱物は、明暗の色調によって鉱物の種類を同定することができる。また、さらに含有する元素の特性X線（SiKa, AlKa, TiKa, MgKa, CaKa, FeKa, NaKa, PKa, SKa）を用いて、各元素の2次元的分布を示す特性X線像<sup>\*2</sup>を撮影し、前述の組成像とともに構成鉱物の種類を検討した。

#### C. EPMA による定量分析法

全岩の定量分析には、研磨片を用いた。分析方法は Scanning analysis method（走査電子線による分析）を用いた。すなわち、試料の研磨面上に $120\mu \times 100\mu$ の面積を任意に選び、この全域を走査電子線で測定した。測定方法は、走査速度10mm/秒、測定時間40秒、測定回数5回である。また測定条件は、加速電圧15kV、試料電流 $0.02\mu A$ 、ビーム径 $5\mu\phi$ 、標準試料として $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $CaSiO_3$ , 黄銅鉱, リン灰石を用いた。補正計算は、数え落とし、バックグラウンドの補正を行い、Bence and Albee(1968)法を用いた。分析場所は任意に3点を選び、それぞれの結果を平均した。

つぎに個々の鉱物の分析については、研磨薄片と研磨片を用いた。分析方法は、点分析法を用いた。鉱物粒が微細なため、できるだけ電子線をしぼり、大きな結晶（ $5\mu$ 以上）を選んだ。分析個数は一概に言えないが、同種類または類似の鉱物については少なくとも3~10個を選びチェックした。これらの結果から代表的な化学組成を決定した。

\*1. たとえば、石英（ $SiO_2$ ）の平均原子番号は10.80、灰長石（ $CaAl_2Si_2O_8$ ）の平均原子番号は11.91であるので、石英の方が暗くみえる。

\*2. 特性X線像は掲載を省略した。

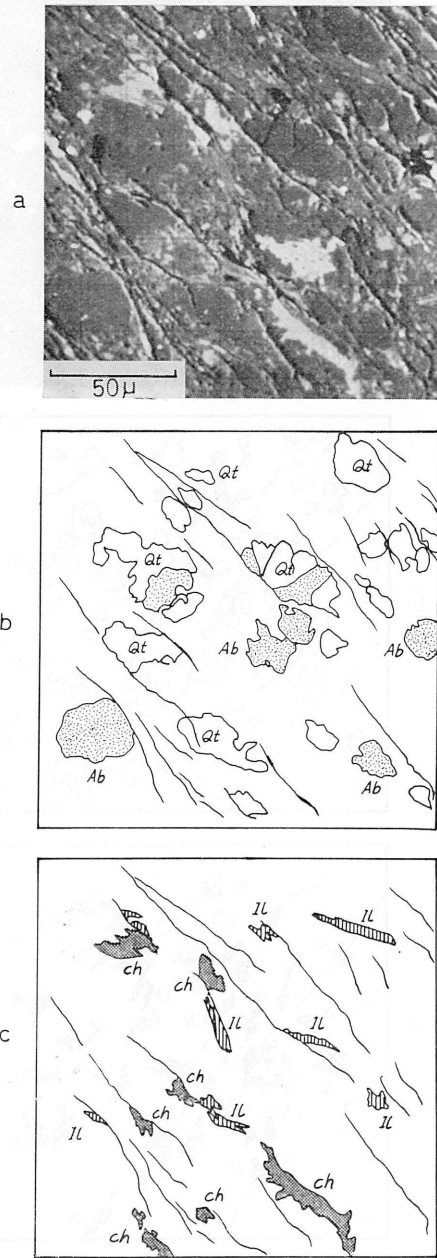


Fig. 2. Photograph of composition image by EPMA and sketches of constituent minerals of Toyoma slate. a, composition image; b, distribution of quartz and plagioclase; c, distribution of illite and chlorite. Qt, quartz; Ab, albite II, illite; Ch, chlorite.

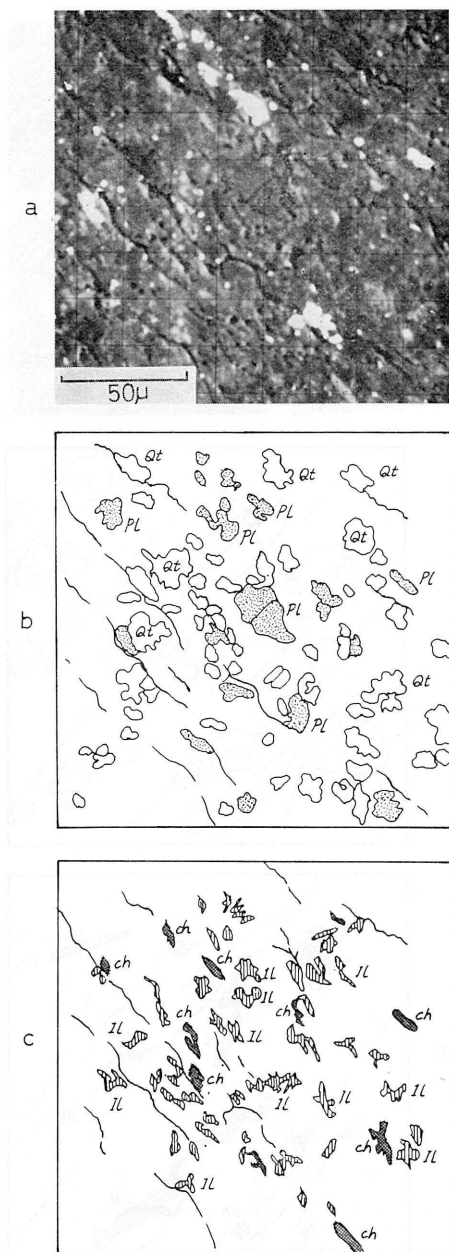


Fig. 3. Photograph of composition image by EPMA and sketches of constituent minerals of Nachiguro shale. a, composition image; b, distribution of quartz and plagioclase; c, distribution of illite and chlorite. Qt, quartz; Pl, plagioclase; Il, illite; Ch, chlorite.

#### IV. 実験結果とその検討

##### A. 全岩の化学組成

第1表に登米および那智黒の化学組成を示す。鉄はFeOとして表示した。H<sub>2</sub>Oは定量できないので示していない。比較のため、両者の湿式分析による分析値を併記した(神戸ら, 1969, 第1表 No. 6, P. 6; 地質調査所, 日本鉱産誌 IV P. 263)。これらの試料は筆者らの試料とは同一のものではない。また, WEDEPOHL (1971) による277個の頁岩の平均値をも掲げた(第1表)。

まず, EPMAによる分析値と湿式分析による値は, 登米では両者がよく一致する。那智黒の場合はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>に相違がみられるが, その他は大体よく一致している。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2.97%は, たまたま, リンに富む部分の試料であったと思われる\*1。したがって, EPMAによる全岩の分析結果は, 一応信頼できるものと考えてよい。

さて, 登米と那智黒の化学組成の特徴は, SiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の相違である。SiO<sub>2</sub>は登米が那智黒に較べてやや少ないが, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は逆に登米の方が多い。世界の平均値に較べると, いずれもSiO<sub>2</sub>に富み, CaOにやや乏しい。

##### B. 構成鉱物の種類と化学組成

実験方法で述べたように, EPMAによる組成像および特性X線像のクロスチェックにより構成鉱物の種類を検討した結果, 主成分鉱物として, 石英, 斜長石類, イライト様鉱物, 緑泥石, 副成分鉱物として, 少量のクサビ石, リン灰石, Fe-S系鉱物, 炭質物, および非常にまれに方解石の微晶が認められた。

##### (1) 石英およびシリカ鉱物

登米では(第2図 a, b), 石英およびシリカ鉱物は暗黒色を示し, 紡錘状(大きさ20×30μ), または不規則粒状(3×5μ)である。単独に石英粒のみからなる場合(写真右上端部)と, 長石に伴って不規則な集合をなす場合がある(写真中心部から右上部)。これらのうち, 約8個を分析した結果, ほぼ純粋な石英とシリカ鉱物\*2(SiO<sub>2</sub> 93~96%)とからなる。その結果を第2表に示す。

一方, 那智黒では(第3図 a, b), 暗黒色やや不規則粒状で, 登米に較べて石英粒は小さく(2×3μか

\*1. この種の黒色泥岩ないし黒色チャートの中には, しばしばリンに富む部分があることは他でも知られている。

\*2. SiO<sub>2</sub>が100%に満たないので, H<sub>2</sub>Oの存在が考えられるが, 一応シリカ鉱物とした。

Table 1. Chemical compositions of the Toyoma slate, the Nachiguro shale, and average of 277 shales

	Toyoma slate		Nachiguro shale		Average of 277 shales*
	(EPMA)	(C. A.)	(EPMA)	(C. A.)	
SiO <sub>2</sub>	62.56	61.70	65.73	65.21	58.9
TiO <sub>2</sub>	0.74	0.66	0.63	0.12	0.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.12	17.99	15.84	13.99	16.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2.89		0.96	2.8
FeO	5.54	3.91	5.47	4.49	3.7
MgO	1.92	2.05	2.26	2.26	2.6
CaO	0.68	0.52	0.94	1.42	2.2
MnO		0.07	0.16	0.05	0.09
Na <sub>2</sub> O	2.07	1.85	1.82	1.02	1.6
K <sub>2</sub> O	3.41	2.39	3.62	3.08	3.6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.18	0.16	2.97	0.16
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>		4.34	SO <sub>3</sub> 1.13	4.12	5.0
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>		0.66			
C		0.73			
CO <sub>2</sub>		0.01			1.3
	94.04	100.08	97.76	100.08	

(C. A.), wet chemical analysis; analyst, OMORI, T. (1968), for Toyoma slate; analyst, ANDO, T. (1952), for Nachiguro shale.

\* after WEDEPOHL (1971)

Table 2. Chemical composition of quartz, silica minerals in the Toyoma slate and the Nachiguro shale

	Toyoma slate		Nachiguro shale
	quartz	silica mineral	quartz
SiO <sub>2</sub>	99.4~100.5	92.7~95.0	98.7~101.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0~ 0.6	0.4~ 0.9	— —
	99.4~101.1	93.1~95.9	98.7~101.5

ら10×10μ), 単独で存在する場合が多い。約5個を分析したが, ほぼ純粋な石英である(第2表)。

### (2) 長石類(斜長石類)

登米では(第2図 a, b), 長石類は石英に較べて僅かに明るい(写真左半部の粒状鉱物)。やや粒状, 紡錘状, または不規則アミーバ状で, 大きさ10×20μから20×30μである。粒状のものは長石のみからなるが, 紡錘状, 不規則アミーバ状のものは石英に伴う。これらの中から3個を選び分析した結果, ほとんど純粋なアルバイト( $Ab_{95}An_5$ )であった。化学組成の平均値と化学式を第3表に示す。

那智黒(第3図 a, b)では, 登米に較べてその大きさは小さく(2×2μ~10×20μ), やや柱状または

不規則アミーバ状である。これらの中から約10個を選び分析した結果, アルバイト( $Ab_{95}An_5$ ), アンデシン, ( $Ab_{66}An_{34}$ ), ラブラドライト( $Ab_{49}An_{51}$ )の3種類からなることが分った。第3表に化学組成と化学式を示す。

### (3) イライト類

登米では(第2図 a, b), 石英, 長石類に較べてやや明るく, 断面が柱状~針状のやや大きい結晶(5μ×30μ)と, マトリックスをうめる微細な不規則針状の断面の結晶(2μ×5μ)がある。前者は, スレート劈開の方向に配列している。これらの中から5試料を分析したが, ほぼ一定の組成を示す。第4表に代表例2個の化学組成と化学式を示す。化学式の計算では2個の組成を平均し,  $O_{20}(OH)_4$ として計算した。

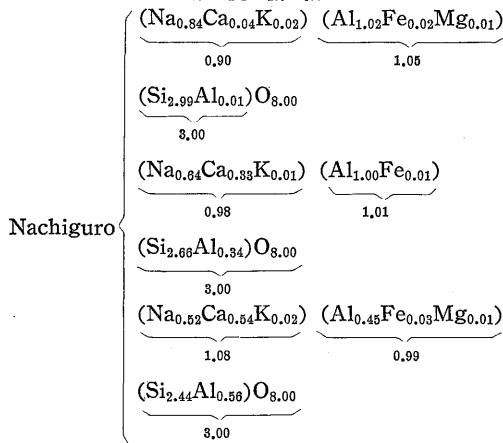
那智黒では(第3図 a, b), 登米に較べて微細で(2μ×10μ), やや針状または不規則アミーバ状を呈するが, 全般的には層理面の方向に配列する。これらの中から約10個を選び分析した結果, 2つのグループに分けられる。第4表に代表例として2個の化学組成と化学式を示す。化学式の計算では2個を平均した。

両者を比較すると, 登米ではイライトの組成はほぼ一定で, 那智黒に較べて  $K_2O$  が高く,  $SiO_2$  が低い, イライトよりはむしろ白雲母に近い。一方, 那智

Table 3. Chemical compositions of plagioclases in the Toyoma slate and the Nachiguro shale

	Toyoma slate	Nachiguro shale		
SiO <sub>2</sub>	65.7	68.30	60.85	54.12
TiO <sub>2</sub>				0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.5	19.75	25.95	28.37
FeO	0.8	0.44	0.20	0.89
MgO		0.14	0.02	0.08
CaO	0.86	0.88	7.13	11.08
Na <sub>2</sub> O	9.8	9.89	7.54	5.99
K <sub>2</sub> O		0.38	0.19	0.42
	98.6	99.80	101.88	101.03

Chemical formulas of plagioclase;

Toyoma: Na<sub>0.9</sub>Al<sub>1.1</sub>Si<sub>2.9</sub>O<sub>8.0</sub>

黒の場合は組成にややばらつきがあり、登米に比し SiO<sub>2</sub> が高く、K<sub>2</sub>O が低く堆積岩のイライトの組成に近い Deer et al., 1962).

## (4) 緑 泥 石

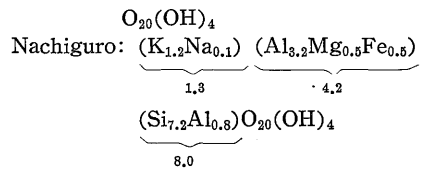
登米では (第2図 a, c), 灰白色でイライトよりは明るく、大きさは (8±2)μ × (40±2)μ で、長柱状または不規則板状 (写真左上部と右下部) の断面を呈する。一般にイライトに較べやや大きい。分析は結晶粒の大きいもの3個を選び、2個を代表例とした。第5表に化学組成と化学式を示す。化学式の計算は2個の分析値を平均し、O<sub>20</sub>(OH)<sub>16</sub> として計算した。H<sub>2</sub>O は計算値である。

那智黒では (第3図 a, c), 登米に較べて著しく小さく、大きさは 3μ × 12μ で、やや柱状ないし不規則アミーバ状を示す (写真下端柱状のもの)。イライトとほぼ同じ大きさで層面の方向に配列するようである。分析には約8個を選び、2個を代表例とした。第5表

Table 4. Chemical composition of illites in the Toyoma slate and the Nachiguro shale

	Toyoma slate		Nachiguro shale	
SiO <sub>2</sub>	43.6	43.3	54.3	57.8
TiO <sub>2</sub>			0.30	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.5	27.0	27.7	24.5
FeO	3.3	3.9	4.15	4.14
MgO	2.11	2.23	2.17	2.44
CaO	1.85	2.23	0.34	0.32
Na <sub>2</sub> O			0.18	0.26
K <sub>2</sub> O	10.6	10.7	6.95	7.60
H <sub>2</sub> O <sup>(+)</sup>	4.2	4.2	4.81	4.81
	90.26	93.56	100.90	102.05

Chemical formulas of illites;

Toyoma: K<sub>2.0</sub>(Al<sub>3.2</sub>Mg<sub>0.5</sub>Fe<sub>0.5</sub>)(Si<sub>6.5</sub>Al<sub>1.5</sub>)

に化学組成と化学式を示す。

両者を比較すると、類似した化学組成であるが、登米の方が那智黒に較べて Fe がやや多く、Mg がやや少ないようである。一般の堆積岩中の緑泥石の化学組成に類似する (DEER et al., 1962).

## (5) その他の鉱物

副成分鉱物としてのクサビ石、リン灰石、磁硫鉄鉱、炭質物について説明する。

クサビ石: 登米ではたまたま大きい結晶がみられた。第2図 a のやや中央部から右側の白く明るい鉱物である。大きさ 20μ × 30μ であるが小さな結晶の集合体の可能性が高い。分析結果を第6表に示す。

リン灰石: 登米・那智黒のいずれにも 2~3μ の微細な結晶としてみられるが、定性分析で、P, Ca が主成分であることを確認した。

磁硫鉄鉱: 第2図 a, 第3図 a でもっとも白く見えるもので、登米では 2~3μ の粒状の鉱物で少量しかみられないので分析はできなかった。那智黒では 5 × 10μ 程度の大きさで比較的多くみられる。結晶粒が大きくて、研磨良好なものを6点選び分析した。その結果を第6表に示す。Fe: S=1: 1.2 である。

炭質物: 登米スレートにみられ、第1図 a で黒色の

Table 5. Chemical compositions of chlorites in the Toyoma slate and the Nachiguro shale

	Toyoma slate		Nachiguro shale	
SiO <sub>2</sub>	25.7	28.9	26.97	30.80
TiO <sub>2</sub>			0.14	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.6	21.9	21.01	18.54
FeO	28.6	25.1	24.97	23.10
MgO	8.7	11.1	14.03	14.20
CaO	1.7	0.3	0.10	0.12
Na <sub>2</sub> O				0.13
K <sub>2</sub> O	0.2	0.7	0.34	1.22
H <sub>2</sub> O	10.8	11.5	13.04	13.19
	98.3	99.5	100.60	101.30

Chemical formulas of chlorites;

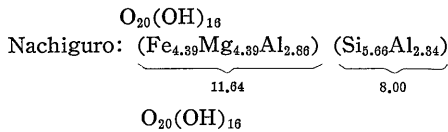
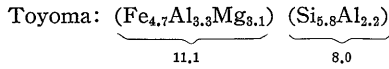


Table 6. Chemical composition of sphene in the Toyoma slate and of pyrrhotite in the Nachiguro shale

	sphene		pyrrhotite	
SiO	29.5	Fe	58.8	59.9
TiO	39.6	S	39.5	42.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1			
FeO	27.6			
	100.9		98.3	101.5

部分である(写真では3~4個)。炭素の定性分析によって確認した。那智黒にはほとんど認められない。

C. 鉱物組成

前述のように、泥質堆積物はその構成鉱物が微細なため、構成鉱物の組成を測定することは容易ではない。ここでは、EPMA で測定した登米スレートおよび那智黒泥岩の化学組成をもとにして、今回同定した構成鉱物の化学組成の平均値を用いて、鉱物組成(mole%)を計算した。ただし、クサビ石、リン灰石、磁硫鉄鉱については理論値を用いた。第7表に計算方法、第8表に鉱物組成を示す。比較のため WEDEPOHL (1971) による世界の頁岩の鉱物組成を併記した。

登米、那智黒、世界の平均鉱物組成について比較検討してみると

(i) 石英: 第1表の全岩の化学組成では、SiO<sub>2</sub>は登米の方が那智黒に較べて低いにもかかわらず、石英の量は著しく多い。これはイライトの化学組成が両者でいちじるしく異なることに関係している。なお世界の平均値に較べても登米は著しく高く、那智黒でもやや高い。

(ii) イライト(白雲母): イライトの主要成分の1つである K<sub>2</sub>O は、全岩の組成では両者ほとんど変わらないが、イライトの K<sub>2</sub>O 含有率が異なるため鉱物組成では那智黒の方が登米に較べて著しく高く、世界の平均値に近い。

(iii) 斜長石類: アルバイトの主要成分の1つである Na<sub>2</sub>O は、全岩の場合は両者にあまり差はないが、鉱物組成では登米の方がかなり多く、世界の平均値に較べても多い。これは、登米ではアルバイト以外の斜長石を含まないためである。

(iv) 緑泥石: 緑泥石(この場合は鉄緑泥石)の主要成分の1つである FeO または MgO は、全岩の場合では、両者あまり差はない。にもかかわらず、鉱物組成では那智黒の方に緑泥石が著しく少ないのは、磁硫鉄鉱をやや多量に含むためである。世界の平均値に較べると、やや少ない。

(v) 磁硫鉄鉱: 那智黒の方が著しく多いのは、全岩の化学組成(SO<sub>3</sub> 1.13%)と鏡下の観察からうなずける。

(vi) 炭質物: 定量的には云えないが、登米の方が多く、那智黒にはほとんどみられない。全岩の化学組成でも C 0.73%が化学分析から報告されている。

(v) ホウカイ石、ドロマイトなどの炭酸塩鉱物は、平均組成にくらべていちじるしく少く、ほとんど認められない。

VI. まとめとむすび

以上、登米スレート、および那智黒泥岩の化学組成ならびに鉱物組成について、両者を比較検討を行ったが、これらの結果をまとめて若干の考察を行ってみる。

1) 全岩の化学組成では、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に若干の差違はあるが、全体としては著しい違いはない。世界の平均値に較べると、両者とも SiO<sub>2</sub> がやや高く、CaO が低い。

2) 構成鉱物の間にはかなりの違いが認められる。すなわち、

(a) 長石は、登米では大部分の長石がアルバイト(Ab<sub>95</sub>An<sub>5</sub>)からなるのに対し、那智黒では、アルバイト(Ab<sub>95</sub>An<sub>5</sub>)、アンデシン(Ab<sub>86</sub>An<sub>34</sub>)、ラブラド



Table 7. Calculation of mineral composition of the Toyoma slate and the Nachiguro shale

Toyoma slate									
	wt. %	cation ratio	ab.	ill.	chl.	sp. + ap.	po.	qt.	remainder
SiO <sub>2</sub>	62.56	1.041	0.198	0.235	0.057	0.009		0.542	0.044
TiO <sub>2</sub>	0.74								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.12	0.336	0.066	0.170	0.056				
FeO	5.54	0.077		0.018	0.047		0.012		
MgO	1.92	0.048		0.018	0.030				
CaO	0.68	0.009				0.009			
Na <sub>2</sub> O	2.07	0.066	0.066						
K <sub>2</sub> O	3.41	0.072		0.072					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>						(0.014)			
S							(0.012)		
	mole %	1.649 (100.0)	0.330 20.0	0.513 31.1	0.190 11.5	0.018 1.1	0.012 0.7	0.542 32.9	0.044 2.7
Nachiguro shale									
	wt. %	cation ratio	an.	ab.	ill.	chl.	po.	ap. + sp	qt.
SiO <sub>2</sub>	65.73	1.120	0.013	0.180	0.442	0.038		0.008	0.439
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.008						0.008	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.84	0.318	0.008	0.060	0.245	0.035			
FeO	5.47	0.078			0.027	0.030	0.014		
MgO	2.26	0.057			0.027	0.030			
CaO	0.94	0.017	0.005					0.012	
MnO	0.16	0.002							
Na <sub>2</sub> O	1.82	0.060		0.060					
K <sub>2</sub> O	3.62	0.078							
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.002						0.002	
SO <sub>3</sub>	1.13	0.014					0.014		
	mole %	1.755 (100.0)	0.026 1.5	0.300 16.9	0.819 46.1	0.133 7.5	0.028 1.6	0.030 1.7	0.439 24.7

Table 8. Comparison of mineral compositions of the Toyoma slate, the Nachiguro shale, and average of 277 shales

	Toyoma	Nachiguro	average of 277 shales (Wedepohl, 1971)
Quartz+silica mineral	32.9%	24.7%	20%
Illite	31.1	46.1	45-55 (+expanded clay min.)
Albite	20.0	16.9	10-15 (plagioclase>K-feldspar)
Anorthite	—	1.5	
Chlorite	11.5	7.5	14 (+kaolinite)
Sphene+apatite	1.1	1.7	
Pyrrhotite	0.7	1.6	
Calcite+dolomite	—	—	3
Remainder	2.7		

ライト ( $Ab_{49}An_{51}$ ) などが含まれる。

(b) イライトは、登米では  $K_2O$  からみて白雲母に近く、ほぼ一定の組成をもつが、那智黒では  $SiO_2$  のやや高いイライトで、組成にもばらつきがある。また X線回折のピークは登米の方がシャープである。

(c) 緑泥石は、両者いずれも鉄の多い緑泥石で大差はないが、那智黒の方が Mg がやや多い。X線回折のピークは登米の方がシャープである。

(d) クサビ石・炭質物は登米に顕著にみられ、磁硫鉄鉱は、那智黒に多くみられる。

3) 鉱物組成は、第8表に示すようにかなりの相違がある。

(a) 石英の量は登米の方が多く、世界の平均値よりもはるかに多い。

(b) 長石(斜長石)の量は、大差はないが、世界の平均値よりも高い。

(c) イライトの量は、那智黒の方が著しく多いが、世界の平均値に近い。

(d) 緑泥石の量は、登米の方が多い。

(e) クサビ石・リン灰石は非常に少量である。

(f) 磁硫鉄鉱も少量であるが、那智黒の方が多い。

以上の結果をもとに登米スレートと那智黒泥岩の生成過程について、若干の考察を行ってみる。すなわち、那智黒泥岩は第三系の黒色泥岩で、再結晶していない碎屑鉱物 (detrital mineral) と考えられる斜長石類 ( $Ab_{95}An_5$ ,  $Ab_{88}An_{12}$ ,  $Ab_{49}An_{51}$ ) と、結晶形成の途中にある自生鉱物 (authigenetic mineral) であるイライト、鉄緑泥石からなり、続成作用 (diagenesis) はうけたが、変成作用はほとんど受けていないと判断される。一方、登米スレートの場合は、長石類は純粹に近いアルバイトのみからなり、イライトは組成がほぼ一定で、白雲母に近い。また緑泥石は結晶性のよい鉄緑泥石からなることから、登米スレートは、再結晶の進んだ変成岩の1種と考えられる。このような考え方は、地質学的観点からも調和するようである。なお、登米スレートおよび那智黒の地質学的産状や、そのフェーゲなどについては、静岡大学の徳山明により発表される予定である。

おわりに、本研究は軽量骨材資源として優秀な登米

スレート、那智黒泥岩の鉱物学的検討を目的としたが、EPMA を使用することにより、従来の研究方法では十分に解明できなかった泥質岩の鉱物組成、および個々の鉱物の化学組成を詳細に検討することができた。この種の研究には、EPMA による分析が極めて有効な手段と考えられる。

#### 引用文献

- BENCE, A. E. and ALBEE, A. L. (1968): Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geol.*, **76**, 382-403.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J. (1962): *Rock-forming minerals. vol. 3 sheet silicates*, 131-163, 213-163.
- 原村寛(1961 a): 古生層の粘板岩の化学組成. I. 三波川変成帯より太平洋側の地域. *地質雑*, **67**, 618-622.
- (1961 b): 古生層の粘板岩の化学組成.
- II. 長野県辰野・塩尻地方. *地質雑*, **61**, 671-675.
- (1962): 古生層の粘板岩の化学組成.
- III. 西南日本内帯の三地域. *地質雑*, **68**, 671-675.
- 神戸信和・片田正人・大森貞子(1969): 南部北上帯の二疊系登米粘板岩の化学組成および堆積環境. *地調月報*, **20**, 1-12.
- KATADA, M., ISOMI, H., ŌMORI, E. and YAMADA, T. (1963): Chemical composition of paleozoic rocks from Northern Kiso district and of Toyoma clayslates in Kitakami mountainland: I. chemical composition of pelitic rocks. *岩鉱誌*, **49**, (3), 85-100.
- 片田正人・神戸信和・大森貞子・松原秀樹(1968 a): 北上山地登米層の化学成分. *岩鉱誌*, **59**, 171-172.
- ・小野千恵子(1968 b): 北上山地の古生層泥質岩の化学成分. *岩鉱誌*, **60**, 75-91.
- 都城秋穂・原村寛(1962): 古生層の粘板岩の化学組成.
- IV. 地向斜堆積物の帯状分布と変成帯の位置. **68**, 75-82.
- 徳山明(1971 a): 登米地域のしゅう曲、特に剪断しゅう曲とスレート剪開の生成機構について. *地質雑*, **75**, 77.
- (1971 b): 中深度の地層の変形機構. *地質雑*, **77**, 279-287.
- WEAVER, C. E. (1959): The clay petrology of sediments. *Clay and clay minerals. No. 2, Proc. 6th Conf. on clays and clay minerals*. 154-187.
- (1967): Potassium, illite and the ocean. *Geochim. Cosmo. Acta*, **31**, 2181-2196.
- WEDEPOHL, K.H. (1971): Environmental influence on the chemical composition of shales and clays. *Physics and chemistry of the Earth VIII*. 309.