

## 四国東部に分布する秩父累帯北帯層状チャートの堆積 岩石学的研究 —とくに P/T 境界について—

角和善隆\*

KAKUWA Yoshitaka (1993) Sedimentary petrographical study on bedded cherts of the Northern Chichibu Belt in eastern Shikoku— with special reference to the P/T boundary—. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44(9), p.533-546, 8 fig, 1 plate.

**Abstract:** Permian and Triassic bedded chert sections of the Northern Chichibu Belt distributed in eastern Shikoku are examined sedimentary petrographically and geochemically.

Permian and Triassic bedded cherts lithologically resemble to each other, and mode of sedimentation and sedimentary environment of both bedded chert are supposed to be consistent through Permian to Triassic Periods. The "boundary" section between the Permian and Triassic bedded chert exposed at Tenjinmaru is folded and faulted, and a part of the upper Permian and the lower Triassic are suspected to be missed. Black carbonaceous mudstone of the boundary section preserves minute parallel lamination, which suggests black carbonaceous mudstone deposited under anoxic condition.

The ratios of  $TiO_2/Al_2O_3$  and  $K_2O/Al_2O_3$  of chert beds are gradually decreased from Permian to Triassic, while the ratio of  $Zr/Al_2O_3$  is conspicuously decreased from Permian to Anisian and increased during Ladinian to Rhaetian. Such different stratigraphic variations of lithogenous elements such as titanium, potassium and zirconium imply change in the provenance of clayey fraction of chert beds occurred around the Permian and Triassic boundary.

### 要 旨

四国東部に分布する秩父累帯北帯の二畳紀・三畳紀層状チャートの堆積岩石学および地球化学の観点から検討を行った。二畳紀・三畳紀の層状チャートはその構成する珪質生物遺骸や堆積構造は類似し、二畳紀・三畳紀を通じて層状チャートの堆積様式や堆積環境については大きな相違はない。二畳紀・三畳紀の境界付近の地層は天神丸露頭で見られるが、断層・褶曲が発達し、境界の一部は欠如している可能性がある。境界層の黒色炭質泥岩は微細な平行葉理が良く保存され、無酸素環境で堆積したと考えられる。

チャートの  $TiO_2/Al_2O_3$  及び  $K_2O/Al_2O_3$  比は二畳紀

から三畳紀にかけて境界層を含め連続的に減少するが、 $Zr/Al_2O_3$  比は二畳紀から三畳紀のアニシアンにかけて連続的だが急激に減少し、その後三畳紀末まで次第に増加するという傾向を示す。このように細粒碎屑物起源の元素の時代変化は二畳紀から三畳紀にかけてチャートの細粒陸源碎屑物の供給源が変化したことを示すのかも知れない。

### 1. はじめに

地質学に於ける重要課題の一つに、古生代と中生代の境界で何が起きたか、なぜ多くの生物が絶滅したか、がある。この二畳紀—三畳紀 (P-T) 境界では、海水準が低下し世界各地で不整合が認められている (Newell, 1963;

\*東京大学教養学部宇宙地球科学教室

Keywords: bedded chart, carbonaceous mudstone, siliceous mudstone, sedimentation, sedimentary petrography, geochemistry, Eastern Shikoku, Permo-Triassic, radiolaria

Schopf, 1974; Hallam, 1984; Haq *et al.*, 1988; ほか)。日本に於いてもペルム・三畳系ワーキンググループ(1975)がまとめているように不整合が知られている。また、層状チャートを伴う西南日本内帯、中古生層分布域(足尾帯・美濃帯・丹波帯)では、足尾帯の葛生石灰岩体(柳本, 1973、小池ほか, 1974、など)、美濃帯の赤坂石灰岩体(松田, 1980)、石山石灰岩体(Igo, 1983)、郡上八幡の石灰岩体(Igo, 1989)、丹波帯の質志石灰岩体(武蔵野ほか, 1979; 1980)などの二畳紀礫性石灰岩体を三畳系あるいはジュラ系が不整合で覆っていることが報告されている。しかし山北(1987)により、四国東部に分布する西南日本外帯、秩父累帯北帯に分布する層状チャート層において、二畳系-三畳系が「整合」であるという露頭が報告された。従来 P-T 境界が報告されてきた陸棚相や礫性石灰岩のような浅海相と比較して、より深海に堆積したチャート層は、海面低下による不整合のような地層の欠如を免れ、二畳紀-三畳紀の間に起きた出来事の記録が保存されていると期待される。そこで、山北の報告した露頭において、二畳紀と三畳紀の層状チャート層、及び両者の間に産する泥質岩層の堆積構造、構成物、化学組成などを検討した。その結果、整合とされた露頭は二畳紀層状チャートと上位の黒色泥岩との間には断層による地層の欠如が推定されること、黒色泥岩は anoxic な環境で堆積したと考えられること、二畳紀から三畳紀にかけて泥質碎屑物の種類が一部変化したと考えられること、等が判明した。

## 2. 二畳紀・三畳紀層状チャート層

### 2.1 層序

記載を行った露頭は、四国中部剣山東部に分布する秩父帯北帯に属する層状チャート、黒色泥岩、珩質泥岩等からなる(Fig.1)。雲早山北東方の層状チャート、放散虫泥岩からなる層については Yamakita(1986)は、層状チャートからは *Neohindeodella andrusovi koevskakensis* Kozur & Mostler, *Neogondolella cf. bulgarica* (Budrov & Stephanov), *Neogondolella foliata* (Budrov), *Carinella mungoensis* (Diebel), *Misikella hernsteini* (Mostler)等のコノドントを、灰色-灰緑色放散虫泥岩からは *Parahsuum* sp., *Tricolocapsa* sp., *Sticocapsa* sp., *Katroma* sp.等を見いだし、層状チャートは後期 Spathian から後期 Norian から Rhaetian, 層状珩質泥岩はジュラ紀初期とした。また、天神丸露頭は下位より明灰色層状チャート、暗灰色層状チャートをはさむ黒色泥岩、希にチャート層を伴う明灰色泥岩、厚い明灰色の挟みの頁岩を持つ暗灰色層状チャートからなる(Figs.2, 3, 4)。山北(1987)は下位の暗灰色層状チャートから二畳紀型のコノドント、明灰色層状珩質泥岩層から *Neospathodus dieneri* Sweet, *N. conservativus* (Muller), *N. waageni* Sweet 等のコノドントを見いだし、Smithian とした。なお、本論文では黒色泥岩層・明灰色泥岩層からなる部分およびその上位の泥質な明灰色層状珩質泥岩層を便宜的に境界層と記す。

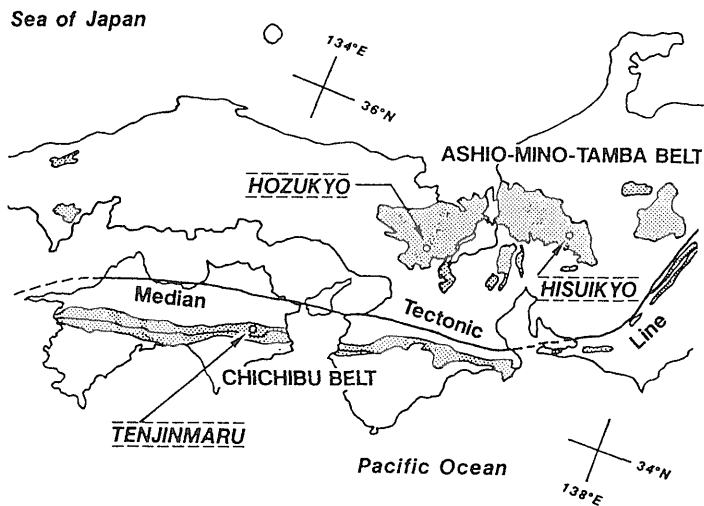


Fig. 1 Index map of the examined outcrops.



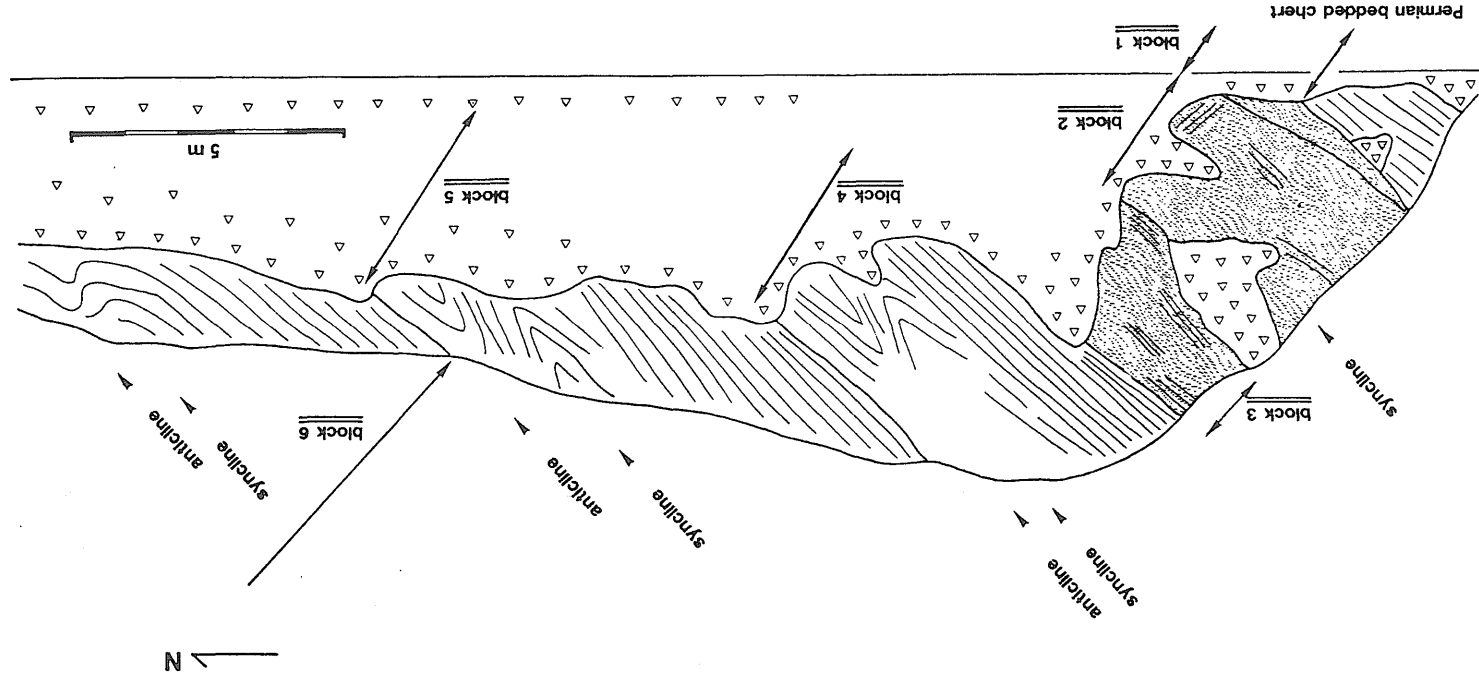


Fig. 3 Sketch of the outcrop of the boundary section exposed at Tenjimmaru in eastern Shikoku.

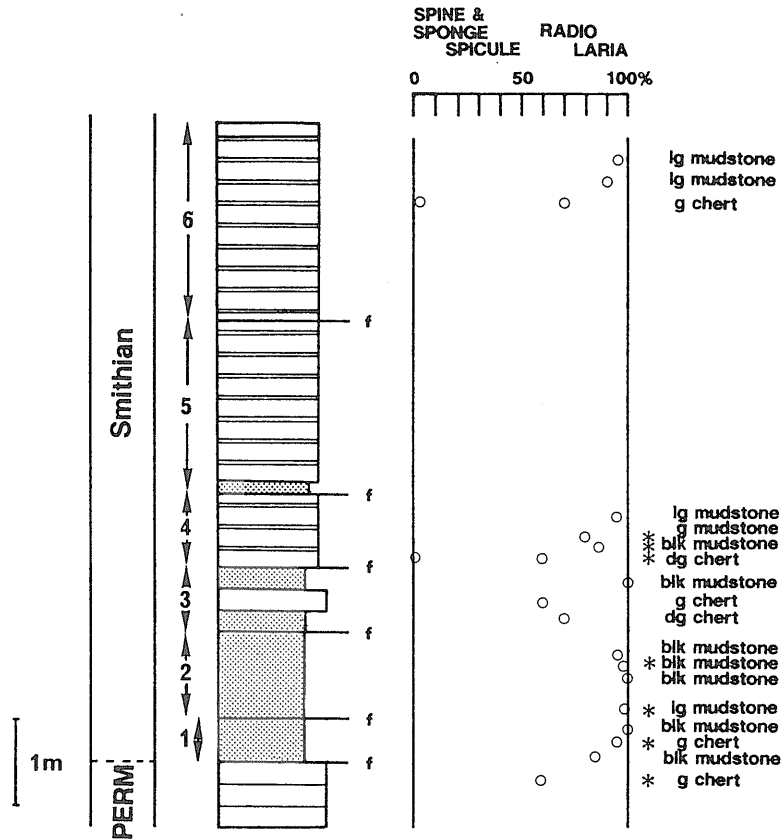


Fig. 4 Columnar section of the boundary section. The age is after Yamakita (1987). Numbers left side of the lithologic column refer to the number of blocks in figure 3. \*:samples for chemical analysis, lg:light gray, g:gray, dg:dark gray, blk:black.

二疊紀の層状チャートには泥岩を主とする境界層付近を除くと層内褶曲はほとんど見られない。この境界層の直下の二疊系層状チャートに見られる小褶曲は波高・波長共に40-50cmである。三疊系層状チャートには最下部と最上部そして Norian 付近の緩い褶曲を除き全体として層内小褶曲は少ない。最下部の Spathian 層状チャートと最上部の珪質泥岩の下位付近では波長約1mの閉じた褶曲により複雑に繰り返している。小褶曲による繰り返しを復元した柱状図を Figs. 2, 4に示す。

境界層は黒色泥岩を主とする層もその上位の灰色層状珪質泥岩を主とする層も波長約1m, 波高約0.5mの非対称な小褶曲が顕著に発達し、同じ層準が何度か繰り返している (Figs. 3, 4)。

## 2.2 層状チャートの色調およびチャート・挟みの頁岩の厚さ

層状チャートの色調及び、チャート層・挟みの頁岩層の厚さを一枚ずつ測定し、1m毎の平均値の変化を調べた。但し、断層がある場合はそこまでの平均値を出した。

二疊系層状チャートは淡灰色であるが、最上部境界の泥岩付近では暗灰色となる。また、見かけでやや泥質なチャートの産出頻度がやや高くなる (Fig. 5)。チャート層の厚さは本露頭の最下部では一見塊状であるが2-3cm程度に分けられる。その上位ではほぼ2.5-3.5cmの厚さを呈し、境界の泥岩付近でも顕著な厚さの変化はみられない。挟みの頁岩は最下部は非常に薄く割れ目としてのみ確認できる程度である。その上部では下位から上位に向かつての連続的な厚さの変化はみられず1-3mm程度であるが、泥岩を主とする境界層の直下の層状チャート

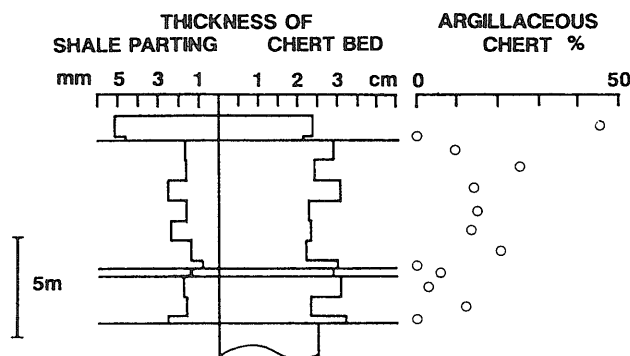


Fig. 5 The thickness variation of Permian chert beds and shale partings (left), and percentage of argillaceous chert beds to the total number of chert beds (right).

層約1mでは平均4.6-5.2mmとやや厚くなる (Fig. 5).

三疊紀-ジュラ紀のセクションでは最下部の Spathian 付近において明灰色の2.5cm程度の厚さのチャート層からなるが、下部の Anisian 付近では灰色-緑灰色を呈し4-5cmと厚くなる。中部の Ladinian 付近では挟みの頁岩が1mm以下と著しく薄く、一方チャート層は灰色で一見10数cmと厚く見える部分がある。しかし、これは更に2-4cmのチャート層数枚に分けることができる。上部の Norian から Rhaetian にかけては挟みの頁岩は薄いながら明瞭なチャート・頁岩の繰り返しとなる。Ladinian から Rhaetian にかけての層状チャートには約20-100cm毎に数mmとやや厚い挟みの頁岩があり、2-4cmのチャート単層→数枚のチャート単層のまとまり10数cm→そのまとまり数セットの集まり20-100cm、と少なくとも3つのオーダーの組み合わせからなる (Plate 1a).

挟みの頁岩は最下部において平均3mmでやや挟みの頁岩は厚いが、上部に向かって薄くなる (平均1mm以下)。また、最上部珪質泥岩の直下では一部平均15mmと厚くなる。下部では3層準にわたって赤褐色に風化した数mmのドロマイトの薄層が見られた。

天神丸露頭の二疊系層状チャートおよびその東方に分布する三疊系層状チャートでは Anisian から Ladinian にかけて及び Ladinian から Norian にかけての緑色或いは一部淡赤色・紫色を呈する部分を除き全体に灰色チャートを主とし、明瞭な赤色チャートは非常に少ない (Figs. 2, 6).

三疊紀の層状チャートは約80mある。これを三疊紀全体の年代で割ると (Harland *et al.*, 1989)によれば Spathianから Rhaetianは3400万年)層状チャートの

堆積速度は2.3mm/kyとなり、これは足尾・美濃・丹波帯のもの (Kakuwa, 1991a; Matsuda & Isozaki, 1991)と同様の値をしめす。

### 2.3 構成珪質生物遺骸および堆積構造

チャート層を構成する珪質生物遺骸および堆積構造は Kakuwa (1991a, b)が足尾・美濃・丹波帯で行ったように、層理面に直交する面を切断・研磨し、フッ酸で腐食した面を実体顕微鏡で観察した。

チャート層を構成する珪質生物遺骸は二疊系、三疊系共に放散虫遺骸を主とし、海綿骨針は少ない (Fig. 2)。これは、丹波帯の二疊系は海綿骨針を主とし、三疊系は放散虫を主とする、という結果 (Imoto, 1983)とは相違する。また、三疊紀の層状チャート層では7-10m毎に放散虫遺骸の量が見かけ上減少する。

layering type について二疊紀と三疊紀の層状チャートをそれぞれ比較すると、二疊系では laminar type は見られないなど全体として layering type の種類が少ない (Figs. 2, 6)。足尾・美濃・丹波帯と比べると、multi-banded type は海綿骨針がなく、放散虫遺骸の径が一枚のチャート層の中で顕著に相違する複数の layer からなる。また、数mm幅のチャート部と stylolite 状の粘土質部が繰り返す laminar type も海綿骨針ではなく、放散虫遺骸からなる。三疊紀の層状チャートは multi-banded type が卓越する部分と single-, triple-layered types が卓越する部分が約10-15m毎に繰り返す傾向がある。triple-, single-layered type の全体に占める比率を見ると、秩父累帯の二疊紀・三疊紀の層状チャートと Rチャート層群に分類される美濃帯 (飛水峽)の三疊紀-ジュラ紀の層状チャート (Kakuwa, 1991a, b)とはそれぞれ類似する (Fig. 6)。

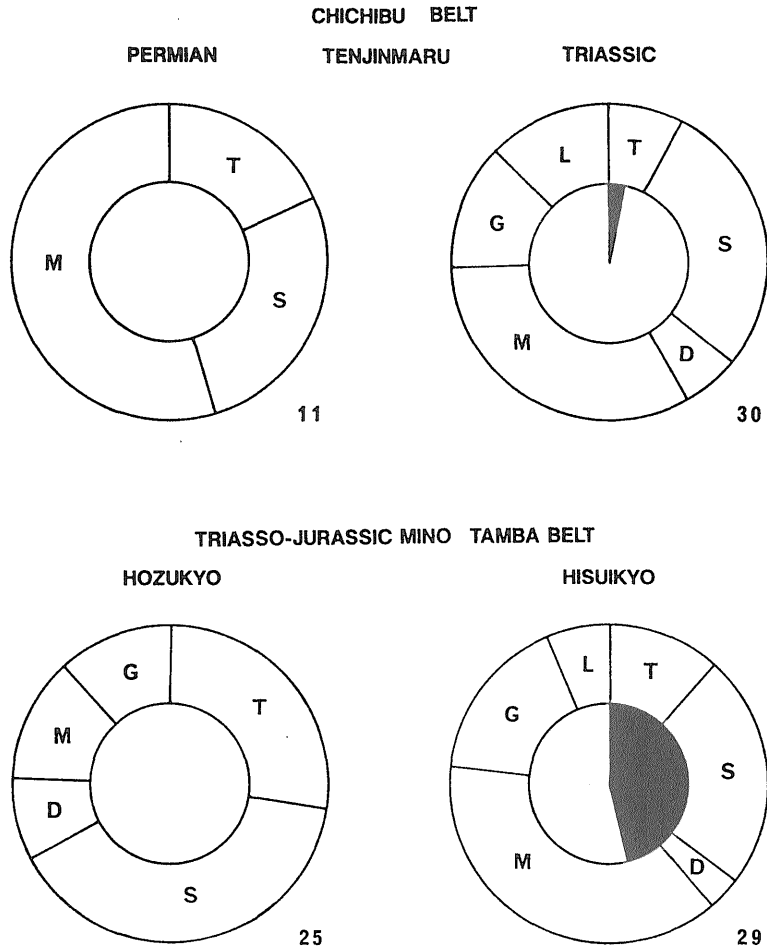


Fig. 6 Pie diagrams comparing the layering types of Permian and Triassic chert beds of the Northern Chichibu Belt, and Triasso-Jurassic chert beds of the Mino (Hisuikyō) and Tamba (Hozukyō) Belts. Painted inner circle represents the percentage of red chert. Examined number of samples is shown at the lower right side of each diagram. T:triple-layered type, S:single-layered type, D:double-layered type, M:multi-banded type, G:graded type, L:laminar type.

Bioturbation は層状チャート層や境界層では確実なものでは確認できなかった。しかし、後で記述するように境界層の灰色層状珪質泥岩には不連続な葉理が見られた。ジュラ紀の珪質泥岩では bioturbation による構造は普通に見られる。

### 3. 境界層

境界層の露頭は断層・褶曲による繰り返しがあり全体を6 blockに分けて見かけの下位より記載する(Figs.

3, 4).

#### 第1 block

約50cmの黒色泥岩からなる。二疊紀の層状チャートに断層で接し、やや破碎を受けている。一見塊状だが4-5cm程度の弱い層理を示す。

黒色泥岩は0.5-1mmの黒色と暗灰色の葉理構造を持つ。偏平な0.05mm前後の放射虫遺骸と思われるものが1-15%程度散在する。希に1-2cmの明灰色の泥質チャートないし珪質泥岩を伴う。この明灰色泥質チャートでは

stylolite 状のものに境された4-5mm程度の葉理が発達し、それらは更に1mm前後のより薄い葉理からなる。放散虫遺骸と思われる扁平なものが5%散在する。

#### 第2 block

約1mの主として黒色泥岩からなる。第1 block とは断層で接し、上部は褶曲で繰り返す。

黒色泥岩は3-5cmの層理を示し、それらには3-9mmの葉理が発達し、更に0.2-3mm程度のより薄い葉理が見られる (Plate 1b)。希に明灰色の2-3mm前後の葉理を伴う。黒色泥岩には放散虫遺骸と思われる扁平なものが3-5%散在する。明灰色葉理には放散虫遺骸と思われるものは黒色部よりやや多い。黒色泥岩には希に海綿骨針が見られる。また pyrite からなる葉理が約1cm毎に産することがある。

#### 第3 block

灰色層状珪質泥岩・泥質チャートを一部に伴う破碎を受けた黒色泥岩層。厚さ約70cm。第2 block とは断層で接する。

黒色泥岩は2-4cmの層理を示し、それらには1mm程度の葉理が発達する層とまったく葉理の見られない層がある。放散虫遺骸と思われるものは1%以下と希で、葉理のない層ではほとんど見られない。灰色層状チャートは2cm程度で、ほぼ同様な厚さの明灰色泥岩と互層をなす。放散虫遺骸は保存は良くないが40%程度見られる。互層をなす泥岩には放散虫遺骸はみられなかった。灰色珪質泥岩は3-5cmの厚さで、0.2-2mm程度の暗灰色と明灰色の葉理からなる。明灰色葉理には放散虫遺骸が35%、暗灰色葉理はより少なく25%程度見られる。

#### 第4 block

灰色層状珪質泥岩を主とし、黒色泥岩、暗灰色チャート等を伴う。厚さ約80cm。第4 block とは断層で接し、上部は褶曲により繰り返す。

明灰色層状珪質泥岩は2-4cmの厚さで、部分的に不連続な1mm程度の葉理が発達する。放散虫遺骸は5%程度散在するが、一部に濃集した葉理がある。黒色泥岩は1-2cmで、特に葉理構造は見られず放散虫遺骸と思われるものは7-8%程度散在する。黒色泥岩と灰色層状珪質泥岩と互層を形成する部分では、灰色珪質泥岩の基底部では黒色泥岩と明確に境されるが、上部は黒色の不連続な葉理を伴いながら黒色泥岩に漸移する (Plate 1c)。暗灰色層状チャートは3-4cmの厚さで、放散虫遺骸を多産し、海綿骨針を僅かに伴う。1-2mmの黒色の不連続な葉理が見られることがある。

#### 第5, 6 block

灰色層状珪質泥岩からなり、灰色チャートと希に黒色

泥岩をを伴う。また、下部30cmには黒色泥岩に富む部分が見られる。褶曲で繰り返しているがそれぞれ全体ではほぼ1.5, 1m程度と思われる。第4 block とは断層で接する。正確な対比はできないが、第4 block と一部重複すると思われる。

灰色層状珪質泥岩、チャートなどは第4 block のものと同様である。

## 4. 化学組成

試料の化学組成の分析は、主要10成分 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) は東京大学理学部地質学教室所有の蛍光X線解析装置 (XRF), Philips PW1404を用いた。また、微量8成分 (Ba, Cr, Ni, Rb, Sr, V, Zr, Y) は地質調査所所有の XRF, Philips PW1404でおこなった。本論文では分析結果の一部について記すが、それぞれの分析方法、分析誤差および具体的数値などについては改めて報告する。

#### $\text{Al}_2\text{O}_3$

$\text{Al}_2\text{O}_3$  はチャートや泥質岩に含まれる碎屑性の泥質物に由来する (Matsumoto & Iijima, 1983, 山本, 1983)。

二疊紀チャートは境界層に向かって  $\text{Al}_2\text{O}_3$  がやや増加する。境界層では  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が急増し珪質生物遺骸の堆積と比べ相対的に泥質物の堆積が増加したことを示す。境界層から三疊紀層状チャートにかけては  $\text{Al}_2\text{O}_3$  は連続的に減少し、泥質チャートから始まる。Ladinian から Norian 付近にかけて再び  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が少し増加し、再び Norian から Rhaetian 付近に向かい連続的に減少する。そしてジュラ紀の放散虫泥岩で  $\text{Al}_2\text{O}_3$  は増加する (Fig. 7)。三疊紀初期から  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が減少し、ジュラ紀放散虫泥岩に向かい  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が増加するという傾向は足尾・美濃・丹波帯でも普通にみられた (Kakuwa, 1988)。

#### $\text{TiO}_2$

$\text{TiO}_2$  は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と非常によく相関を示し (相関係数  $r = 0.934$ )、碎屑性の泥質物に由来すると考えられる (Matsumoto & Iijima, 1983, 山本, 1983)。

$\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  比はばらつきはあるが二疊紀のチャートで大きく、境界層を含め、三疊紀のチャート、ジュラ紀の放散虫泥岩と時代が下がるにつれ連続的に次第に小さくなる (Fig. 7)。このような傾向は足尾・美濃・丹波帯の三疊紀からジュラ紀にかけての層状チャート、放散虫泥岩でも見られた (Kakuwa, 1988)。また、試料が少ないので明確ではないが、二疊紀のチャートから境界層にかけて、 $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  比が増加している。



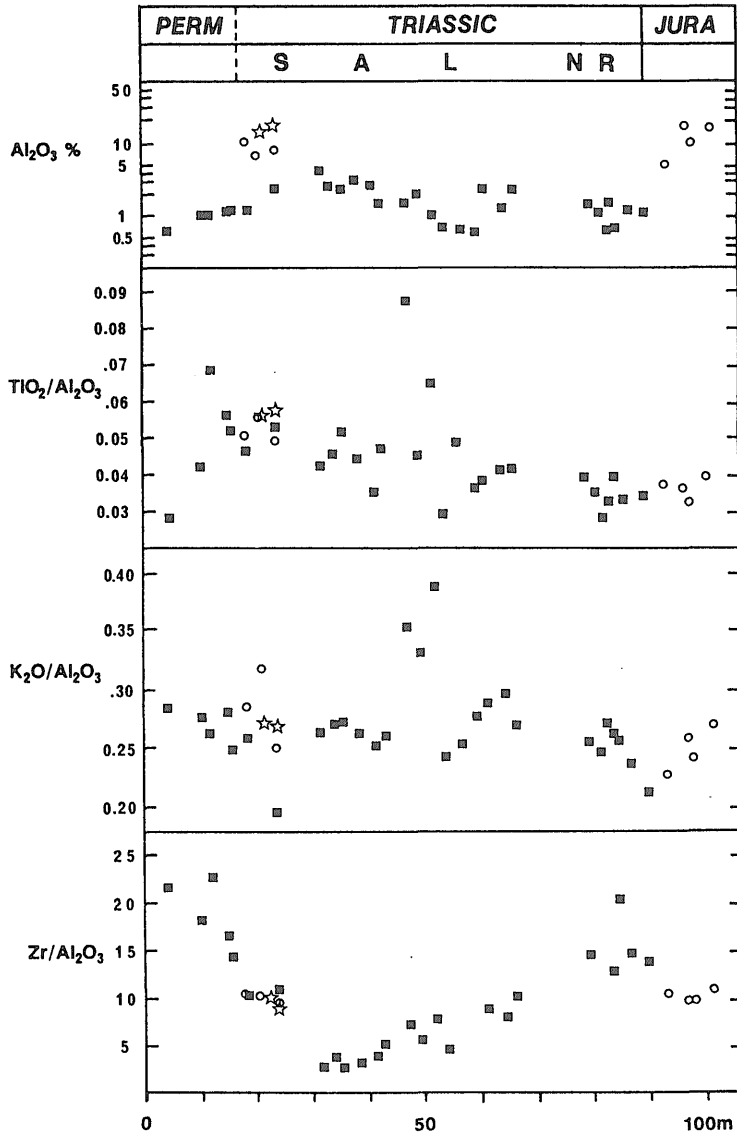


Fig. 7 Stratigraphical variation of the chemical composition of chert beds and argillaceous rocks. Filled square: chert beds, open circle: argillaceous rocks, open star: carbonaceous black mudstone. S: Spathian, A: Anisian, L: Ladinian, N: Norian, R: Rhaetian.

**K<sub>2</sub>O**

K<sub>2</sub>Oも Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と良い相関を示し(相関係数 r=0.994), 碎屑性の泥質物に由来すると考えられる(Matsumoto & Iijima, 1983, 山本, 1983).

K<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比は二疊紀層状チャートから境界層そして Anisian 付近にかけて連続的に減少する。三疊紀層状チャートでは特にばらつきが大きくなるが, 全体としては減少している(Fig. 7).

**Zr**

チャートの Zr 値は大きく二つのグループに分けられる。一つは二疊紀, 境界層, 三疊紀 Ladinian 以降のやや Zr 多いグループ, もう一つは三疊紀 Anisian から Ladinian にかけての Zr の少ないグループである。

Zr はチャートのみでは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とは相関しないが(r=-0.081), 黑色泥岩を含めた泥質岩のみ(r=0.985), そしてチャート・泥質岩を含める(r=0.981)と良い相関を示す(Fig. 8)。そこで, Zr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比の時代変化を見ると, 二疊紀のチャートは三疊紀のものとは比べ高く, 境界層に向かって減少する傾向を示す。その比は二疊紀からほぼ連続的に減少する傾向を示す。三疊紀にはいると, 初期から後期のチャートそしてジュラ紀と時代が下がるにつれ Zr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比は連続的に大きくなるが, ジュラ紀の放散虫泥岩では三疊系上部の層状チャートよりやや低い(Fig. 7)。

**5. 考 察**

**5.1 層状チャートの比較**

四国東部に分布する秩父累帯北帯の層状チャートの堆積構造・構成する珪質生物遺骸は二疊紀・三疊紀のチャートを問わずほぼ類似し, 両者の堆積様式・堆積環境には珪質生物遺骸の少ない境界層の黑色泥岩・層状珪質泥岩などを間に挟みながらも大きな相違は無いものと思われる。但し, 二疊紀の層状チャートの方が三疊紀のものとは比べ layering type の多様度が低い。また, 足尾・美濃・丹波帯の三疊紀-ジュラ紀の層状チャートはチャートの色調・layering type・構成生物遺骸の種類をもとに二つのグループにわけられたが(Kakuwa, 1991a, b), これらを今回の秩父累帯北帯の二疊紀・三疊紀層状チャートと比較すると, multi-banded type が多い点で飛水峡セクションのような R チャート層群に類似するが, 海綿骨針や赤色チャートが希な点は保津峡セクションのような G チャート層群に類似し, 両者の中間的性格を持つ。

**5.2 二疊系三疊系は完全に連続か**

層状チャートのチャート層・挟みの頁岩層の厚さの変化は, 二疊紀の層状チャートから境界層の黑色泥岩にかけては, 泥質なチャートがやや増加すること, また挟みの頁岩がやや厚くなること等の傾向があり, また

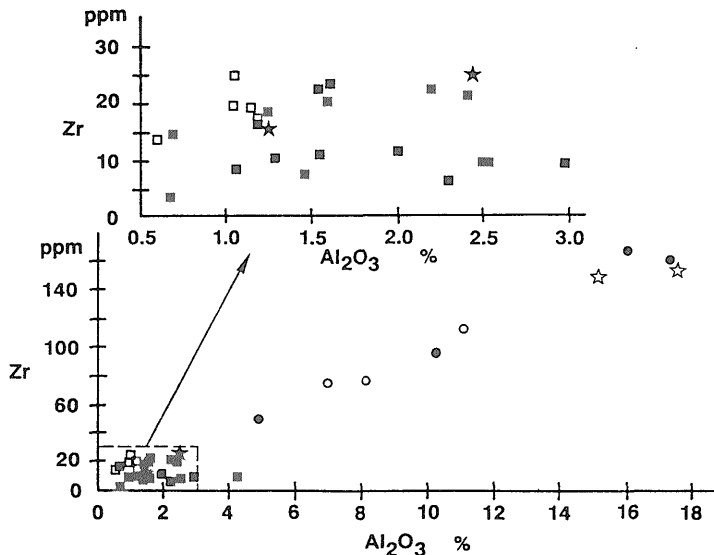


Fig. 8 Correlation between the content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Zr in chert beds and argillaceous rocks. Filled circle:Jurassic siliceous mudstone, open circle:siliceous mudstone of the boundary section, filled star:chert beds of the boundary section, filled square:Triassic chert beds, open square:Permian chert beds.

$Al_2O_3$ の含有量の変化もやや増加する。しかし、その層状チャートから黒色泥岩への岩相変化はかなり急激で、泥質物の供給が珪質生物遺骸に比較して相対的に急激に増加したか、あるいは二疊紀の層状チャートと境界層の泥岩との間に地層の欠如があるか、のどちらかであろう。美濃帯(Sano, 1988)では後期二疊紀の珪質泥岩(いわゆる砥石層に類似する)の存在が報告されており、丹波帯でも二疊紀の層状チャートに整合で二疊紀後期と考えられる淡い黄土色の珪質頁岩に漸移する(石田ほか, 1992)。これらのことから天神丸露頭ではこの後期二疊紀の泥岩層が欠如している可能性が高いと考えられる。一方、境界層の黒色泥岩そして層状灰色珪質泥岩との間は断層で接しているが岩相的には連続している。また境界層の Smithian の層状珪質泥岩と三疊紀の後期 Spathian 以降の層状チャートとは離れた別の露頭であるが、足尾帯・美濃帯・丹波帯などの観察と比較すると、層状チャートに漸移する部分が僅かに欠如しているかもしれない。

### 5.3 二疊紀・三疊紀・ジュラ紀の堆積環境

今回検討した二疊紀の層状チャートは放散虫を主とする明一暗灰色のチャート層と薄い挟みの頁岩からなるが、その東方6.3kmに露出する緑色岩を整合で覆う層状チャートは赤色を呈し、その時代は二疊紀初期とされている(須槍ほか, 1982)。即ち石炭紀後期から二疊紀初期?にかけての塩基性火山活動の後に、放散虫遺骸からなる層状チャートが堆積を始めた。その後層状チャートは堆積を続けるが赤色チャートはなくなり灰色系チャートとなる。二疊紀を通して放散虫遺骸はチャートを堆積させ続けるが、境界層に向かって泥質チャートの増加すること、挟みの頁岩が厚くなることなどから、後期では泥質物の堆積が放散虫遺骸に比べ相対的に増加したことを示す。次に、境界層では著しく有機炭素に富むことから(山北, 1991)有機物の堆積速度が珪質生物遺骸や泥質物に比べ相対的に大きくなった。この黒色泥岩はmm規模の微細な平行葉理を非常に良く保存することから、底生生物の活動が著しく制限される anoxic な環境であったことを示す。この anoxic な環境は有機物の供給が酸化分解されるより速かったためか、あるいは何らかの理由により海水に成層構造ができたため海水の混合が行われなくなったためなのかは不明である。その後、そのような堆積場に細粒砕屑物が急速に流入するようになり、Smithian には灰色層状珪質泥岩が堆積するようになった。その時酸素も供給され、底生生物の活動があったかも知れない。そして次第に放散虫の生産も二疊紀のように復活し、その遺骸の供給も増加して、Spathian には挟みの頁岩が厚

い、層状チャートが堆積するようになった。三疊紀を通して放散虫遺骸と泥質砕屑物が繰り返し堆積していた。三疊紀での底生生物の活動は明らかではない。そして、ジュラ紀に至っては泥質砕屑物の供給が勝るようになり、層状放散虫泥岩が堆積し、それと共に底生生物の活動は非常に活発となった。

### 5.4 チャートの化学組成の時代変化

化学組成  $TiO_2/Al_2O_3$ 比、 $K_2O/Al_2O_3$ 比から見た泥質物はその組成が二疊紀層から境界層を経て三疊紀層に連続的に変化しているが、 $Zr/Al_2O_3$ 比から見た砕屑性の泥質物は明らかに境界層と三疊紀層の間で不連続に変化している。さらに、 $TiO_2/Al_2O_3$ 比は二疊紀層から境界層にかけて増加する傾向を示す。 $TiO_2$ 、 $Zr$ は共に続成、風化などの影響を受けにくいものと考えられ、堆積時の化学組成を反映しているとして問題はない。チャート中の粘土鉱物は illite、chlorite があるが(Iwao, 1955)、 $K_2O$ は illite 起源であろう。 $TiO_2$ はその起源は明確ではないが Kakuwa(1988)で議論されているように basalt 起源の砕屑物と陸源砕屑物の混入比が時代と共に次第に変化しているのかも知れない。すなわち、二疊紀から境界層にかけて basalt 起源の砕屑物の供給量が増加し、その後三疊紀全体を通して陸源砕屑物の量が相対的に増加するという傾向を示している、と解釈できる。 $Zr$ はチャートのみでは  $Al_2O_3$ と相関しないことから  $Al_2O_3$ で表される粘土鉱物起源ではなく、砕屑性の zircon の可能性がある。泥質岩のみまたはチャート・泥質岩を含めた  $Al_2O_3$ と良い相関を示すことから、その供給量はほぼ砕屑性の粘土鉱物(illite)の供給量と相関すると考えられる。 $TiO_2$ や  $Zr$ の起源については不明確なところがあるが、化学組成の時代変化を見ると層状チャートに混入した砕屑性の泥質物には少なくとも2種類あるいは3種類あることを意味し、その組成比が二疊紀から三疊紀にかけて変化したと考えられる。そしてこれはチャート層堆積時の細粒砕屑物の供給源地に変化があったことを示すのかもしれない。

山下ほか(1992)は、丹波帯そして天神丸露頭を含む四国に分布する秩父累帯北帯の境界層の黒色有機質泥岩を分析し、山本(1983)による美濃帯飛水峡の三疊紀からジュラ紀と考えられる層状チャートと比較し、黒色泥岩には  $TiO_2$ 、 $Zr$ に富むと述べている。これは  $TiO_2$ に関しては二疊紀のチャート層から境界層にかけて、 $TiO_2$ が増加し、三疊紀のチャート層にかけて減少するという傾向の一部を示すものであろう。また、 $Zr$ に関しては二疊紀のチャート層は三疊紀のチャート層より  $Zr$ に富むとい

う傾向を引き継いでいるもので、必ずしも黒色有機質泥岩にのみ濃集したものではないと考えられる。

謝辞：本論文で検討した露頭については宮崎大学教育学部の山北 聡助教授には貴重な助言をいただいた。また、地質調査所鉱物資源部の古字田亮一博士および同じく地殻化学部の富樫茂子博士には微量成分分析の際蛍光X線分析装置を使用させていただき、たいへんお世話になった。記して謝意を表す。東京大学理学部地質学教室の入野智久氏には主要成分の分析に際して協力をして頂いた。

### 文 献

- Hallam, A. (1984) Pre-Quaternary sea-level changes. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, vol.12, p.205-243.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R. (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *SEPM Spec. Publ.* no.42, p.71-108.
- Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith, A. G. and Smith, D. G. (1989) A geologic time scale 1989. Cambridge Univ. Press, New York, 263 p.
- Igo, H. (1983) Upper Permian Foraminifers from the Ishiyama Limestone, Ono Town, Ibi County, Gifu Prefecture. *Bull. Tokyo Gakugei Univ., Sect. IV*, vol.34, p.101-115.
- (1989) Mixed conodont elements from Hachiman Town, Mino terrane, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, no.156, p.270-285.
- Imoto, N. (1983) Sedimentary structures of Permian-Triassic cherts in the Tamba district, Southwest Japan. In Iijima, A., Hein, J. R. and Siever, R. eds., *Siliceous deposits in the Pacific region*, Elsevier, Amsterdam, p.377-393.
- Iwao, S. (1955) Petrographic characters of some bedded chert of Permo-Carboniferous formation in Japan. *Sci. Paper, Coll. Arts & Sci., Univ. Tokyo*, vol.5, p. 55-66.
- 石田耕太郎・山下雅之・石賀裕明 (1992) 丹波帯の遠洋性堆積物中のP/T境界について 島根大地質学研究報告, vol.11, p.39-57.
- Kakuwa, Y. (1988) Geochemical study of Triassic to Jurassic bedded cherts in the Ashio, Mino and Tamba terranes in Japan. *Sci. Papers, Coll. Arts & Sci., Univ. Tokyo*, vol.38, p.17-41.
- (1991a) Sedimentological and geochemical studies on Triasso-Jurassic bedded cherts of the Ashio, Mino and Tamba belts in southwest Japan. *Tokyo Univ.*, 131p., *Ph.D.thesis*.
- (1991b) Lithology and petrography of Triasso-Jurassic bedded cherts of the Ashio, Mino and Tamba belts in Southwest Japan. *Sci. Papers, Coll. Arts & Sci., Univ. Tokyo*, vol.41, p.7-57.
- 小池敏夫・猪郷久義・猪郷久治・木下 勤 (1974) 栃木県葛生地域の二畳系鍋山層と三畳系アド山層の不整合とその地史的意義. *地質雑*, vol.80, p.293-306.
- 松田哲夫 (1980) 岐阜県赤坂石灰岩からペルム紀型・トリアス紀型コノドント化石混在群集の発見. *地質雑*, vol.86, p.41-44.
- Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1991) Well-documented travel history of Mesozoic pelagic chert in Japan: from remote ocean to subduction zone. *Tectonics*, vol.10, p.475-499.
- Matsumoto, R. and Iijima, A. (1983) Chemical sedimentology of some Permo-Jurassic and Tertiary bedded cherts in central Honshu, Japan. In Iijima, A., Hein J. R., and Siever, R. eds., *Siliceous deposits in the Pacific region*, Elsevier, Amsterdam, p.175-192.
- 武蔵野 実・石賀裕明・岡嶋真理子 (1979) 京都府船井郡瑞穂町質志において発見された丹波地帯ペルム-三畳系不整合. *地質雑*, vol.85, p.543-545.
- 岡嶋真理子・安養寺寿樹・石賀裕明 (1980) 京都府瑞穂町, 質志石灰岩体の堆積岩岩石学的研究およびペルム-三畳系不整合. *京都教育大紀要, Ser.B*, no.57, p. 89-105.

- Newell, N.D. (1963) Crises in the history of life. *Sci. Amer.* vol.208, p.76-92.
- ペルム・三畳系ワーキンググループ (1975) 日本におけるペルム・三畳系境界付近の層序と対比. *地質雑*, vol.81, p.165-184.
- Sano, H. (1988) Permian oceanic-rocks of Mino Terrane, central Japan. Part I. chert facies. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 94, p.697-709.
- Schopf, T. J. M. (1974) Permo-Triassic extinctions: relation to sea-floor spreading. *Jour. Geol.*, vol.82, p.129-143.
- 須槍和巳・桑野幸夫・石田啓祐 (1982) 御荷鉾緑色岩類およびその周辺の層序と構造—その2 四国東部秩父累帯北帯の中生界層序に関する2・3の知見—。徳島大教養紀要, vol.15, p.51-71.
- 柳本 裕 (1973) 栃木県葛生地域の中・古生層の層序と地質構造の再検討. *地質雑*, vol.79, p. 441-451.
- Yamakita, S. (1986) Interfingering of two distinct groups of allochthons in the Chichibu terrane of eastern Shikoku. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II*, vol.21, p. 205-222.
- 山北 聡 (1987) 四国東部秩父帯中のチャート相二畳—三畳系間の層序関係. *地質雑*, vol.93, p.145-148.
- (1991) 秩父帯および美濃帯のチャート相二畳—三畳系境界に産する炭素に富む泥岩について. 日本地質学会第98年学術大会演旨, p.130.
- 山本鋼志 (1983) 岐阜県上麻生付近の三畳系層状チャートの地球化学的研究. *地質雑*, vol.89, p.143-162.
- 山下雅之・石田耕太郎・石賀裕明 (1992) 丹波帯にみられるトリアス紀古世—中世層状チャートとP/T境界の黒色有機質泥岩. 島根大学地質学研究報告, vol.11, p.87-96.

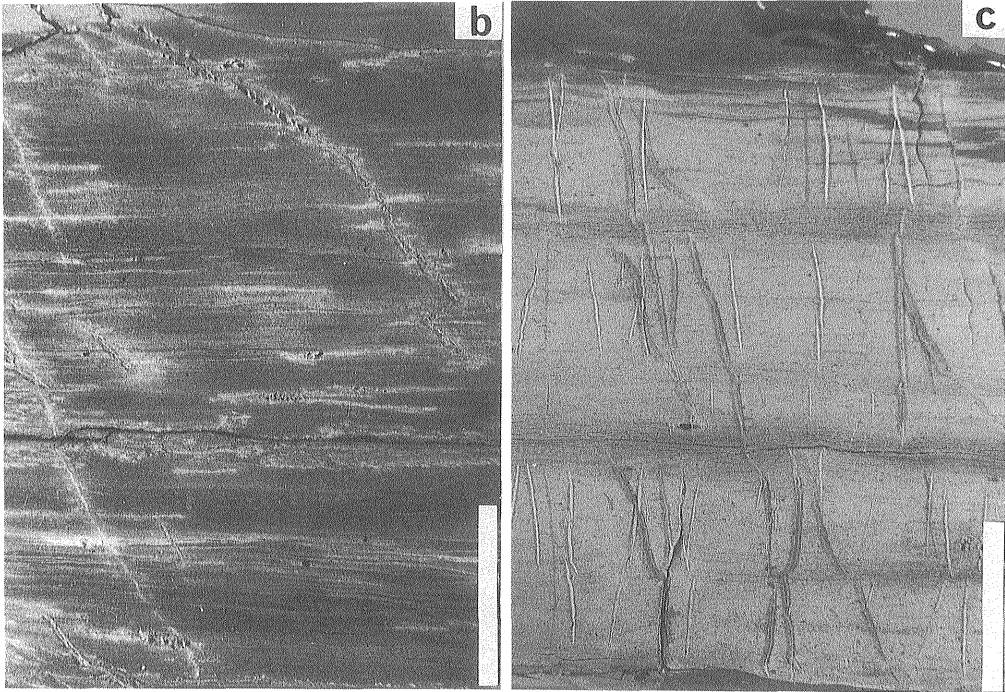
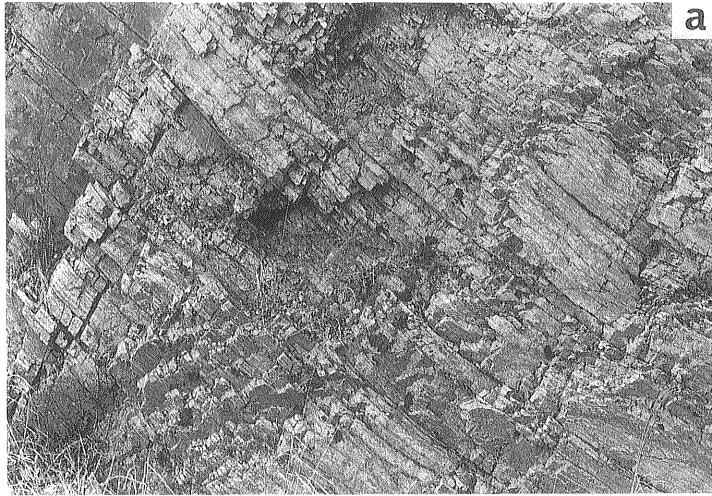


Plate 1a. The three-ordered rhythm of thickness of chert beds observed in the Triassic bedded chert section exposed along the Tsurugisan Super Logging Road to the northeast of Mt. Kumosoyama.

Plate 1b. Hydrofluoric acid-etched surface of the black carbonaceous mudstone showing fine parallel lamination. scale bar:1cm.

Plate 1c. Hydrofluoric acid-etched surface of the gray siliceous mudstone showing lower sharp and upper gradual boundaries between black carbonaceous mudstone. scale bar:1cm.