

# 福井県南条山地に分布する「赤-青縞状チャート」の石英の結晶度(CI)について

梅田 美由紀\*

The crystallinity index for the quartz of the Triassic red-blue striped chert in Nanjo Massif, Fukui Prefecture, central Japan

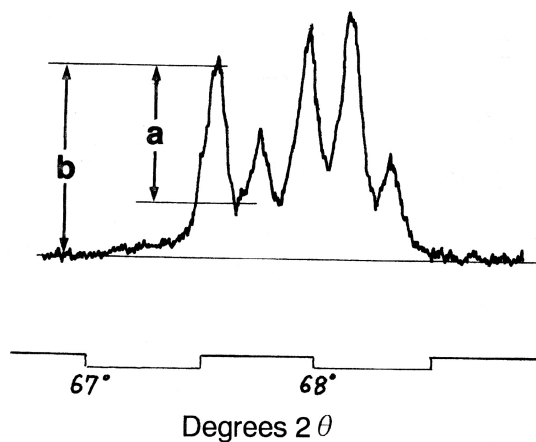
Miyuki UMEDA\*

## Abstract

The crystallinity index (CI) for the quartz of chert is related to the color of the chert. The Triassic cherts in the Nanjo Massif are groups of chert beds. Each bed generally is a few to ten centimeter thick. Some chert beds are composed of red (= reddish brown) and blue (= greenish blue) intra-bed stripes. The CI's for individual stripes were measured through X-ray analysis. The results show that the CI's for the reddish brown quartz are 2~3 and those for greenish blue quartz are 3~5. It seems that the difference in CI depends on the color of chert.

## はじめに

石英の結晶度 (crystallinity index, CI) は、生成環境やその後の続成作用で異なり、石英の“成熟度”を表す指標である。石英のX線回折記録には、 $2\theta = 67\sim 69^\circ$  に5個一組のピークが現れる。Murata and Norman (1976) は、そのうちの2つのピークの高さの比を用いて、結晶度 (CI) を定義した。すなわち、第1図に示したように二つのピーク、a値とb値から、 $CI = 10Fb/a$  の式で結晶度を求める方法である。FはCIが最大で10になるための係数で、最も結晶度が高いはずである自形の石英結晶—水晶—を用いてF値を決める。この方法で、いろいろな岩石中の

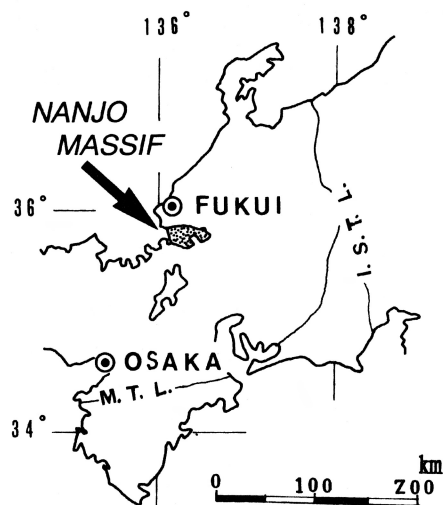


第1図  $\theta = 68^\circ$  付近に現れるピークの波形  
a, bより石英の結晶度(CI)を求める。

石英の結晶度を求めると、例えば、花崗岩中の石英や片麻岩中の石英はほぼ水晶に近い結晶度をもつ。逆に非晶質のオパールで小さく、チャートではだいたい2~6である。

\*福井市自然史博物館 (〒918-8006 福井市足羽上町147)

ところで、チャートは石英の集合した珪質堆積岩で、南条山地（第2図）では普遍的に分布する岩石である。それらの色調は、赤、青緑、白、黒など多彩である。服部(私信)や筆者の予察的測定結果では、チャートの色調と結晶度との間には関係があり、その値は、赤色チャート(2~3)、青緑色チャート(3~4)、白色チャート(7~9)、黒色チャート(5~10)である。そこで、本報告では、南条山地でしばしば見られる、単層内で赤色部と青緑色部とが縞状に配列する層状チャート（以下、「赤-青縞状チャート」）を用いて、色調と結晶度(CI)との関係を調査したので紹介する。



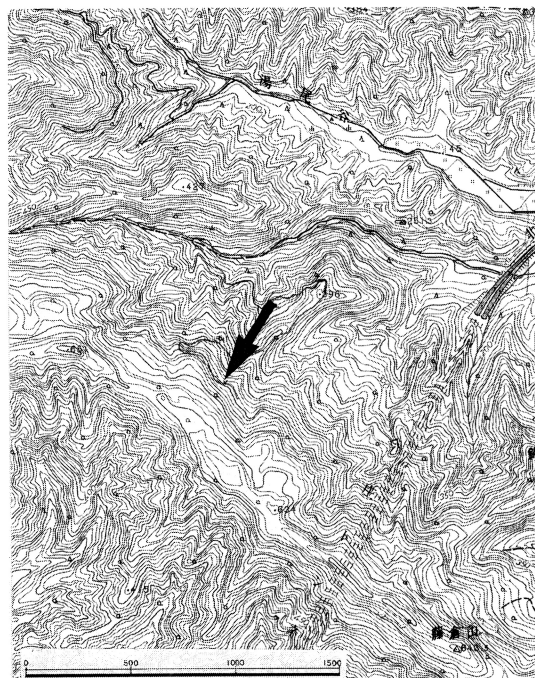
第2図 南条山地の位置図  
(M.T.L. 中央構造線; I.S.T.L. 糸魚川-静岡構造線)

### 試料採取地点の地質概説と測定方法

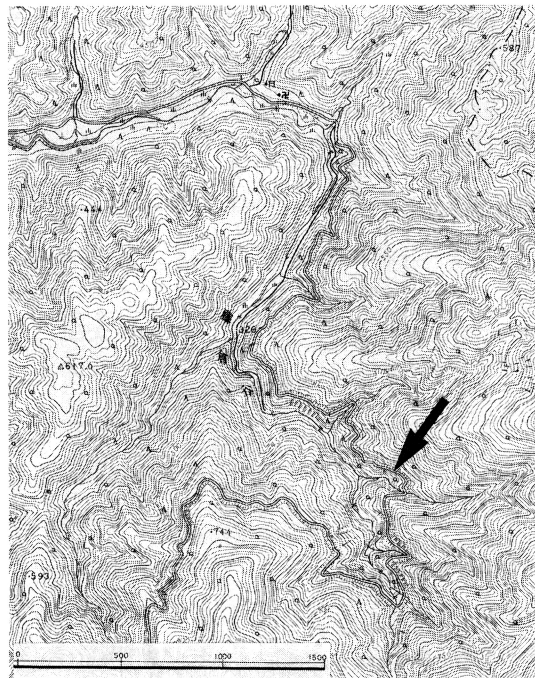
結晶度(CI)測定用のチャート試料は、(A)今庄町藤倉山北西の林道沿いに露出する層状チャート（第3図）および(B)今庄町藤倉谷林道に露出する層状チャート（第4図）から採取した。それぞれ、露頭で赤色-青緑色の縞模様になるべく明瞭な部分から単層毎に10数個の試料を連続して採取した。

#### (A) 今庄町藤倉山

試料採取地点は、今庄町藤倉山（643.5m）北西の林道沿いである。採取地点周辺には、整然相



第3図 A 藤倉山北西チャートの試料採集地点  
(国土地理院発行1/2.5万地形図「今庄」使用)



第4図 B 藤倉谷林道チャートの試料採集地点  
(国土地理院発行1/2.5万地形図「宅良」使用)

(=比較的連続性のよい層状チャートと粗い碎屑岩層とがくり返す層相。従来の今庄・高倉相；阪本・服部，1999)が分布する。本林道沿いにも層状チャートと砂岩層とが分布している(吉村・木戸・服部，1982)。緑色岩は分布しない。試料を採集した露頭では，全体的には単層の厚さが2~8cmの青緑色層状チャートが露出するが，局所的に赤-青縞状チャート，稀に黒色チャートが発達する。採集地点の層状チャートの挟みはほとんど無い。最も縞模様が顕著なチャートの露出部から，見かけの下位から順に単層毎に定方位試料を採取した(第I図版-A)。採取試料の一部(第I図版-Aの①)からは，保存不良ながら三疊紀の放散虫化石を得ることができた(田賀，私信)。

#### (B) 藤倉谷林道 [田賀(1997)のF481]

試料採取地点は，今庄町芋ヶ平から約4km上流で，整然相分布地域である。本地点からは，*Yeharaiia annulate*，*Y. japonica* など後期三疊紀を特徴づける放散虫化石が得られている(田賀，1997)。ここでも，(A)地点と同様に，赤-青縞の縞模様が明瞭な露頭を選び，層状チャートを単層毎に定方位で連続的に採集した(第I図版-B)。

採取した試料を室内でハンマーで砕き，赤色部，青色部を肉眼で識別して，各々の破片をメノウ乳鉢で粉末にした。赤-青縞状チャートのX線回折解析は2日間で行い，測定には当日粉末にしたものを使用した。試料の走査範囲は $2\theta=65\sim70^\circ$ までとし，電圧40kv，電流30mA，毎分 $1/4^\circ$ で，低角方向へ走査した。なお，X線回折解析装置(機種：東芝製)は，福井大学地学教室のものを使用させていただいた。得られたX線回折記録の波形から，Murata and Norman (1976)が示すように2つのピークの高さを計測し，a値とb値(第1図)をミリメートル単位で求め， $CI=10Fb/a$ の式で結晶度を算出した。係数F値の決定に福井県敦賀産の水晶を用いたところ， $F=1.4$ となり，CI値の算出にはこの値を使用した。

## 赤-青縞状チャートについて

赤-青縞状チャートは，南条山地の青緑色層状チャート中に局所的にしばしば見られる。それらの縞状チャートでは，一般に単層の中央部が暗赤色で，挟みに近い上部と下部が青緑色である場合が多い。今回調査した赤-青縞状チャートでも，多くは単層の中央部が暗赤色で挟みに近い両端が青緑色であった。赤色部と青緑色部とは概ね層理面と水平に縞状に配列するが，赤色部と青緑色部とが単層内で数回繰り返す場合(第II図版-A)や，見かけの下方に赤色部，上方に青色部が配列することもある(第III図版-A)。赤色部と青緑色部との境界はシャープである場合と漸移的な場合がある。シャープな境界の両者間には白色の葉理がある(第III図版-A)。野外では，赤色部は，一般に不透明な暗赤色を呈するが，赤色がやや薄くなり透明感のある部分もある。また，通常単層内において赤色部は層理面に平行に帯状に発達し，断面での幅は厚い部分で約1.5cm，薄い部分では約0.2cmであるが，急激に厚くなったり(第I図版-C)，せん滅したり，小断層や石英脈により切れてずれている場合もある。また，赤色部が，青緑色部中に斑状に残されているような部分も観察できる(第I図版-D)。青緑色部には，葉理状の白い平行線が見られ，この線は，吉村・木戸・服部(1982)のスタイロライトに似ている。やや赤味のある部分もある。赤色部，青緑色部のほかに，乳白色部・透明部・黒色部がある。透明部や黒色部は，赤色部の延長部分にあたる。

顕微鏡下では、第Ⅱ図版や第Ⅲ図版に示したように、赤色部は微晶質石英、隠微晶質石英およびカルセドニーで充填された放散虫化石の痕跡と思われる長径約0.05mmの円形組織からなる。一方青緑色部は、微晶質石英と隠微晶質石英とが層状にくり返し、葉理構造がある。赤色部と青緑色部との境界には、黒色葉理が存在し（第Ⅱ図版-B、第Ⅲ図版-B）、境界は明瞭な場合と漸移的に変化する場合がある。

## 測定結果

測定結果を第5図（藤倉山北西チャート）、および第6図（藤倉谷林道チャート）に示した。縦軸にはチャート単層の積み重なり・厚さ・赤色部と青色部を、横軸には結晶度(CI)を表現した。第5図、第6図で明らかなように、赤色部のCI値と青緑色部のCI値との差異は明瞭である。例えば、藤倉山北西チャートの結果では、赤色部のCI値は、2前後、青緑色部のCI値は3前後であり（第5図）、一方、藤倉谷林道沿いのチャートのCI値は、赤色部が2～3、青緑色部のCI値が4～5に集中し（第6図）、赤色部のCI値は、ほとんど常に、青緑色部のCI値より低いという結果が得られた。

## 考 察

今回の赤-青縞状チャートの結晶度(CI)測定により、赤色チャートと青緑色チャートの石英のCI値には明らかな違いがあらわれ、前者は後者より小さいことが判明した。Murata and Norman (1976)によれば、石英の結晶度(CI)を左右する要因は、結晶サイズや物理的ストレスであり、時間はあまり重要でないといわれている。本報告で用いた縞状チャートでは一枚の単層中（全体でも約50cmの間）の赤色部と青緑色部の石英の結晶度であるから、時間的な差は無視できる。石英サイズについて検討してみると、赤色部・青色部とも主に微晶質石英、隠微晶質石英が晶出しており、きわだった差異は認められない。しかし、隠微晶質石英が晶出する割合は赤色部の方が青緑色部より高いので、結晶サイズは赤色部の方が青色部より若干小さいといえる。Thurston (1972)は、北西イタリアの含放散虫チャートを研究し、放散虫化石の保存状態は暗赤色チャートが淡色チャートに比べ良好で、一方石英結晶のサイズは暗赤色チャートより淡色チャートの方が大きく、これは赤色部に存在するFe、Mn、粘土鉱物が間隙中のシリカ溶液の移動を妨げ、石英結晶の成長を抑制しているが、青緑色部では放散虫の殻が破壊されていると述べている。南条山地の赤-青縞状チャートにおいても、赤色部には放散虫化石の痕跡と思われる円形組織が多数存在するが、青緑色部にはその組織はほとんど見られない。結晶度(CI)は、結晶サイズに左右されるというMurata and Norman (1976)の主張やチャートの色調は石英結晶の成長に関係するというThurston (1972)の主張と、今回の南条山地の赤-青縞状チャートのCI値の測定結果とは概ね整合的である。

放散虫化石を含む層状チャートは、一般にオパール→オパールCT→石英と変化して、チャートになると解釈されている。オパールは非晶質であり、従って、“チャート”堆積直後には全体が結晶度(CI)=0で均一であったはずである。今回の測定結果からは、その後の続成作用により、単層内、すなわち時間経過は同じという条件でも色調によって差が生じているので、チャートを形成する石英は、色調により結晶度の速度が異なるといえる。

美濃帯や秩父帯のチャートのCIの研究には、宇井・水上(1994)によるものがある。また、チャートの色調に関しては、Thurston (1972), 須鎗(1976), 須鎗・千葉(1977)などの研究がある。須鎗(1976)は、単層中の色調の変化は酸化環境下に置かれたか、還元環境下に置かれたかに起因すると述べている。また、中嶋(1994)は、もともとは赤色チャートであったが、後からpHや酸化・還元状態の異なる水により、赤色が抜けて青緑色に発色しているのではないかと解釈している。南条山地の「赤-青縞状チャート」では、①色調の配列は、挟みに近い単層の両端が青で、中央部が赤色である、②赤色部が、青緑色部中に斑状に残されているような部分も観察できる(第Ⅰ図版-D)、③赤色部の側方延長部で赤色が薄くなり、黄青色が発色することがある(第Ⅱ図版-A)、などの観察結果から、本チャートでは、赤色から青緑色への変化があったと思われる。④石英の結晶度が、赤色部が2~3、青緑色部は3~5に集中していることは、この変化を支持するものと考えられる。

## 結 論

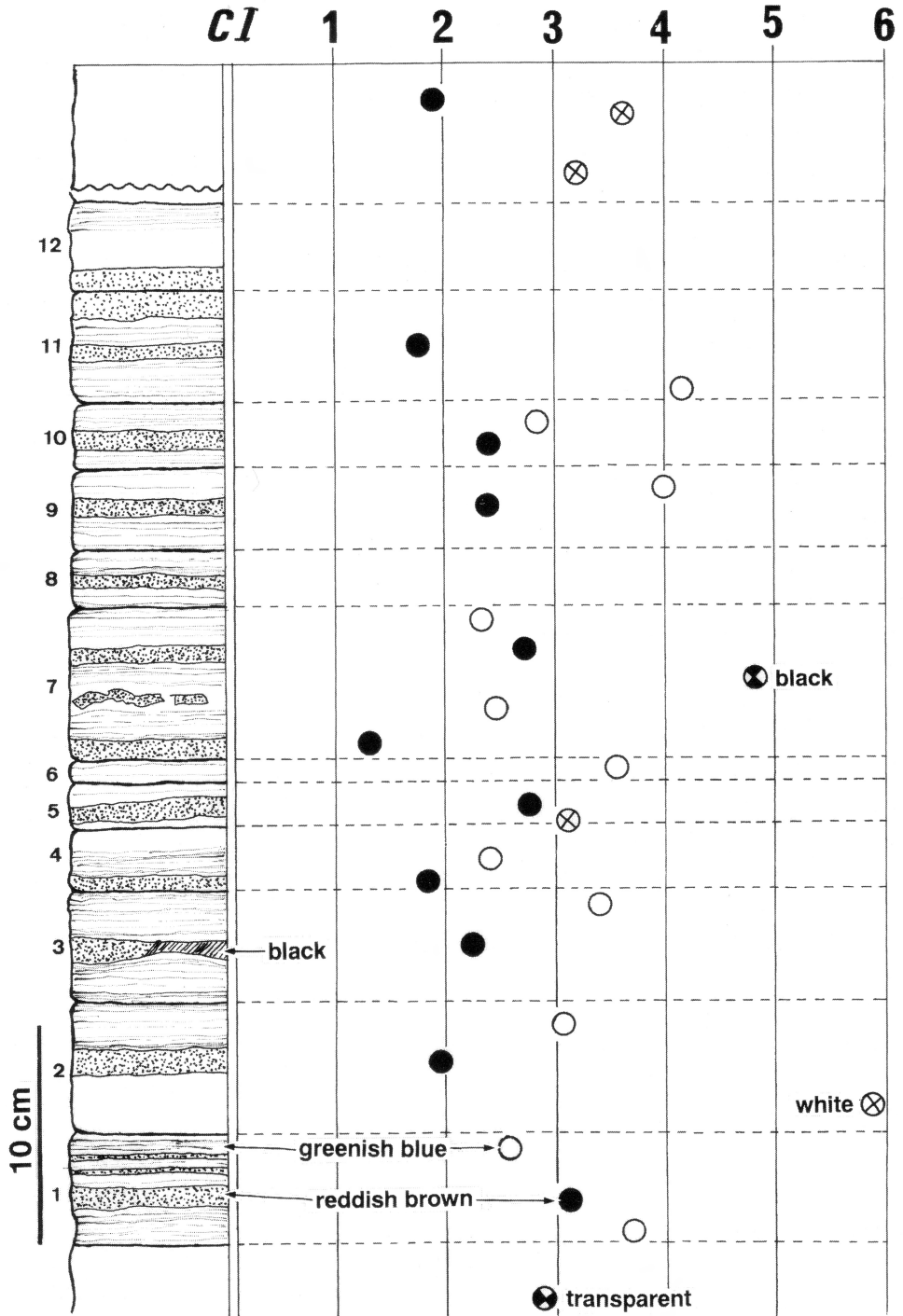
今回の調査では下記のことが明らかになった。

1. 福井県南条山地の「赤-青縞状チャート」において、赤色部の石英の結晶度 (crystallinity index=CI) は2~3、青緑色部の結晶度は3~5に集中し、前者は後者より常に低い。
2. 南条山地では、チャートの石英の結晶度は、色調との関係が強く、青緑色部の結晶の成長速度は赤色部のそれより速い。

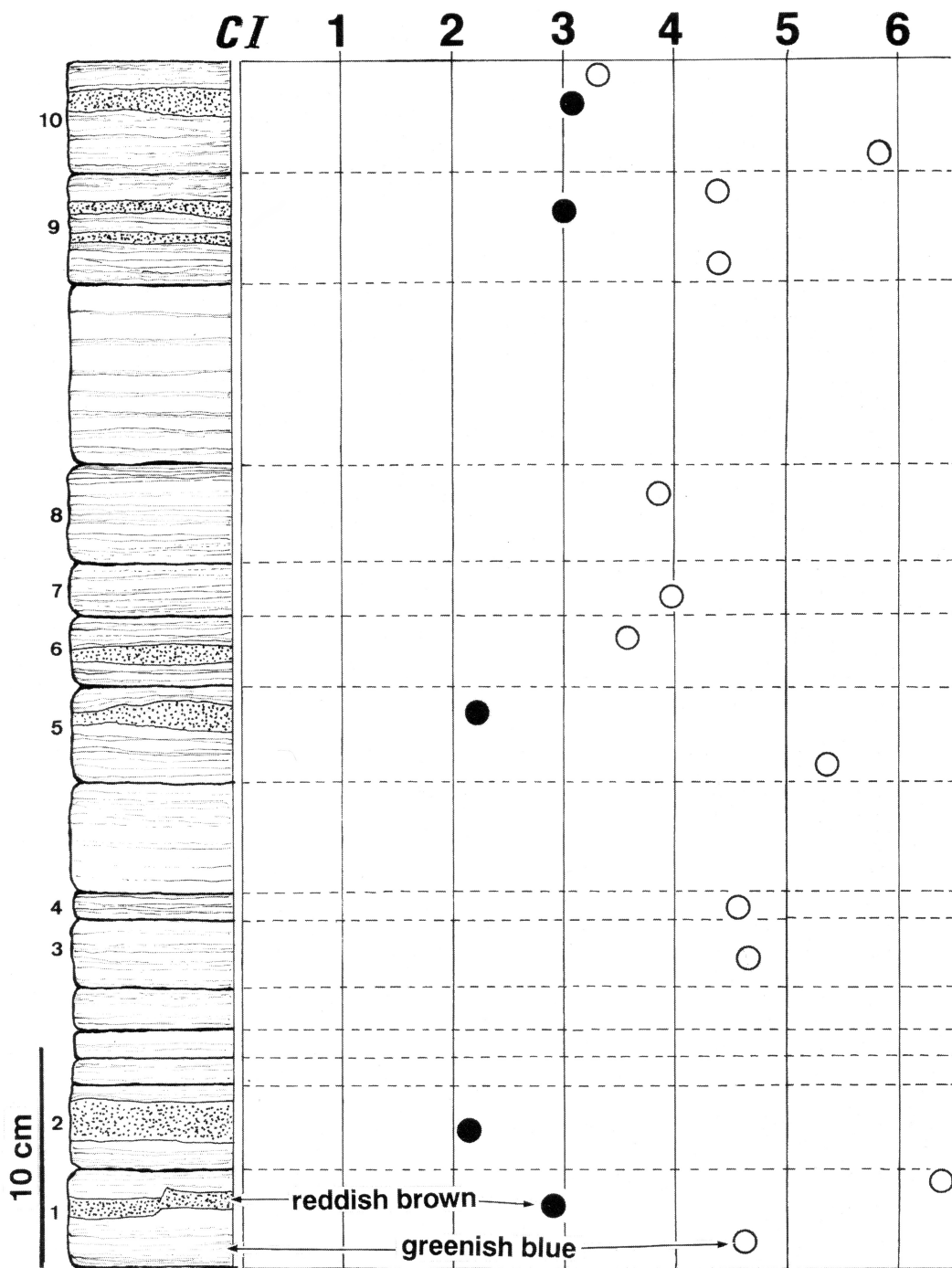
**謝辞** 本研究を進めるに当たり、福井大学教育地域科学部・服部 勇先生には研究テーマのアイデアをご教示・ご指導いただき、同教室のX線回折解析装置の使用についても便宜を図っていただいた。また、同大学教育地域科学部・中島 正先生、山本博文先生には日ごろからお世話になっている。なお、放散虫化石の抽出は鯖江青年の家・企画主査・田賀秀子氏にお願いした。ここに記してお礼申し上げる。

## 引 用 文 献

- 中嶋 悟, 1994, 地球色変化-鉄とウランの地球化学-, 近未来社, 292pp.
- 阪本直樹・服部 勇, 1999, 野外調査から見た福井県南条山地の中生代堆積岩類の地質構造. 福井市自然史博研報, 46号(印刷中).
- 須鎗和巳, 1976, チャートの組織・構造に関する2・3の知見 四国秩父帯および四万十累帯の例. 国立科博専報. 9, 23-37.
- 田賀秀子, 1997, 南条山地に分布するチャートに含まれる中・古生代放散虫化石について. 福井市自然史博研報, 44号, 33-55.
- Thurston, D. R., 1972, Studies on bedded cherts. Contr. Mineral. And Petrol., 36, 329-334.
- 宇井啓高・水上 洋, 1994, 岐阜県揖斐郡春日村に分布する貝月山花崗岩による熱変成効果としてのチャートの結晶度. 富山大学教育学部紀要, 45号, 47-62.
- 吉村美由紀・木戸 聡・服部 勇, 1982, 福井県南条山地今庄地域におけるスタイロライトチャートおよび放散虫化石. 福井大教育紀要, II自然科学, 31号, 65-77.



第5図 (A) 藤倉山北西の「赤-青縞状チャート」の色調と石英の結晶度 (CI値) の関係  
 縦軸には層状チャートの厚さと色調を、横軸には測定した各々のCI値を表現した。本チャートでは、赤色部のCI値が2前後、青緑色部のCI値が3前後に集中している。チャート柱状図の左の番号は、第I図版-Aの露頭写真に示した番号と対応する。



第6図 (B) 藤倉谷林道の「赤-青縞状チャート」の色調と石英の結晶度(CI値)の関係  
 縦軸には層状チャートの厚さと色調を、横軸には測定した各々のCI値を表現した。本チャートでは、赤色部のCI値が2~3、青緑色部のCI値が4~5に集中している。チャート柱状図の左の番号は、第I図版-Bの露頭写真に示した番号と対応する。

## 第 I 図版

- A：藤倉山北西チャートの試料採集地点。写真中の番号は、試料採集部分を示し、第 5 図の左の番号に対応する（R＝赤色部，G＝青緑色部）。
- B：藤倉林道チャートの試料採集地点。写真中の番号は、試料採集部分を示し、第 6 図の左の番号に対応する（R＝赤色部，G＝青緑色部）。
- C：赤色部分（→の延長部）が急激に厚くなる（藤倉山北西チャート）。
- D：赤色部（→の延長部）が青緑色部に斑状に残されている（藤倉山北西チャート）。

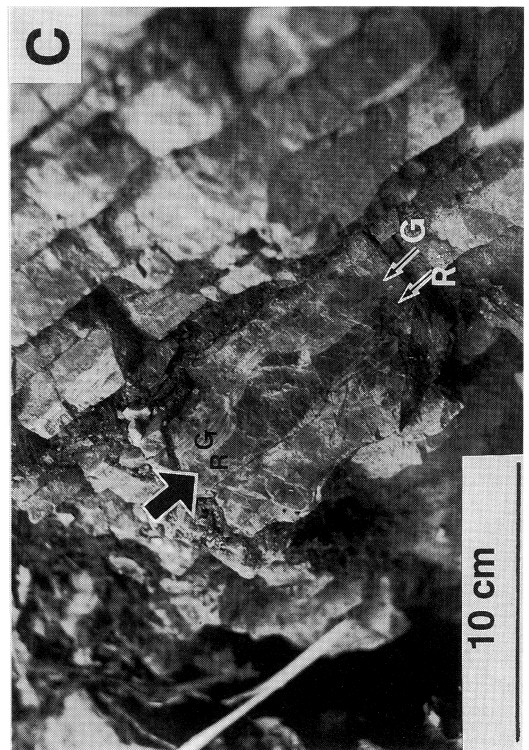
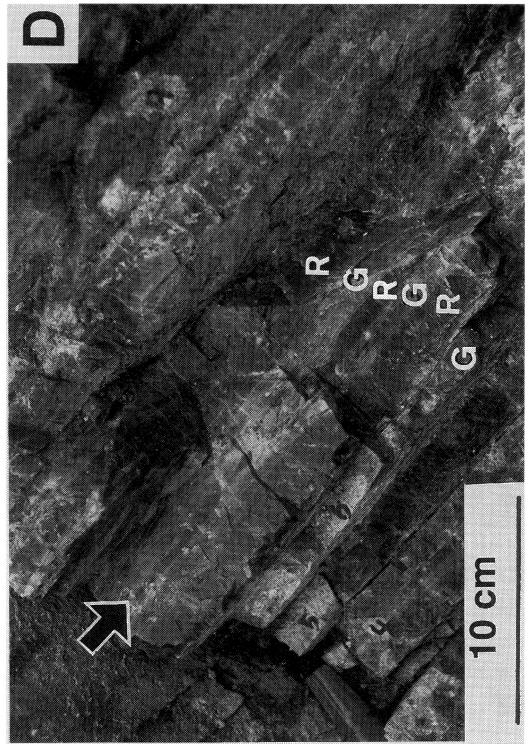
## 第 II 図版

- A：赤—青縞状チャートの研磨試料。（A）藤倉山北西チャートの④の試料である。青緑色部（G）と暗赤色部（R）とが単層内で数回繰り返す。写真右下方では赤色部の色が薄くなっている。
- B：A の顕微鏡写真。上半分が青緑色部分，下半分が暗赤色部分である。○中に見られる葉理が両者の境界にあたる。暗赤色部には放散虫化石の痕跡と思われるカルセドニーで充填された円形の構造が見られる。
- C：A の顕微鏡写真。クロスニコル。写真の範囲は A 中に□で示した部分。写真中の黒枠は B の範囲を示してある。また，B—C 間の太い矢印で示したところが対応し，赤色部と青緑色部の境界にあたる。

## 第 III 図版

- A：赤—青縞状チャートの研磨試料。藤倉山北西チャートの⑨の試料である。単層の上半分が青緑色（G）で下半分が暗赤色（R）である。境界部と青緑色部分には白色の細かい葉理が発達する（矢印）。
- B：A の顕微鏡写真。上半分が青緑色部分，下半分が暗赤色部分である。○中に見られる葉理が両者の境界にあたる。暗赤色部には放散虫化石の痕跡と思われるカルセドニーで充填された円形の構造が見られる。
- C：A の顕微鏡写真。クロスニコル。写真の範囲は A 中に□で示した部分。写真中の黒枠は B の範囲を示してある。また，B—C 間の太い矢印で示したところが対応し，赤色と青色の境界にあたる。





第II図版

