

## 泥質岩とイライト結晶度の予察的検討

### —九州秩父累帯南帯の例—

中江 訓\*

NAKAE, Satoshi (1996) Preliminary report on the relation between pelitic rocks and their illite crystallinity: an example from the Southern Chichibu Terrane, Kyushu, Southwest Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 47 (9), p. 437-445, 6 figs., 1 table.

**Abstract:** The Permian-Jurassic rocks of the Southern Chichibu Terrane were formed along an ancient subduction boundary. In eastern Kyushu, this terrane is divided into a coherent sequence of chert and clastic rocks (chert-clastic sequence), and intensely sheared mixtures of various rock types. Illite crystallinity in various types of pelitic rocks from the Southern Chichibu Terrane was measured using the Kubler index. The results show that: (1) In the chert-clastic sequences, the black mudstones and the laminated mudstones with detrital grains have higher values and a wider range in the crystallinity in comparison with the siliceous mudstones. This evidence suggests that detrital clay minerals were possibly fed into the black mudstones and the laminated mudstones. (2) Within the mixed rock units, the pelitic rocks including siliceous mudstones and black mudstones record higher temperatures than those in the chert-clastic sequences, suggesting that the mixed rock sediments experienced a deeper level of subsidence during their formation.

#### 要 旨

九州東部の大分県四浦半島に分布する秩父累帯南帯は、床木層・津井層・尺間山層群に区分されている。このうち尺間山層群は下位から上位に向かって、チャート、珪質泥岩、泥岩、砂岩へと移化する層序(チャート・碎屑岩シーケンス)を持った地層群であり、その地質年代はトリアス紀からジュラ紀新世にわたることが知られている。また一部に砂岩、珪質泥岩やペルム紀のチャート、石灰岩、緑色岩などのブロックを雑然と含む泥岩基質の混在岩が含まれている。

今回、尺間山層群中の3地点のセクションにおいて、泥質岩(珪質泥岩・灰色泥岩・黒色泥岩・葉理質泥岩など)のイライト結晶度を測定し、岩相と結晶度の関係について検討した。

チャート・碎屑岩シーケンスにおいては、黒色泥岩と葉理質泥岩は珪質泥岩と比較すると、そのイライト結晶度が大きくばらつき、一部の試料では珪質泥岩よりも高くなっている。このことは、黒色泥岩や葉理質泥岩には少なからず碎屑性粘土鉱物(雲母類)の混入があったことを示していると考えられる。一方混在岩中の泥質岩

では、チャート・碎屑岩シーケンスの泥質岩と比較して、岩相によるイライト結晶度の変化はあまりなく、良く集中した値を示している。またどの岩相とも一様に結晶度は高い。このことから混在化に関連して、何らかの熱的影響を受けたと考えることができる。

#### 1. はじめに

ある地質体が過去に被った変成作用の程度やその過程を解明するには、変成鉱物の組合せを検討することが一般的である。ところがその地質体が主に堆積岩で構成されており、しかもその変成度が軽微であった場合、その熱履歴を知るためにはビトリナイトの反射率やイライトの結晶度を測定することが効果的である。近年、沈み込み帯に沿って形成された付加コンプレックスの造構環境を復元するために、これらビトリナイト反射率やイライト結晶度が利用されるようになった(例えば Underwood 編, 1993 など)。

ところでビトリナイト反射率は被熱温度と被熱時間によって規制され、一般に埋没深度とともに上昇していくことが知られている。また後退変成作用の影響は受けな

Keywords: pelitic rocks, Southern Chichibu Terrane, very low-grade metamorphism, illite crystallinity, Kyushu, Jurassic

\* 地質部 (Geology Department, GSJ)

いため、過去の最高被熱温度を記録している。一方泥質岩中のスメクタイトは、続成-弱変成作用下でスメクタイト/イライト混合層鉱物を経てイライトに変換される。そこでイライトのX線回折プロファイルから求めた結晶度(illite crystallinity; 以下ICと略記する)が続成-弱変成作用の程度を表わす指標として提唱された(Weaver, 1960; Kubler, 1968など)。このICは泥質岩中に普遍的に存在するイライトを用いるので、ビトリナイト反射率法よりも試料採集の利便性という点で優れている。

ICの増減には多くの要因(間隙水圧, 応力, 岩相, 結晶・鉱物の化学組成, 時間など)が関係している(Frey, 1987)が、被熱温度が最も大きく作用し、続成-弱変成時の最高到達温度を指示する。しかし測定機器によるICの測定誤差が5%以下であるのに対し、試料の処理方法や処理過程で生じる誤差の方が大きいことが、Kisch & Frey (1987)やKisch (1991)などによって指摘されている。

一般にICを測定する場合、自生の粘土鉱物が容易に生成される泥質岩を用いるが、同一の続成-弱変成作用を被った泥質岩のICが、岩相の違いによってどの程度変化するのかはあまり知られていない。そこで今回、九州東部の秩父累帯南帯の泥質岩を対象にして、各種の泥質岩のICを測定し、岩相の違いとの関係について予察的に検討した。本論ではその結果を報告するとともに、秩父累帯南帯の形成過程についても若干の考察を加える。

なお本研究は地質調査所での、地方地質の研究「秩父帯付加コンプレックスの構造変形に関する研究(平成4-6年度)」の一部である。

## 2. 地質概説

大分県津久見市東部および南海部郡上浦町にまたがる四浦半島の秩父累帯南帯には、床木層(神戸・寺岡, 1968: チャート, 石灰岩, 緑色岩, 泥岩を主体とする, 狭義の三宝山帯の地質体), 津井層(橋本, 1962: 石灰岩, 碎屑岩からなる, 鳥ノ巣層群相当の地層), 及び尺間山層群(松岡, 1986; Nishi, 1994: チャート, 碎屑岩を主体とし石灰岩, 緑色岩を少量伴う地質体)が帯状配列をしながら北東-南西方向に分布している。対象とした調査地域には、上記のうち尺間山層群が露出している(第1図)。

### 2.1 尺間山層群

神戸・寺岡(1968)は岩相と年代の違いに基づき、下位の尺間山層と上位の彦ノ内層を識別し、両者は整合関

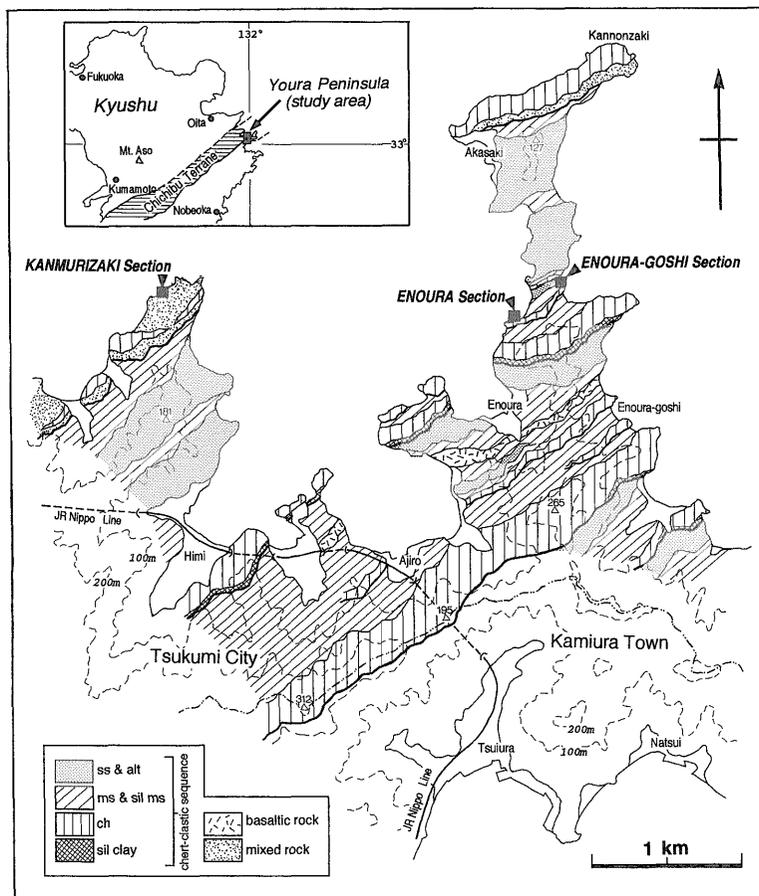
係で接するとした。その後松岡(1986)は、尺間山層と彦ノ内層を合わせて尺間山層群として定義した。更に尺間山層群中の一部にこれとは異なる地層を識別し、観音崎層と命名している。観音崎層を除く尺間山層群は広く本地域に分布し、下位から珪質粘土岩, チャート, 珪質泥岩, 泥岩, 砂岩が累重する層序(チャート・碎屑岩シーケンス)が構造的に繰り返す地層群である。観音崎層は泥岩基質中にチャート, 砂岩, 石灰岩, 緑色岩などのブロックを雑然と含む混在岩であり(松岡, 1986), 本地域では冠崎周辺と赤坂の北方から観音崎にかけて露出している。またNishi(1994)は尺間山層群を再定義し、チャート・碎屑岩シーケンスのうち、下位の珪質粘土岩, チャート, 珪質泥岩を江ノ浦層, 上位の碎屑岩を四浦層として区分している。また観音崎層は四浦層に含まれるとしている。

### 2.2 地質年代

本地域から得られている放散虫化石(Nishi, 1994のTable 1, 2, 3を参照)とMatsuoka & Yao(1986)の化石帯を用いて、次章で記載するセクションの地質年代を推定した。

冠崎セクションは松岡(1986)の観音崎層に含まれ、混在岩の基質をなす泥岩(Nishi, 1994のTA-2~6)からは*Dictyomitrella* (?) *kamoensis*, *Eucyrtidellum pustulatum*, *Protunuma* sp., *Stichocapsa japonica*, *Tricolocapsa plicarum*, *T. tetragona*, *T. conexa*, *Unumia* cf. *echinatus*などが産出しており、*Tricolocapsa conexa* 帯下部に対比される。また基質中のチャートブロック(TA-1)からはペルム紀古世を示す種が産出している。江ノ浦セクションの泥岩(EN-6)からは*Tetraditryma pseudoplena*, *Tricolocapsa plicarum*, *Stichocapsa* cf. *robusta*, *Hsuum* sp., *Protunuma* sp. が産出し、*Stylocapsa* (?) *spilaris* 帯に対比される。また江ノ浦越セクションでは、泥岩(EN-2)からは*Dictyomitrella* (?) *kamoensis*, *Guexella* cf. *nudata*, *Tricolocapsa* cf. *plicarum*, *T.* cf. *conexa*などが産出することから、*Tricolocapsa conexa* 帯上部~*Stylocapsa* (?) *spilaris* 帯下部に対比できる。

したがって、江ノ浦と江ノ浦越の2セクションはジュラ紀中世の中頃から新世初頭を示し、冠崎セクションはジュラ紀中世の中頃であると考えられる。IC測定用に採集した泥質岩の年代は、セクションによって大きく異なるということはないが、冠崎セクションだけは若干古い可能性がある。



第1図 調査地域周辺の地質図。

調査地域は大分県・四浦半島に位置し、図は秩父累帯南帯の尺間山脈群の岩相分布と検討したセクションを示す。ss & alt: 砂岩および砂岩泥岩互層, ms & sil ms: 泥岩および珪質泥岩, ch: チャート, sil clay: 珪質粘土岩。

Fig. 1 Geological map of the study area. The study area, located on the Youra Peninsula, Oita Prefecture, is underlain by the Shakumasan Group of the Southern Chichibu Terrane. The sections for the sampling are shown by solid squares with arrows. ss & alt: sandstone & alternating beds of sandstone and mudstone, ms & sil ms: mudstone & siliceous mudstone, ch: chert, sil clay: siliceous claystone.

### 3. 泥質岩の記載

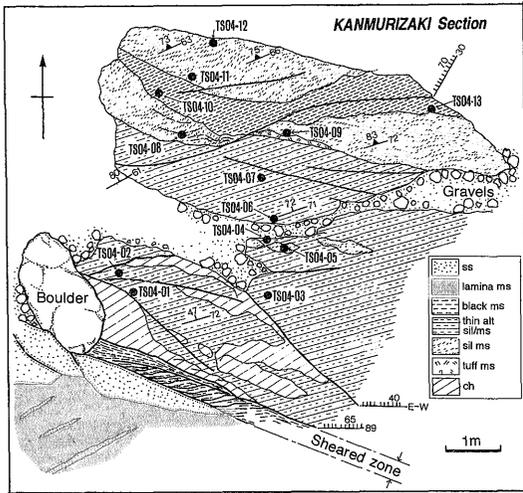
ICを測定するために3地点のセクションより泥質岩を採取した。以下に泥質岩の特徴を述べる。

#### 3.1 冠崎セクション (TS04-01~13)

冠崎セクションは津久見市日見より約2km北方の海岸沿いに位置し(第1図), 松岡(1986)の観音崎層に相当する。このセクションではチャート, 珪質泥岩, 泥岩, 砂岩などが不規則に入り乱れた混在岩相を呈している

(第2図)。砂岩とチャートの間には幅40-50cmの剪断帯が認められる。そのほかにも剪断帯を伴わない断層は多く見られるが、岩相を境する明瞭な断層は認められない。測定用の泥質岩は以下の3相から13試料を採集した。

(1) 珪質泥岩 (sil ms): 暗灰色をなす層状の珪質泥岩であり、部分的に軽微な劈開が発達している。鏡下では極微細な粘土鉱物(径2-3μm以下)を基質として、しばしば径20-30μm程度の自形した石英や不透明鉱物を含



第2図 冠崎セクションのスケッチ。

チャート、珪質泥岩、黒色泥岩、砂岩などが不規則に入り混れた混在岩相を呈する。●印はイライト結晶度測定用試料の採取地点を示す。ss:砂岩, lamina ms: 葉理質泥岩, black ms: 黒色泥岩, thin alt sil/ms: 珪質泥岩・泥岩細互層, sil ms: 珪質泥岩, tuff ms: 凝灰質泥岩, ch: チャート。

Fig.2 Field sketch of the Kanmurizaki section. This section shows a chaotic mixture of various rock types including chert, siliceous mudstone, black mudstone and sandstone. Solid circles indicate the sample points for the measurement of illite crystallinity. ss: sandstone, lamina ms: laminated mudstone, black ms: black mudstone, thin alt sil/ms: thin bedded alternation of siliceous mudstone and mudstone, sil ms: siliceous mudstone, tuff ms: tuffaceous mudstone, ch: chert.

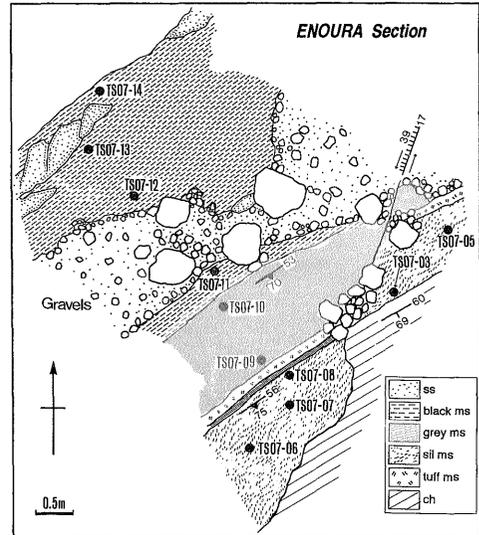
む。また保存良好な放散虫化石が多く認められる。

(2) 黒色泥岩 (black ms): 鱗片状劈開が発達した黒色泥岩であり、鏡下では劈開を形成する黒色不透明のシームと、これに平行する粘土鉱物(径2-3 $\mu$ m以下)の定向配列が見られる。また碎屑粒子は一般に少ないが、部分的に石英や雲母類が含まれることがある。

(3) 珪質泥岩・泥岩細互層 (thin alt sil/ms): 珪質泥岩と泥岩との細互層からなる。珪質泥岩は(1)と、泥岩は(2)と同一の岩相である。鏡下観察によって珪質泥岩と泥岩が漸移することがわかる。

### 3.2 江ノ浦セクション (TS07-03, 05~14)

江ノ浦セクションは津久見市江ノ浦の北方約600mの海岸沿いの地点であり(第1図)、松岡(1986)の尺間山層群に相当する。このセクションは、チャート、珪質泥岩、凝灰質泥岩、灰色泥岩、及び黒色泥岩よりなる(第



第3図 江ノ浦セクションのスケッチ。

このセクションではチャートから黒色泥岩まで、整合的な岩相の累重関係を保っている。●印はイライト結晶度測定用試料の採取地点を示す。ss:砂岩, black ms: 黒色泥岩, grey ms: 灰色泥岩, sil ms: 珪質泥岩, tuff ms: 凝灰質泥岩, ch: チャート。

Fig.3 Field sketch of the Enoura section. A coherent sequence from chert to black mudstone is observed in this section. Solid circles indicate the sample points for the measurement of illite crystallinity. ss: sandstone, black ms: black mudstone, grey ms: grey mudstone, sil ms: siliceous mudstone, tuff ms: tuffaceous mudstone, ch: chert.

3図)。チャートと珪質泥岩との境界部には泥質チャートと珪質泥岩の互層が、また珪質泥岩と灰色泥岩との境界部には両者の互層が、それぞれ認められる。岩相境界におけるこの様な漸移関係より、チャートから黒色泥岩まで整合的に累重した層序であることが分かる。測定用の泥質岩は以下の4相から11試料を採集した。

(1) 珪質泥岩 (sil ms): 灰色塊状の珪質泥岩であるが、弱いスレート劈開がわずかに発達している。下位のチャートから漸移する部分ではチャートと、上位の灰色泥岩へ移化する部分では灰色泥岩と、それぞれ互層をなす。鏡下観察により、極微細な粘土鉱物(径2-3 $\mu$ m以下)を基質として、多量の保存良好な放散虫化石を含んでいることが分かる。石英、斜長石の自形結晶や火山岩片などを頻繁に含み、不透明鉱物も稀に見られる。また灰緑色の凝灰質珪質泥岩と互層しているところもある。シルト大以上の碎屑粒子は認められない。

(2) 灰色泥岩 (grey ms) : 灰色-暗灰色を呈し、層面に平行なスレート劈開が発達している泥岩で、黒色泥岩と互層する。鏡下観察により、放射虫化石を含むほかには、シルト大の石英や雲母類を少し含むことが分かる。また極微細な粘土鉱物 (径 2-3 $\mu\text{m}$  以下) と黒色不透明のシームの定方向配列からなる劈開が発達することが分かる。

(3) 黒色泥岩 (black ms) : 黒色の泥岩であり、劈開の発達は (2) の灰色泥岩より顕著である。また部分的にレンズ状砂岩を含んでいる。鏡下では、径 10-20 $\mu\text{m}$  程度の石英や径 2-3 $\mu\text{m}$  以下の粘土鉱物などの粒子からなることが観察されるが、シルト大 (径 50 $\mu\text{m}$  程度) の碎屑粒子が層をなしている粗粒な部分もある。劈開方向には黒色不透明のシームが連続的に配列している。

### 3.3 江ノ浦越セクション (TS05-01~12, TS06-01~08)

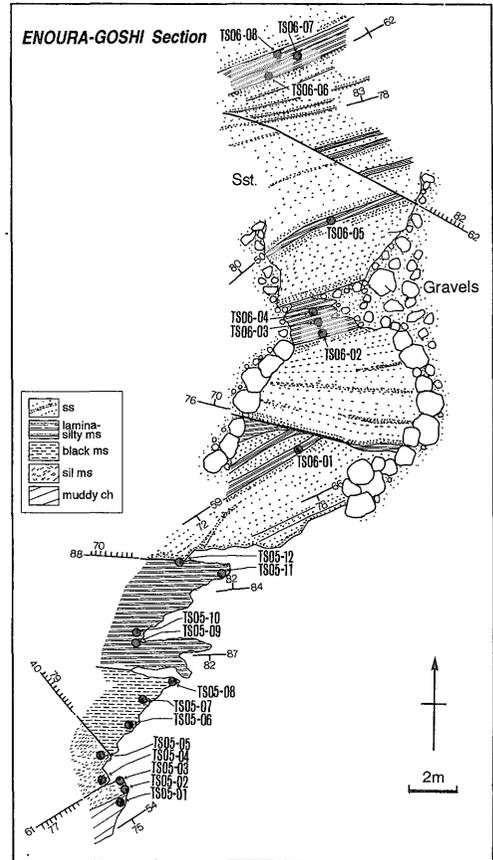
江ノ浦越セクションは津久見市江ノ浦越より北に約 1 km の海岸沿いの地点であり (第 1 図), Nishi (1994) の Fig. 6 A のセクションと同一地点である。江ノ浦セクションと同じく松岡 (1986) の尺間山層群に相当する。このセクションは、下位より泥質チャート、珪質泥岩、泥岩、葉理質-シルト質泥岩、および厚層理砂岩泥岩互層よりなる (第 4 図)。測定用の泥質岩は以下の 4 相から 20 試料を採集した。

(1) 泥質チャート (muddy ch) : 暗灰色を呈する泥質なチャートであり、暗灰色の珪質泥岩と互層をなしている。鏡下では隠微晶質石英からなり、微細な単晶質石英 (径 10-20 $\mu\text{m}$  程度) や粘土鉱物を多少含んでいることが観察される。

(2) 珪質泥岩 (sil ms) : 灰色塊状な珪質泥岩である。鏡下観察では、極微細な粘土鉱物 (径 2-3 $\mu\text{m}$  以下) を基質として、稀に石英や不透明鉱物を含んでいることが分かる。また石英、斜長石の自形結晶や火山岩片など含む部分も認められる。

(3) 黒色泥岩 (black ms) : スレート劈開が若干発達する黒色の泥岩であり、部分的にレンズ状砂岩を挟在している。鏡下では、石英 (径 20-30 $\mu\text{m}$  程度)、微細な粘土鉱物 (径 2-3 $\mu\text{m}$  以下) や雲母類 (長径 10-20 $\mu\text{m}$ ) などが見られる。また、劈開方向に黒色不透明のシームが不連続に配列している。

(4) 葉理質-シルト質泥岩 (lamina-silty ms) : 暗灰色の葉理質泥岩にはシルト大の碎屑粒子からなる葉理が発達しており、泥質部がより粗粒になるとシルト岩ないし極細粒砂岩になる。葉理質泥岩には葉理面に平行なスレート劈開が発達している。鏡下において、葉理質泥岩



第 4 図 江ノ浦越セクションのスケッチ。

このセクションではチャートから葉理質泥岩まで、整合的な岩相の累重関係を保っている。●印はイライト結晶度測定用試料の採取地点を示す。ss : 砂岩, lamina-silty ms : 葉理質-シルト質泥岩, black ms : 黒色泥岩, sil ms : 珪質泥岩, muddy ch : 泥質チャート。

Fig. 4 Field sketch of the Enoura-goshi section. A coherent sequence from chert to laminated mudstone is observed in this section. Solid circles indicate the sample points for the measurement of illite crystallinity. ss : sandstone, lamina-silty ms : laminated or silty mudstone, black ms : black mudstone, sil ms : siliceous mudstone, ch : chert.

は (3) の泥岩と同様の特徴を示すが、黒色不透明のシームの定方向配列からなる劈開の発達が多少顕著であることがわかる。またより粗粒な碎屑粒子 (径 30-50 $\mu\text{m}$  程度) が層をなしている部分もある。一方シルト質泥岩では、粗粒な碎屑粒子 (径 50 $\mu\text{m}$  程度) が一段と多くなり、碎屑性雲母類 (長径 20-30 $\mu\text{m}$ ) も多く含まれている。しかし劈開を形成するような鉱物の著しい定向配列は認め

られない。このセクションの中-上部に発達する厚層理砂岩泥岩互層に挟在される葉理質泥岩とシルト岩には、劈開の発達はかなり弱く構成する碎屑粒子の量も多い。

#### 4. イライト結晶度の測定

##### 4.1 試料調整

測定に用いる泥質岩の試料を新鮮な露頭から約500g採取し、ジョウクラッシャーで粉碎後、70メッシュ以下の粒度の粉にする。その粉(5g)をストークスの式に従って、イオン交換水中で水篩し2 $\mu$ m以下の粒子からなる懸濁液をピペットで吸引・分離する。分離された懸濁液をさらに遠心分離器(回転数2000rpmで15分間)によって沈降濃縮させる。この濃縮沈殿物をピペットを用いて岩石薄片用のスライドガラス上に広げたのち、沈殿物の表面が平滑になる様に整え常温で自然乾燥させる。このスライドを各試料につき2枚ずつ作成し、そのうち沈殿物の厚さ(mg/cm<sup>2</sup>で表示)が大きい方をX線測定用とした。スライド上の沈殿物が薄い場合、測定されるICに大きな誤差が含まれることが知られており、Kisch(1991)は3mg/cm<sup>2</sup>以上の厚さを推奨している。ここでは2枚のスライドとも4mg/cm<sup>2</sup>未満の試料はX線測定から除外したため、冠崎セクションからは8試料、江ノ浦セクションからは9試料、江ノ浦越セクションからは15試料が、測定用スライドとして残った。

##### 4.2 測定方法

地質調査所のX線回折装置(日本電子製JDX-8030W)を用い、以下の条件でICを測定した。電圧=40kV, 電流=40mA, 対陰極元素・X線=CuK $\alpha$ , 発散スリット=1°, 散乱スリット=1°, 受光スリット=0.2mm, ステップ角度=0.01°, 計数時間=1秒, スキャン角度=6.5 $\Delta$ <sup>o</sup>2 $\theta$ -10.5 $\Delta$ <sup>o</sup>2 $\theta$ 。なおX線による測定は、初めに自然乾燥させただけの試料と、その後エチレングリコールで処理した試料の、計2回行なった。

##### 4.3 イライト結晶度

ICの測定には幾つかの方法が用いられているが、ここでは一般によく使用されているKubler(1968)の方法を用いる。これはイライトの(001)面の10 $\text{Å}$ ピークの半価幅を $\Delta$ <sup>o</sup>2 $\theta$ で表示した値(Kubler index)であり、ICとして定義している。つまりKubler indexが低いほどICが高いことを表わす。

##### 4.4 測定結果

X線による、自然乾燥だけの試料とエチレングリコール処理をした試料の測定結果を第1表に掲げた。IC値の算出にはX線回折装置に付属のソフトウェアを使用した(X線回折プロフィール上で実際に手計算で求めた

第1表 イライト結晶度の測定結果。

厚さが4mg/cm<sup>2</sup>未満の試料についてはX線による測定から除外した。また untreated と glycolated は、それぞれエチレングリコール処理の前後に測定したIC値を表している。

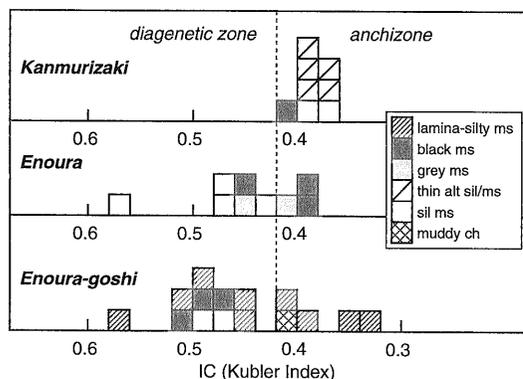
Table 1 Untreated and ethylene glycol treated illite crystallinity values from the Youra Peninsula, with lithology and slide thickness. Samples less than 4mg/cm<sup>2</sup> were not measured.

Sample No.	Lithology	Thickness (mg/cm <sup>2</sup> )	IC (Kubler Index)	
			untreated	glycolated
<b>Kanmurizaki</b>				
TS 04-13	black ms	4.22	0.490	0.419
TS 04-12	sil ms	3.74	-	-
TS 04-11	sil ms	2.92	-	-
TS 04-10	black ms	3.74	-	-
TS 04-09	sil ms	4.38	0.395	0.381
TS 04-08	sil ms	5.73	0.400	0.373
TS 04-07	thin bed sil/ms	6.09	0.415	0.371
TS 04-06	thin bed sil/ms	7.04	0.416	0.396
TS 04-05	sil ms	2.25	-	-
TS 04-04	thin bed sil/ms	6.05	0.386	0.366
TS 04-03	thin bed sil/ms	6.14	0.429	0.395
TS 04-02	thin bed sil/ms	4.91	0.437	0.395
TS 04-01	thin bed sil/ms	3.98	-	-
<b>Enoura</b>				
TS 07-14	black ms	3.57	-	-
TS 07-13	black ms	5.39	0.436	0.392
TS 07-12	black ms	5.94	0.429	0.385
TS 07-11	black ms	5.62	0.509	0.444
TS 07-10	grey ms	6.74	0.551	0.451
TS 07-09	grey ms	5.42	0.431	0.402
TS 07-08	sil ms	5.29	0.511	0.436
TS 07-07	sil ms	4.04	0.571	0.456
TS 07-06	sil ms	4.83	0.657	0.573
TS 07-05	sil ms	2.85	-	-
TS 07-03	sil ms	4.24	0.513	0.474
<b>Enoura-goshi</b>				
TS 06-08	silty ms	4.36	0.651	0.509
TS 06-07	lamina ms	6.95	0.717	0.567
TS 06-06	lamina ms	3.21	-	-
TS 06-05	silty ms	3.60	-	-
TS 06-04	lamina ms	5.46	0.519	0.448
TS 06-03	silty ms	6.56	0.430	0.411
TS 06-02	lamina ms	5.26	0.489	0.448
TS 06-01	lamina ms	9.20	0.563	0.496
TS 05-12	lamina ms	4.03	0.363	0.334
TS 05-11	lamina ms	4.72	0.441	0.399
TS 05-10	lamina ms	4.32	0.395	0.356
TS 05-09	lamina ms	3.10	-	-
TS 05-08	black ms	4.14	0.566	0.470
TS 05-07	black ms	5.54	0.632	0.516
TS 05-06	black ms	9.54	0.615	0.496
TS 05-05	sil ms	4.93	0.624	0.491
TS 05-04	sil ms	4.49	0.587	0.473
TS 05-03	sil ms	2.42	-	-
TS 05-02	sil ms	2.38	-	-
TS 05-01	muddy ch	4.65	0.491	0.414

ms = mudstone, sil = siliceous, bed = bedded, sil/ms = siliceous mudstone and mudstone, lamina = laminated, ch = chert

IC値とソフトウェアによって算出したIC値には、1-2%程度、最大3.5%の誤差があった)。さらにエチレングリコール処理をした試料のIC値の頻度分布を第5図に、各セクションでの層序・岩相とIC値との関係を表わしたものを第6図に示した。測定結果を以下に各セクションごとに記述する。

(1) 冠崎セクション: 珪質泥岩(2試料), 珪質泥岩・泥岩細互層(5試料), および黒色泥岩(1試料)の3相



第5図 イライト結晶度の頻度分布。

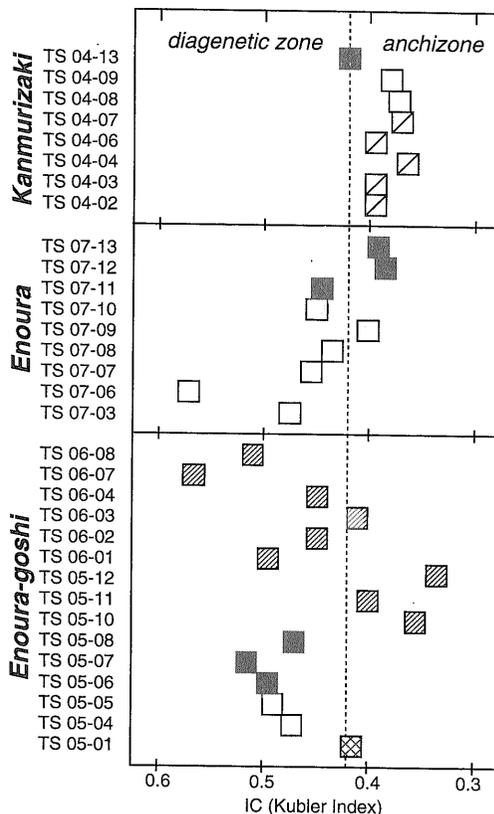
凡例は以下の通り。lamina-silty ms: 葉理質-シルト質泥岩, black ms: 黒色泥岩, grey ms: 灰色泥岩, thin alt sil/ms: 珪質泥岩・泥岩細互層, sil ms: 珪質泥岩, muddy ch: 泥質チャート。

Fig. 5 Histograms of illite crystallinity values from the Youra Peninsula. lamina-silty ms: laminated or silty mudstone, black ms: black mudstone, grey ms: grey mudstone, thin alt sil/ms: thin bedded alternation of siliceous mudstone and mudstone, sil ms: siliceous mudstone, muddy ch: muddy chert.

の泥質岩 (計 8 試料) を測定した。IC は anchizone 内にプロットされ、その値は 0.371-0.419 に集中している。また岩相ごとの平均の IC 値 (珪質泥岩 = 0.377, 珪質泥岩・泥岩細互層 = 0.385, 黒色泥岩 = 0.419) をみると、岩相の違いによる IC 値の差はあまり大きくない (第 6 図)。

(2) 江ノ浦セクション: 珪質泥岩 (4 試料), 灰色泥岩 (2 試料), および黒色泥岩 (3 試料) の 3 相の泥質岩 (計 9 試料) を測定した。IC 値は 0.385-0.573 の幅をもってばらつき、集中度は良くない。各岩相の平均の IC 値 (珪質泥岩 = 0.485, 灰色泥岩 = 0.427, 黒色泥岩 = 0.407) で比較すると、珪質泥岩で高く、黒色泥岩で低くなっている (第 6 図)。

(3) 江ノ浦越セクション: 泥質チャート (1 試料), 珪質泥岩 (2 試料), 黒色泥岩 (3 試料), 葉理質-シルト質泥岩 (9 試料) の 4 相の泥質岩 (計 15 試料) を測定した。IC 値は 0.334-0.567 の幅をもって大きく変化し、diagenetic zone-anchizone にまたがってプロットされている (第 5 図)。各岩相の平均の IC 値は、珪質泥岩 = 0.482, 黒色泥岩 = 0.494, 葉理質-シルト質泥岩 = 0.441 である。また第 6 図からは、珪質泥岩と黒色泥岩のプロットされる範囲に比べ、葉理質-シルト質泥岩のプロットは広範囲に及んでいることが分かる。



第6図 各セクションの岩相層序とイライト結晶度の関係。凡例は第5図と同じ。

Fig. 6 Plots of illite crystallinity values (Kubler Index) from the Youra Peninsula, showing the relationship between the pelitic rocks and their illite crystallinity. Legend is the same as Fig. 5.

## 5. 考 察

### 5.1 岩相によるイライト結晶度の比較

江ノ浦と江ノ浦越の 2 セクションは同一層準の層序断面であり (第 1 図参照), また第 2 章で述べた様に、泥質岩の年代も産出した放射虫化石から同時代であることが示されている。したがって両セクションは同じ続成-変成作用を被ったはずであり、その IC も同程度の値を示すと予想される。同一岩相で IC 値の平均を比較すると、珪質泥岩では両セクションともほぼ同一の値 (江ノ浦 = 0.485, 江ノ浦越 = 0.482) であるのに対し、黒色泥岩では大きな差が見られる (江ノ浦 = 0.407, 江ノ浦越 = 0.494)。また葉理質-シルト質泥岩は江ノ浦越セクションでしか測定されていないが、その IC 値は 0.334-0.567 の広範囲

に及んでいる。

この様な珪質泥岩と他2岩相に見られるICの違いの原因として、(a)層準の違いや走向方向への距離、あるいは(b)岩相の違いなどが挙げられる。しかし江ノ浦と江ノ浦越の両セクションは500m程度しか離れていないので、(a)よりも(b)の影響の方が大きかったと思われる。珪質泥岩には、石英粒や岩片などの碎屑性の粒子がほとんど含まれていないことが鏡下で確認されており、測定されたIC値は自生のイライトの結晶度であると考えられる。これに対し、黒色泥岩や葉理質-シルト質泥岩には粗粒な碎屑粒子が多く含まれ、碎屑性雲母類も見られる。試料調整で得られた2 $\mu\text{m}$ 以下の粒子には、自生のイライトのみが含まれているとみなして処理したが、実際には幾分か碎屑性の雲母類が混入し、その度合によってIC値が変動したと考えることができる。

## 5.2 混在化によるイライト結晶度の上昇

江ノ浦と江ノ浦越の2セクションに見られる泥質岩は、チャート・碎屑岩シーケンスという剪断変形をあまり受けていない、整然とした地層群の一部である。これに対し冠崎セクションを含む観音崎層は、剪断変形が強く雑多な岩相を含む混在岩であり、年代は他の2セクションよりやや古い。松岡(1986)はこの混在岩をオリストストロームの産物としているが、その起源については触れていない。また西(1989)は、変形様式に基づき重力滑動にその成因を求めている。しかし観音崎層には石灰岩・緑色岩やペルム紀のチャートが含まれているので、単純に尺間山層群の構成物(チャート・碎屑岩シーケンス)が崩れて形成されたとは考えにくい。このことは、観音崎層の年代が古いことから支持されるであろう。一方、西・小川(1989)は、圧密過程時の水圧破碎による地層の破断・混合が観音崎層の起源であるとしている。

冠崎セクションでのICは、江ノ浦と江ノ浦越の2セクションと比較して一様に高く、集中しているのが特徴である(第6図)。またこのセクションは他のセクションとは層準が異なりしかも2.5km以上離れているので、先程の(a)の影響が少なからず認められるであろうが、この他にも何らかの熱的影響を受けたと考えることもできる。

秩父累帯南帯の地層群は堆積後に何らかの熱的影響を受けてきたであろうし、一般的にその要因は付加過程における深部への埋没とこれに関連する変成作用、あるいは貫入岩などの後生的な熱であると考えられる。しかし四浦半島では、広域的なバソリスや局所的な花崗岩体の貫入すら見られないので、地層群に与えられた熱的影響

は埋没によって受ける変成作用のみであるとみなせる。冠崎セクションが強く剪断を受けているという点を考慮すると、相対的に深い場所に冠崎セクションの堆積物が埋没し、高いICを獲得したとする可能性があると思われる。

## 6. 今後の展望

現在、ICを用いて付加コンプレックスの形成史を論じた研究が盛んである。しかしこれまでの研究では、対象とした泥質岩の詳細な岩相記載がなく、それらの違いがICに与える影響について吟味された例はほとんどない。今回この様な観点からICの変化について予察的に検討してみたが、測定した試料数が少なく、また測定誤差や試料調整に関わる誤差などの検討を行っていないので、十分に信頼性のある測定結果を得たとは言いがたい。また珪質泥岩の一部には明らかに火山碎屑物が混入していたり、凝灰質な部分を含んでいたりする。これらが続成-弱変成作用を通じてある種の粘土鉱物を形成し、ICに影響を与えることも考えられる。本論では、碎屑粒子を多く含む泥質岩でICが大きく変動する可能性があることを指摘するにとどめたが、今後広域のかつより精度の高い測定を行なうとともに、泥質岩の鉱物化学的性質を充分考慮に入れて、検討を進める必要があるだろう。

謝辞 野外調査に際し松岡 篤助教授(新潟大学理学部)には御協力を頂き、イライト結晶度の測定に関してはAslam Awan博士(元地質調査所、現オーストラリア在住)に御指導頂いた。青山秀喜技官(大阪地域地質センター)には本研究に用いた岩石薄片の作成並びに試料調整の一部をお願いした。また木村克己技官(地質部)には本論の査読をして頂いた。以上の方々には御礼申し上げます。

## 文 献

- Frey, M. (1987) Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. *In* Frey, M. ed., *Low temperature metamorphism*: New York, Chapman and Hall, 9-58.
- 橋本 勇(1962) 大分県佐伯市附近の時代未詳層群の層序と構造(I). 九大教養地学研報, no. 9, 13-69.
- 神戸信和・寺岡易司(1968) 5万分の1地質図幅「臼杵」及び同説明書. 地質調査所, 63p.
- Kisch, H.J. (1991) Illite crystallinity: recom-

- mendations on sample preparation, X-ray diffraction settings, and inter-laboratory samples. *Jour. metamorphic Geol.* **9**, 665-670.
- Kisch, H. J. and Frey, M. (1987) Effect of sample preparation on the measured 10Å peak width of illite (illite 'crystallinity'). In Frey, M. ed., *Low temperature metamorphism*: New York, Chapman and Hall, 301-304.
- Kubler, H. J. (1968) Évaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **2**, 385-397.
- 松岡 篤 (1986) 大分県津久見地域の秩父累帯南帯の中生層. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 7, 219-223.
- Matsuoka, A. and Yao, A. (1986) A newly proposed radiolarian zonation for the Jurassic of Japan. *Marine Micropaleont.*, **11**, 91-105.
- 西 琢郎 (1989) 九州東部秩父累帯の岩相層序・地帯区分及び碎屑岩層中のメソスコピックな小変形構造の予察的検討. 構造地質, no. 34, 111-122.
- Nishi, T. (1994) Geology and tectonics of the Sambosan terrane in eastern Kyushu, Southwest Japan —stratigraphy, sedimentological features and depositional setting of the Shakumasan group—. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 199-215.
- 西 琢郎・小川勇二郎 (1989) 液状・流動化現象による混在岩の形成. 日本地質学会第96年学術大会講演要旨, 293.
- Underwood, M. B. ed. (1993) Thermal evolution of the Tertiary Shimanto Belt, Southwest Japan: an example of ridge-trench interaction. *Geol. Soc. America Spec. paper*, no. 273, 172 p.
- Weaver, C. E. (1960) Possible uses of clay minerals in search for oil. *AAPG Bull.*, **64**, 916-926.
- (受付: 1996年5月16日; 受理: 1996年9月3日)