

北部北上山地古・中生層中のチャートの主成分及び微量成分

吉井守正* 後藤隼次** 片田正人***

Morimasa YOSHII, Hayaji GOTO, and Masato KATADA (1997) Major and trace elements of the Paleozoic-Mesozoic chert in the North Kitakami Mountains, Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 48(10), p. 567-584, 3 figs., 3 tables.

Abstract: The Kitakami Mountains are divided into two parts: the North Kitakami Mountains and the South Kitakami Mountains. Late Paleozoic-Mesozoic chert occurs abundantly in the North Kitakami Mountains, the Outer Zone of the Northeast Japan. The authors classified these siliceous sedimentary rocks first on the basis of naked-eye observations into four kinds: light-colored chert, dark-colored chert, red chert, and siliceous mudstone. Then they further classified the cherts into chloritic chert, felsic tuffaceous chert, and calcareous chert, in case the crystals of chlorite, feldspar, or calcite were observed in thin section, respectively.

In total, 138 samples of the chert and siliceous mudstone collected in the area were chemically analysed by ICP and atomic absorption methods for the following oxides and elements: Al_2O_3 , TiO_2 , total Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Zn , Pb , Cu , Ni , Co , Cr , V , Li , and Ba . The average Al_2O_3 content of the samples increases in the following order: calcareous chert < light-colored chert < dark-colored chert < red chert < chloritic chert < siliceous mudstone < felsic tuffaceous chert. The average ratio of $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3+MgO)$ in the light-colored chert, dark-colored chert, and red chert is nearly the same as that in the mafic volcanic rocks, and lower (around 70%) than that in the mudstones from the same area. The average ratio of MnO/Fe_2O_3 in the cherts is about six times as much as the mudstone. Materials contained in the cherts, except SiO_2 , may possibly be mafic volcanics rather than normal clastic sediments. Among the cherts in the area, chloritic chert might have especially close genetic relations to mafic volcanics, and red chert to manganese deposits. Felsic tuffaceous chert should be felsic tuff itself.

要 旨

北部北上山地の北部北上帯・岩泉帯及び田老帯で採取したチャート及び珪質泥岩の試料138個について、ICP法及び原子吸光法による主成分及び微量成分の分析を行った。試料は、まず野外観察によって淡色・濃色・赤色の各チャート及び珪質泥岩に分類し、さらに鏡下観察による特徴の見られるものは緑泥石質・珪長質凝灰質及び石灰質の各チャートとして分類した。化学分析の結果、 Al_2O_3 の平均値は石灰質チャート・淡色チャート・濃色チャート・赤色チャート・緑泥石質チャート・珪質泥岩・珪長質凝灰質チャートの順に増加する。淡色・濃色及び赤色の各チャートの $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3+MgO)$ 比平均値は苦鉄質火山岩とほぼ同じで泥岩の約70%の値を示し、 MnO/Fe_2O_3 比平均値は逆に泥岩の約6倍になる。チ

ャートの中で、緑泥石質チャートは苦鉄質火山岩と、また赤色チャートはマンガン鉱床と、それぞれとくに密接な成因的關係をもつと推察する。また珪長質凝灰質チャートは、珪長質凝灰岩そのものとみられる。

1. はじめに

北上山地は、東北日本外帯の岩手県を主体として、青森県南部から宮城県北部にわたる南北約220km東西約80kmのほぼ長円形をしている。この地域は、第二次世界大戦後の研究で、著しい岩相の相違に基づいて北部北上山地及び南部北上山地に分けられた。それ以来、この名称は地質構造区分として慣習的に用いられており、構造帯で区切られた岩相・地質構成の違いによる地質区分である。

南部北上山地は、主として古生代から白亜紀までの地層から成り、石灰岩に富み、チャートは極めてまれである。化石が多産するので層序関係は明瞭で、これまでに

*資源エネルギー地質部 (Mineral and Fuel Resources Department, GSJ)

**相模原市横山3-9-13 (9-13, 3-chome, Yokoyama, Sagami-hara, 229 Japan)

***川崎市高津区下作延2084 (2084, Shimo-Sakunobe, Takatsu-ku, Kawasaki, 213 Japan)

Keywords: chert, geochemistry, Iwaizumi Belt, major element, Mesozoic, North Kitakami Mountains, Northeast Japan, Permian, Taro Belt, trace element, Triassic

も多数の研究がなされてきた。

これに対して北部北上山地は、概略的にはチャート・泥岩・砂岩・石灰岩及び苦鉄質火山岩とその火砕岩から成る。ただし田老帯(後述)では、大部分の火山岩がデイサイト及び安山岩から成る。時代を示す化石は、おもにコノドントなどで、まれに挟まれる石灰岩小岩体からは、紡錘虫が発見されることもある。

北部北上山地の地質に関する現在までのおもな総括的又は地域的研究を列挙すると、小貫(1956, 1969), 杉本(1969, 1974a, b), 吉井・吉田(1974), 吉田(1975), 小貫ほか(1981), 箕浦(1983), 吉田ほか(1987), 大上・永広(1988)などがある。

北上山地に分布する堆積岩の地球化学的研究は、片田ほか(1982)による南部北上山地の礫岩・砂岩・泥岩の微量元素について、また吉井ほか(1990)による北部北上山地の砂岩・泥岩の主成分及び微量成分がある。

筆者らは、北部北上山地の北東端に近い岩手県九戸郡軽米町・大野村及び山形村(5万分の1地質図幅「陸中大野」図幅地域)を中心とする地域の地質及び層状マンガニ床に関する一連の研究を行い(Yoshii, 1978; 吉井・吉田, 1974; 吉田ほか, 1987など), その過程で北上山地のかなり広範な地点から多数のチャート試料を採取した。

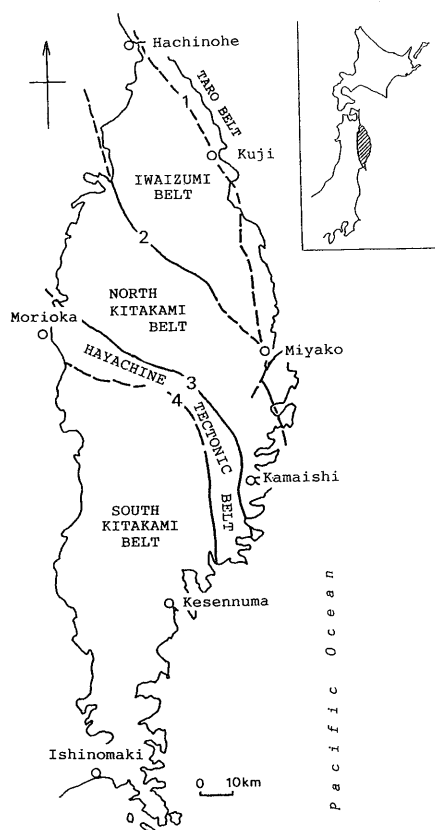
チャートの地球化学的研究は、供給源物質や熱水活動など成因論に関してSteinberg and Marin (1978), Hein *et al.* (1981), Barrett (1981), Hein *et al.* (1983), Cressman (1962), Audley-Charles (1965)など従来から多数があり、これらは松本(1982)などにもまとめられている。我が国のほかの地域に関しては、例えば美濃帯の三疊紀層状チャートについてSugisaki *et al.* (1982)や山本(1983)などによる研究がある。北部北上山地のチャートの微量成分に関する予察的研究は、吉井・東野(1985)及び吉井(1987)によって行われた。

このたび筆者らは、北部北上山地のチャートを肉眼鑑定と鏡下観察をもとに分類し、それらの主成分及び微量成分の化学分析を行い、その結果をもとに北部北上山地に産出するチャートの化学組成の特徴をさぐる記載学的研究に重点を置くことにした。

2. 地質概説

北上山地を北部北上山地と南部北上山地に2分する場合、早池峰構造帯がそのどちらに属するのか、又は独立の帯なのかについては、この構造帯からの化石発見が相次いでおり、再検討が進められている。そこで本論では、チャートが多産する地域という意味合いで、早池峰構造帯北縁の横沢断層以北の地域を北部北上山地として取り扱うことにした。

北部北上山地は、北部北上帯・岩泉帯及び田老帯に分



第1図 北上山地の地質構造区分 1. 田老断層, 2. 葛巻断層, 3. 横沢断層, 4. 小国断層. なお本論では北部北上山地の範囲を横沢断層以北の地域とした。

Fig. 1. Geotectonic division of the Kitakami Mountains. 1. Taro Fault, 2. Kuzumaki Fault, 3. Yokozawa Fault, 4. Oguni Fault. In this paper The North Kitakami Mountains are defined as being situated on the north of the Yokozawa Fault.

けられ、それらはいずれも断層関係にある(吉田, 1975)。その地質構造区分を第1図に示す。北部北上山地の区分に関しては、大上・永広(1988)がコノドントの研究をもとに、葛巻-釜石帯、安家-田野畑帯に2つに分帯した(生出ほか編, 1989)。しかしながら筆者らは、田老帯の火山岩がデイサイト及び安山岩から成ることを重視し、さらにこれまでの一連の研究と整合させるために、吉田(1975)による区分に従った。

北部北上山地の堆積物は全般的に変成作用を受けて、泥岩は粘板岩ないし千枚岩に変化している(小野・片田, 1970)。とくに地域内に点在する白亜紀深成岩体から最大2km以内では接触変成作用も受けている。このために化石の産出は乏しいが、チャート中にはコノドント及び保存不良な放散虫が見られ、その時代は二疊紀ないし三疊紀である(大上・永広, 1988)。

筆者らが多数のチャート試料を採取した陸中大野地域を中心とする岩泉帯は、おもに二疊紀からジュラ紀と推定される岩泉層群から成り、下位から木沢畑層・間木平層・沢山川層・安家層・関層及び合戦層が整合関係で

重なっている(吉田ほか, 1987)。木沢畑層はおもに泥岩から成り, チャートには比較的乏しい。沢山川層は枕状溶岩を伴う苦鉄質火山岩類を主とし, 安家層は石灰岩が卓越する。関層は一連の地層中で最もチャートに富み, 層状マンガン鉱床を多数胚胎している。合戦場層はおもに砂岩から成り, チャートには乏しい(吉田ほか, 1987; Yoshii, 1978; 吉井・吉田, 1974)。

3. チャートの分類

北部北上山地のチャートの大半は, 泥岩の薄層と互層する層状チャートである。泥岩を含まない塊状のチャートが厚さ10m以上にわたる場合もあるが, 岩質的には層状チャートと同様である。また吉田(1981, 1982)によるチャートラミナイトも早池峰構造帯との境界付近に見られるが, 分析試料が得にくかったので除外する。

北部北上山地では堆積岩の全体的な層序が必ずしも明確ではないので, この論文では地史はとくに考慮せず, もっぱらチャートの岩質に着目し, まず野外での肉眼観察によって, 珪質の堆積岩を大まかに次の4種類に分類した。

淡色チャート

濃色チャート

赤色チャート

珪質泥岩

さらにこれら試料の薄片を顕微鏡で観察した結果, 特徴が認められるものについては,

緑泥石質チャート

珪長質凝灰質チャート

石灰質チャート

として分類した。

したがって以下の記述では, これら鏡下で特徴が認められたチャートを差し引いた残りを, 淡色チャート・濃色チャート及び赤色チャートと呼ぶことにする。その分類を第1表に示す。

鏡下観察によると, 北部北上山地は全体的に変成作用を受けているため, チャート中のSiO₂鉱物はすべて石英に変化しており, オパールなどは残っていない。また種類を判定できない高屈折率で微粒な鉱物を含む例が多い。チャートの中には, 比較的大形の不透明鉱物や苦鉄質火山岩片などを含むものも見出されたが, 少数例なので除外した。

次に各チャート及び珪質泥岩の特徴を述べる。

淡色チャートは, 以下のチャートと同様に堅硬でハンマーでたたくと火花が出る。肉眼的には淡灰色・灰白色又は乳白色を呈する。

鏡下では, 主として再結晶したごく微細な石英粒から成る。

濃色チャートは, 肉眼では暗灰色ないし暗褐色を呈する。

鏡下では, 濃色チャートの区別がはっきりしない例が多い。ただし濃色のものほど種類不明の微細な有色鉱物が多いことは確かであり, また視野内での粒度のバラツキが認められる。

赤色チャートは, 肉眼では赤色ないし赤褐色を呈する。

鏡下では, 赤鉄鉱のごく微粒な赤褐色粒状結晶が一面に霧を吹いたように散在する(Yoshii, 1978)。

なお, この地域に分布するマンガン鉱床の母岩として産出する赤色チャートと鉱床と独立に分布するものとは, 外観及び化学組成に差が認められない。

第1表 北部北上山地チャートの分類

Table 1. Classification of cherts of the North Kitakami Mountains.

種 類 Classification	肉 眼 観 察 Naked-Eye Observation	顕 微 鏡 観 察 Microscopic Observation	備 考 Remarks
淡色チャート Light-colored chert	淡灰色・灰白色・乳白色 Light gray to milky gray	ごく微細な石英粒 With very fine quartz	堅硬 Hard
濃色チャート Dark-colored chert	暗灰色ないし暗褐色 Dark gray to dark brown	微細な有色鉱物を含む With very fine colored minerals	堅硬 Hard
赤色チャート Red chert	赤色ないし赤褐色 Red to reddish brown	微粒な赤鉄鉱が散在 With very fine hematite	堅硬(マンガン鉱床に伴う) Hard (accompanied by Mn deposits)
緑泥石質チャート Chloritic chert	濃色チャートとの区別困難 Similar to dark-colored chert	細粒鱗片状の緑泥石あり With fine scales of chlorite	堅硬 Hard
珪長質凝灰質チャート Felsic tuffaceous chert	淡色チャートとの区別困難 Similar to light-colored chert	自形の斜長石結晶が混在 With euhedral plagioclase	堅硬 Hard
石灰質チャート Calcareous chert	淡色チャートとの区別困難 Similar to light-colored chert	方解石を含む With calcite	堅硬 Hard
珪質泥岩 Siliceous mudstone	濃色チャートとの区別困難 Similar to dark-colored chert	チャートと泥岩の混合物で放射虫を含む Chert and mudstone with Radiolaria	やや軟弱(ハンマーで擦りきず) Less hard (scratched with hammer)

緑泥石質チャートは、肉眼的には濃色チャートに属する。

鏡下では、細粒鱗片状の緑泥石が散在している。チャート中の粘土鉱物は、通常は絹雲母であるが、この種のチャートには緑泥石が絹雲母より多量に含まれる。接触変成作用を受けたものには黒雲母やスティルブノメレンが目立つ。緑泥石の絶対量は試料によって多いものと少ないものがあり、緑泥石を多く含む場合は肉眼でも帯緑色を呈することがある。

珪長質凝灰質チャートは、肉眼では淡色チャートと区別しにくい。

鏡下では、細粒な自形の斜長石結晶が混在しており、これがこのチャートの著しい特徴である。また破片状の石英が見られることもあり、しばしば曹長石質の二次的細脈が発達する。

このチャートは、Th及びU含有量の比較的多いのも特徴的である(片田ほか, 1984)。またこのチャートが珪質泥岩と互層し、珪質泥岩に移化することもある(岩手県九戸郡田野畑村平井賀南方の田老帯)。珪質泥岩に移化したものには放散虫が認められる。

石灰質チャートは、灰色ないし灰白色で白濁しており、方解石の少ないものは、肉眼的には一般のチャートと区別しにくい。

鏡下では方解石を含む。その量は一定せず、多量に含む場合は、珪質石灰岩と呼ぶ方が適当なものもある。

このチャートは、石灰岩と数cmほどの間隔で互層するか(岩手県九戸郡山形村伊茂屋山北部の岩泉帯)、石灰岩中のレンズ状岩体として見られる(岩手県久慈市大川目西方の岩泉帯)。なお、方解石が15%を超える試料は今回の検討から除外した。

珪質泥岩は、黒色で肉眼的には濃色チャートと区別しにくい。そこで、比較的軟らかくハンマーで擦りきずのつくものを珪質泥岩として区別した。

鏡下では、放散虫を含むチャートと粘土岩ないしシルト質粘土岩、又はまれにシルト岩との混合物である。一般のチャートでは、放散虫化石の外形は鏡下で極めて見出しにくいだが、珪質泥岩の場合は明瞭である。

層状チャート中の泥岩も部分的にはこれと同じ岩質であるが、ここでいう珪質泥岩は、典型的な層状チャートとは異なり、むしろ塊状をなす場合が少ない。このような珪質泥岩は、北部北上山地の北東部ではとくに多く、全泥岩の15%以上に達するのではないかと推定される。岩質的には泥岩とチャートとの中間的なもので、部分的にはより泥岩質であるか、よりチャート質であるかの差がある。岩手県九戸郡山形村などの一帯では、淡色チャートから濃色チャート及び珪質泥岩を経て泥岩に漸移する一連の地層が認められる(吉井・吉田, 1974)。

4. 化学組成

4.1 化学分析法

筆者らは、採取したチャート試料の計138個について化学分析を行った。

分析法は、主成分のTiO₂、Al₂O₃、全Fe₂O₃(以下、単にFe₂O₃と記す)、MnO、MgO及びCaOと微量成分のZn、Pb、Cu、Ni、Co、Cr、V、Li及びBaはシーケンシャル高周波プラズマ発光法(ICP)で分析し、主成分のNa₂O及びK₂Oは原子吸光法による。

岩石試料の調整は、まずジョークラッシュャで径5mm程度にまで粉碎した後に石川式電動乳鉢で100メッシュ(0.149mm)前後の粉末にした。

分析用粉末試料の採取は、主成分で0.2g、微量成分では1gである。

試料の分解方法は、ICP法も原子吸光法も同様である。まず試料を少量の水で湿したテフロンビーカー(50mL)に計り取り、硝酸5mL、過塩素酸3mL、フッ化水素酸8mLを加えたのち攪拌し、テフロン皿で蓋をして一夜放置する。その後この蓋をとり、砂皿上で250°C以下を保ちながら加熱分解し、過塩素酸の白煙がなくなったのち、なお約30分間加熱し続けて乾固させる。砂皿から下ろして冷却し、HCl(1+1)を5mL加えて水で洗浄し、時計皿で蓋をして鉄板上で加熱して残留物を溶解する。溶解後に冷却し、水を用いてメスフラスコ(ICP法では50mL、原子吸光法では25mL)に移し、定容にして測定試料とした。

原子吸光法で定量分析に用いた燃焼ガスは、一般には空気-アセチレンで、またCrとVに対してはアセチレン-亜酸化窒素を使用した。なお、同一試料を原子吸光法とICP法で主成分及び微量成分を分析して値をクロスチェックした。ほかの妨害元素の影響が無視できない場合は、計算処理に際してその成分について「値なし」として扱った。

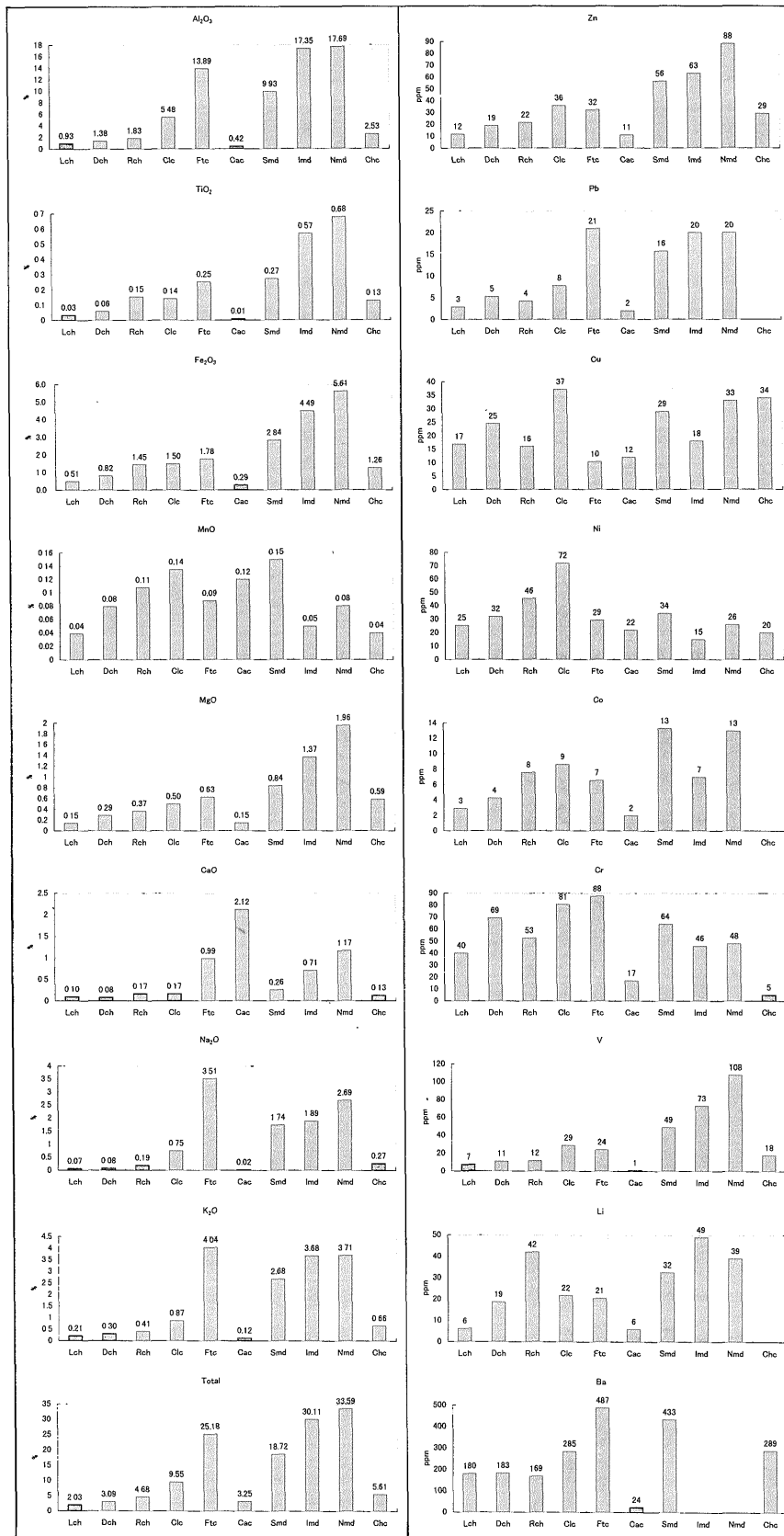
4.2 平均化学組成の比較

採取試料の化学分析値を付録1に掲げる。チャートの化学組成は各帯ごとに差があるようにも見えるが、必ずしも系統的なものではなく、また筆者らが採取したチャート試料の大半が岩泉帯のものであるから、各帯を一括して取り扱った。

また岩泉帯の各層ごとのチャートの化学組成にも差が認められなかったため、これもひとまとめにしてチャートの岩質別の平均値を算出した。これを第2表に示す。比較のために、北部北上帯及び岩泉帯の泥岩(吉井ほか, 1990)、秩父帯のチャート(Matsumoto and Iijima, 1983)及び岩泉帯の苦鉄質火成岩類の値も併記した。

各成分の標準偏差が一般に大きく、試料ごとに値のバラツキのあることを示すが、大局的な傾向は把握できる

北部北上山地古・中生層中のチャートの主成分及び微量元素 (吉井 ほか)



第2図 北部北上山地チャート及び関係岩類の平均化学組成の比較 Lch淡色チャート, Dch濃色チャート, Rch赤色チャート, Clc緑泥石質チャート, Ftc珪長質凝灰質チャート, Cac石灰質チャート, Smd珪質泥岩, Imd岩泉帯泥岩 (吉井ほか, 1990), Nmd北部北上帯泥岩 (同), Chc秩父帯チャート (Matsumoto and Iijima, 1983)
 Fig. 2. Comparison of average chemical composition of cherts in the North Kitakami Mountains and related rocks. Lch, light-colored chert; Dch, dark-colored chert; Rch, red chert; Clc, chloritic chert; Ftc, felsic tuffaceous chert; Cac, calcareous chert; Smd, siliceous mudstone; Imd, mudstone of Iwaizumi Belt (Yoshii *et al.*, 1990); Nmd, mudstone of the North Kitakami Belt (do.); Chc, chert in the Chichibu Belt Central Japan (Matsumoto and Iijima, 1983).

第2表 北部北上山地チャート及び関係岩石の平均化学組成

Table 2. Average chemical composition of cherts and related rocks in the North Kitakami Mountains.

Component	淡色チャート Light-Colored Chert			濃色チャート Dark-Colored Chert			赤色チャート Red Chert			緑泥石質チャート Chloritic Chert			珪長質凝灰質チャート Felsic Tuff. Chert			石灰質チャート Calc. Chert		
	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave	Std	N
Al ₂ O ₃	0.93%	0.65%	24	1.38	0.85	23	1.83	1.45	7	5.48	2.11	6	13.89	1.24	5	0.42		1
TiO ₂	0.03	0.03	24	0.06	0.06	23	0.15	0.18	7	0.14	0.06	6	0.25	0.12	5	0.01		1
Fe ₂ O ₃ *1	0.51	0.40	35	0.82	0.68	24	1.45	0.97	13	1.50	0.33	10	1.78	0.65	5	0.29		1
MnO	0.04	0.06	35	0.08	0.14	24	0.11	0.11	13	0.14	0.10	10	0.09	0.07	5	0.12		1
MgO	0.15	0.14	24	0.29	0.24	23	0.37	0.36	7	0.50	0.19	6	0.63	0.27	5	0.15		1
CaO	0.10	0.30	24	0.08	0.09	23	0.17	0.24	7	0.17	0.07	6	0.99	0.42	5	2.12		1
Na ₂ O	0.07	0.12	35	0.08	0.11	24	0.19	0.35	13	0.75	0.85	10	3.51	1.76	5	0.02		1
K ₂ O	0.21	0.18	34	0.30	0.22	24	0.41	0.35	13	0.87	0.46	10	4.04	2.92	3	0.12		1
Total	2.03			3.09			4.68			9.55			25.18			3.25		
Zn	12 ppm	9 ppm	40	19	13	28	22	15	13	36	28	11	32	12	5	11		1
Pb	3	3	24	5	4	13	4	2	10	8	5	10	21	1	2	2		1
Cu	17	12	40	25	18	28	16	12	13	37	21	11	10	3	5	12		1
Ni	25	16	40	32	18	28	46	35	13	72	55	11	29	14	5	22		1
Co	3	3	40	4	4	28	8	4	13	9	6	11	7	3	5	2		1
Cr	40	33	29	69	41	27	53	13	7	81	40	7	88	49	5	17		1
V	7	6	29	11	11	27	12	6	7	29	27	7	24	13	5	1		1
Li	6	5	29	19	13	17	42	74	10	22	11	10	21	19	2	6		1
Ba	180	357	24	183	345	21	169	127	7	285	161	6	487	274	5	24		1
Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	0.55			0.59			0.79			0.27			0.13			0.69		
Al/(Al+Fe+Mg)*2	0.59			0.56			0.50			0.73			0.85			0.49		
MnO/Al ₂ O ₃	0.042			0.057			0.059			0.025			0.006			0.286		
MnO/Fe ₂ O ₃	0.077			0.097			0.074			0.090			0.050			0.414		
MgO/Fe ₂ O ₃	0.29			0.35			0.26			0.33			0.35			0.52		

Ave, average; Std, standard deviation; N, number of samples

*1 total Fe₂O₃, *2 Al₂O₃/(Al₂O₃ + total Fe₂O₃ + MgO)

と考えて、以下、各成分の平均値をもとに議論を進める。

化学分析値の平均値を各チャートについて比較したものを第2図に示す。まず目につくのは、Al₂O₃、TiO₂、Fe₂O₃、MgOなどほぼすべての主成分が、淡色・濃色・赤色・緑泥石質・珪長質凝灰質の各チャート、珪質泥岩及び泥岩の順に増加し、微量元素のZn及びVも同じ傾向を示すことである。また、チャートにはMnOが泥岩以上に含まれており、Cu、Ni及びCrについても同様で、これらは泥岩よりもチャートに濃集している。

以下、とくに鏡下で特徴の認められたチャートについて、岩質と化学組成との関係を記す。

緑泥石質チャートは、Al₂O₃、Fe₂O₃、MnO、MgO、Na₂O、K₂O、Zn、Ni、Co、及びVと、ほぼすべての成分の濃度が、淡色・濃色及び赤色チャートを上回り、鏡下で多量の緑泥石が認められることを裏付けている。全体的には、濃色チャートと珪質泥岩との中間の組成を示す。

珪長質凝灰質チャートは、Al₂O₃、TiO₂、Fe₂O₃、MgO、Na₂O、K₂O、Pb、Cr及びBaの量が各チャートよりも多い。とくにAl₂O₃、Na₂O、K₂O及びBaが突出し、化学組成的にはむしろ泥岩に近い。これはこのチャートが斜長石を含むことと、鏡下では判定できなかったが、カリ長石又はその風化で生じた粘土鉱物も存在するためであろう。

石灰質チャートは、当然CaOに富むが同時にMnOにも富むのが特徴的である。それ以外の成分は、おおむね淡色チャートに似た値を示す。

参考のために、これらのチャートを秩父帯のチャート(Matsumoto and Iijima, 1983)と比較してみる。秩父帯のチャート31試料の各成分の平均値は、北部北上山地のチャートに比べてCrが少ないほかは、おおむね各成分とも濃色チャートに近い値を示す(第2図、第2表)。

4.3 化学成分間の相関

第2図で比べてみると、Al₂O₃の量は淡色・濃色及び赤色の各チャートの順に徐々に多くなり、珪質泥岩及び泥岩では急増する。そこで、この変化はチャートの主たる構成成分であるSiO₂に泥質物質に特徴的なAl₂O₃が加わったためと仮定して、Al₂O₃对各成分の相関図を作成した。これを第3図に示す。

各成分の相関関係を調べるために、分析試料数の多い岩泉帯の淡色・濃色・赤色及び緑泥石質の各チャート及び珪質泥岩の5種について、全成分間の相関係数を算出した。これを付録2に示す。その中で絶対値が0.8以上の成分の組だけを第3表にまとめた。

なお、ここで注意しなければならないことは、相関係数を算出する前提として、関係する2つの変量が正規分布していることで、例えば値が2箇所塊りを作るように分布するデータは、見かけ上は異常に高い相関を示すが、したがって相関係数の値を判読するには相関図とよく見比べる必要がある。

まず、第3表で示される各チャート及び珪質泥岩について相関係数の絶対値が0.8以上の成分の組の数を比較

第2表 北部北上山地チャート及び関係岩石の平均化学組成 (つづき)

Table 2. Average chemical composition of cherts and related rocks in the North Kitakami Mountains (continued).

Component	珪質泥岩 Siliceous Mudstone			岩泉帯泥岩 Iwaizumi Mudstone ^{*3}			北部北上帯泥岩 N. Kitakami Mudstone ^{*3}			秩父帯チャート Chichibu Chert ^{*4}	苦鉄質火山岩 Mafic Volcanic Rock		
	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave	Std	N	Ave/N=31	Ave	Std	N
Al ₂ O ₃	9.93%	3.52%	19	17.35	2.54	16	17.69	1.43	7	2.53	14.68	3.99	9
TiO ₂	0.27	0.13	19	0.57	0.13	16	0.68	0.11	7	0.13	2.30	1.38	9
Fe ₂ O ₃ ^{*1}	2.84	1.08	19	4.49	1.19	16	5.61	5.61	7	1.26	10.92	4.58	9
MnO	0.15	0.07	19	0.05	0.02	16	0.08	0.03	7	0.04	0.13	0.06	9
MgO	0.84	0.39	19	1.37	0.28	16	1.96	0.38	9	0.59	6.13	5.23	9
CaO	0.26	0.15	19	0.71	0.71	16	1.17	0.71	7	0.13	8.00	8.76	9
Na ₂ O	1.74	1.13	19	1.89	0.79	16	2.69	1.04	9	0.27	2.92	2.81	9
K ₂ O	2.68	1.37	19	3.68	0.92	14	3.71	0.63	9	0.66	1.88	1.93	9
Total	18.72			30.11			33.59			5.61	46.96		
Zn	56 ppm	20 ppm	26	63	16	34	88	46	24	29	134	70	21
Pb	16	10	15	20	9	31	22		1		20	7	8
Cu	29	17	26	18	13	34	33	20	24	34	63	84	21
Ni	34	13	26	15	9	34	26	20	24	20	123	107	21
Co	13	7	26	7	4	34	13	7	24		52	21	21
Cr	64	33	26	46	18	34	48	22	23	5	216	164	21
V	49	31	26	73	31	34	108	31	23	18	212	77	21
Li	32	14	25	49	14	31	39	13	24		46	32	20
Ba	433	277	16							289	187	153	9
Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	0.29			0.26			0.32			0.50	0.74		
Al/(Al+Fe+Mg) ^{*2}	0.73			0.75			0.70			0.58	0.46		
MnO/Al ₂ O ₃	0.015			0.003			0.005			0.016	0.009		
MnO/Fe ₂ O ₃	0.053			0.011			0.014			0.032	0.012		
MgO/Fe ₂ O ₃	0.30			0.31			0.35			0.47	0.56		

Ave, average; Std, standard deviation; N, number of samples

*1 total Fe₂O₃, *2 Al₂O₃/(Al₂O₃ + total Fe₂O₃ + MgO), *3 Yoshii *et al.* (1990), *4 Matsumoto and Iijima (1983)

すると、淡色チャート15組、濃色チャート18組、赤色チャート36組、緑泥石質チャート17組、及び珪質泥岩8組となる。

次に、各成分間の相関係数を見ると、淡色・濃色・赤色及び緑泥石質の各チャート及び珪質泥岩のすべてでAl₂O₃対K₂Oが高い正の相関を示す。淡色・濃色及び赤色の各チャートでは同じくAl₂O₃対TiO₂, Fe₂O₃, MgO又はZnの相関が高い。以下2, 3特筆すると、

赤色チャートでは、Al₂O₃が多数の成分と高い相関を示すほかに、TiO₂対Fe₂O₃, MgO, Ca, K₂O, Zn, Pb, V又はLi, 及びV対Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, MgO, K₂O, Zn又はCu (負)の強い相関が特徴的である。またこのチャートは高い相関を示す成分の組の数が36組とチャートの中で最も多い。

緑泥石質チャートでは、Fe₂O₃対MgO, 及びAl₂O₃対K₂O, Pb又はBaの相関が高い。

珪質泥岩は、相関する成分の組み合わせがチャートに比べてかなり少ない。その中でTiO₂対Fe₂O₃, MgO又はV, 及びZn対Fe₂O₃又はMgOなどの相関が認められる。

5. 考 察

これまでに述べた北部北上山地の各種チャートの特徴について、主として化学分析値の平均値と各化学成分間

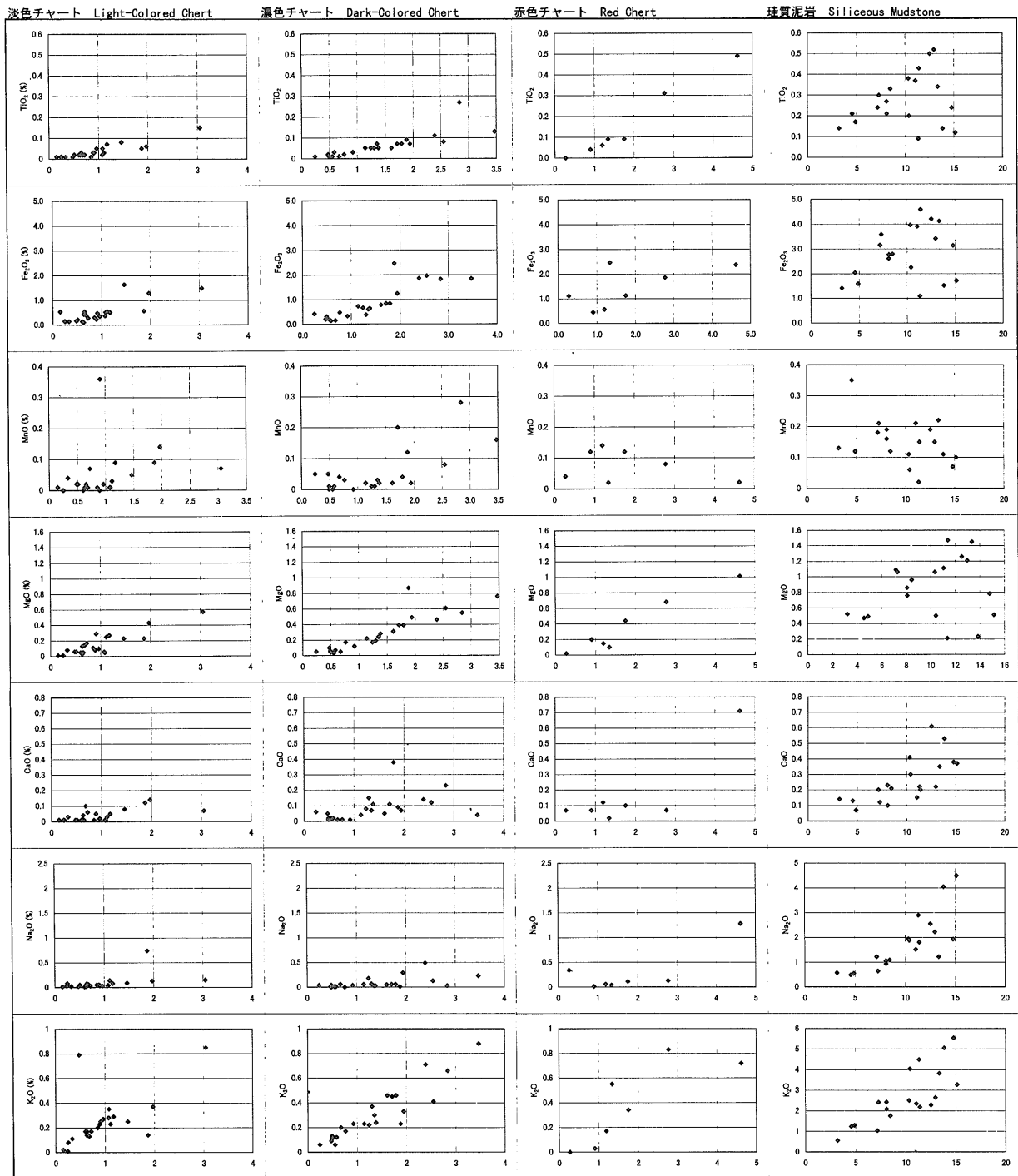
の相関関係をもとに、以下2, 3の解釈を試みる。

主成分は、Al₂O₃をはじめとする大半が、淡色・濃色及び赤色の各チャート、珪質泥岩及び泥岩の順に増加する。またチャート及び珪質泥岩でAl₂O₃対K₂Oが高い正相関を示す。その理由はSiO₂を主体とするチャートに碎屑物質が加わり泥岩に漸移するためであるかのように見える。この点について第2表に示す主成分の重量比をもとに検討を加えよう。

各チャートのAl₂O₃/(Al₂O₃+Fe₂O₃+MgO)比は、淡色チャート0.59, 濃色チャート0.56, 赤色チャート0.50, 緑泥石質チャート0.73及び珪質泥岩チャート0.85の値をそれぞれ示す。これを岩泉帯泥岩(0.75)及び北部北上帯泥岩(0.70)と比べると、淡色・濃色及び赤色の各チャートは、泥岩の約70%に過ぎず、むしろ岩泉帯の苦鉄質火成岩類(0.46)に近い比率を示す。また秩父帯チャート(0.58)も同様の値を示すので、チャートは相対的に泥岩よりも苦鉄質成分に富むと言える。

緑泥石質チャートでの上記の比(0.73)は、泥岩(0.70-0.75)と同様の値を示す。しかしこのチャートは鏡下で緑泥石が認められる。したがってFe₂O₃+MgOに対するAl₂O₃の比率が高くなる原因は、泥質物質よりはむしろ苦鉄質火成岩起源の物質によるのではないかと推察する。

濃色チャートは、緑泥石は鏡下では多量には認められない。化学成分的には淡色チャートと緑泥石質チャート



第 3 図 チャート及び珪質泥岩の Al_2O_3 (横軸) 対主成分及び微量元素の相関
 Fig. 3. Correlations between Al_2O_3 (x-axis) and major and trace elements for cherts and siliceous mudstone.

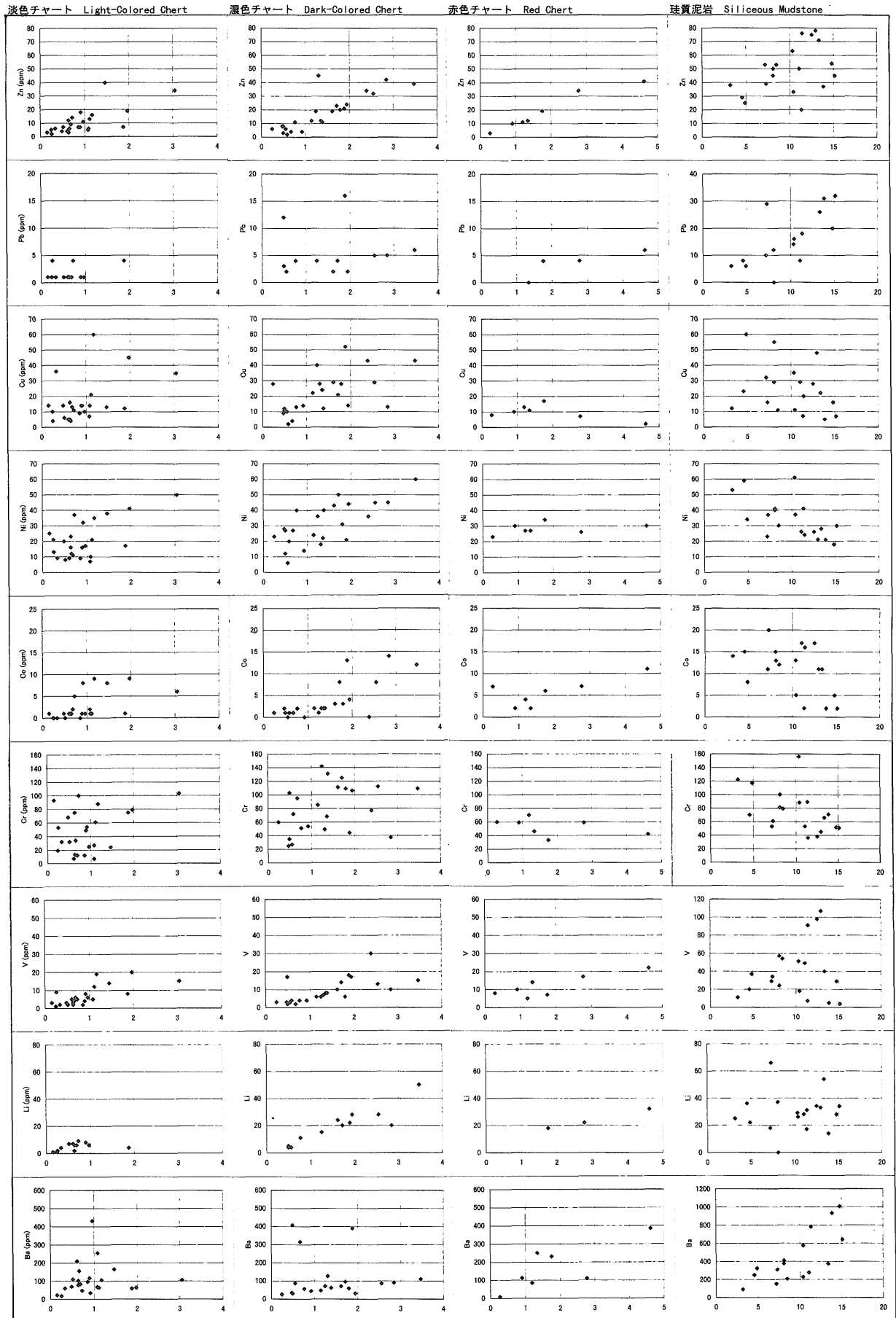
の中間型で、緑泥石質チャートとは一連とみられる。

珪長質凝灰質チャートの比 (0.85) も泥岩に近い。このチャートはほかのチャートに比べて Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 、Pb 及び Ba の量が突出しており、Cr も多い。これは斜長石及びカリ長石あるいはその風化物の粘土鉱物のようなアルミノ珪酸鉱物を多量に含むためと推定される。第 2 表に示す SiO_2 以外の主成分の合計値 (25.18%) もほかのチャートより際立って大きく、むしろ泥岩 (30.11-

33.59%) に近い。

このチャートは、肉眼的には淡色チャートとの区別が付きにくい。しかし鏡下で長石が認められることに加えて、化学組成が瀬戸川帯や四国秩父帯南帯などの地域で見られるチャートに伴う珪長質岩 (山本, 1984; 須槍・千葉, 1977) と似ている (第 2 表)。以上のことから、このチャートは珪長質凝灰岩と呼ぶべきものであると言える。

北部北上山地古・中生層中のチャートの主成分及び微量成分 (吉井 ほか)



a. 淡色チャート Light-Colored Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Zn	Cr	V	
0.92	0.87	0.92	0.89	0.81			Al ₂ O ₃
	0.90	0.93	0.92	0.90			TiO ₂
		0.90		0.84			Fe ₂ O ₃
			0.87	0.94			MgO
					0.82		Ni
						0.83	Co

b. 濃色チャート Dark-Colored Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	K ₂ O	Zn	Co	Li	Ba	
0.80	0.84		0.87	0.91	0.81	0.84	0.91		Al ₂ O ₃
		0.85				0.82			TiO ₂
			0.97			0.90			Fe ₂ O ₃
						0.89			MnO
						0.90	0.81		MgO
					0.80		0.87		K ₂ O
							0.83		Zn
								0.94	Pb

c. 赤色チャート Red Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Ni	V	Li	Ba	
0.98	0.87	0.99	0.84		0.88	0.97	0.94		0.88	1.00	0.87	Al ₂ O ₃
	0.92	0.97	0.81		0.90	0.97	0.84		0.94	0.96		TiO ₂
		0.89							0.89			Fe ₂ O ₃
					0.91	0.99	0.91		0.89	0.99	0.85	MgO
				0.96						0.95	0.86	CaO
									0.81	0.88		K ₂ O
									0.89			Zn
											0.90	Pb
								0.90	-0.85			Cu
										0.91		V

d. 緑泥石質チャート Chloritic Chert

Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Pb	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
		0.88	0.90						0.98	Al ₂ O ₃
0.85	0.80									TiO ₂
	0.87									Fe ₂ O ₃
							0.80		0.83	MnO
					0.97			0.86		MgO
			0.94						0.90	Na ₂ O
							0.86			K ₂ O
								0.95		Pb
			0.81							Cu
					0.80					Ni
								-0.80		Cr

e. 珪質泥岩 Siliceous Mudstone

Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Zn	V	Ba	
		0.86				Al ₂ O ₃
0.93	0.88			0.87		TiO ₂
	0.94		0.81			Fe ₂ O ₃
			0.83			MgO
					0.92	K ₂ O

第3表 岩泉帯チャート及び珪質泥岩の高い相関(絶対値0.8以上)を示す成分の組

Table 3. Pairs of chemical components with high correlation coefficients (absolute 0.8 or more) in cherts and siliceous mudstone of the Iwaizumi Belt.

珪質泥岩は、野外では濃色チャートと区別しにくい、上記の比 (0.73) は泥岩とほぼ同じ値を示す。また第3図で見るとおり、珪質泥岩は Al_2O_3 に対するどの成分もバラツキが極めて大きい。それを裏づけて、高い相関を示す成分の組数は濃色チャートの約半数に過ぎない (第3表)。北部北上山地の泥岩も同様の傾向にあるので (吉井ほか, 1990), 珪質泥岩は濃色チャートとの中間型、ないしは泥岩の類縁とみなされる。

岩泉帯には層状マンガン鉱床が密集し、鉱床がチャートに伴って産出する (Yoshii, 1978; 吉井・吉田, 1974; 吉田ほか, 1987)。そこで各チャートとMnOとの関係について調べてみる。第2表によると、MnO濃度の平均値は淡色 (0.04%)・濃色 (0.08%)・珪長質凝灰質 (0.09%)・赤色 (0.11%)・緑泥石質 (0.14%) の各チャート及び珪質泥岩 (0.15%) の順に増加する。淡色チャートを除く各チャート中のMnOは、泥岩 (0.05%-0.08%) を上回っている。

MnO/ Fe_2O_3 比をみると、淡色 (0.077)・濃色 (0.097)・赤色 (0.074)・緑泥石質 (0.090)・珪長質凝灰質 (0.050) の各チャート及び珪質泥岩 (0.053) は、泥岩 (0.011-0.014) の約6倍も高い値を示し、苦鉄質火成岩類 (0.012) よりも高い比率となる。これらを考え合わせると、チャートとマンガン鉱床との成因的関連性が推察される。

赤色チャートは、岩泉帯のマンガン鉱床密集地域の、とくに苦鉄質凝灰岩に富む地区に分布し、ごく微粒の赤鉄鉱を多量に含むのが特徴的である。このような産状から、このチャートはマンガン鉱床をもたらした苦鉄質火成活動と成因的な関係をもち、また酸化環境を指示すると思われる。

吉井ほか (1990) が北部北上山地で採取した砂岩・泥岩の化学分析値に対して行った相関係数の計算によると、砂岩では高い相関を示す成分の組が多く、泥岩では少ない。これはこの地域の砂岩がアーコース質で砂粒が主として鉱物結晶の集合体から成り、化学組成が比較的均質なためである。これに対して泥岩は、粘土鉱物など複雑な物質の混合物であるために、相関性が低くなると考えられる。

各チャートで成分間の相関が泥岩より高いのは、チャートの主体である SiO_2 に加わった物質が、泥質碎屑物に比べて均一な組成をもつためとみられ、恐らく苦鉄質火成岩物質であったと考える。とくに赤色チャートは、高い相関を示す成分の組数 (36組) がほかのチャート (15-18組) の約2倍もある (第3表)。これも成分の均一性を示すもので、恐らくマンガン鉱床生成に伴う熱水作用とも密接に関係していると推察する。

6. まとめ

筆者らは、北部北上山地のチャートを、野外での肉眼

観察と、室内での鏡下観察による特徴をもとにした記載学的研究によって数種に分類し、それをもとにチャートの化学組成を検討した。

その結果、各種のチャートは SiO_2 が泥質物質によって単に「希釈」されたのではなく、恐らく苦鉄質火成物質が加わったらしいことなどが明らかになった。赤色チャートがマンガン鉱床と成因的に深い関係をもつらしいことも推定された。また、従来「チャート」として一括されてきたもののうち、珪長質凝灰質チャートは、珪長質凝灰岩と呼ぶべきものであることも判明した。

今後とも野外観察や光学観察、及び各種の機器分析などを多角的に動員して、この地域のチャートの岩質ないしは成因について、さらに詳細な研究が進められることを期待する。

謝辞 北上山地の地質構造に関して、吉田尚氏 (元地質部) から有意義な助言を頂いた。ここに記して深謝の意を表す。

文 献

- Audley-Charles, M. G. (1965) Some aspects of the chemistry of siliceous sedimentary rocks from Eastern Timor. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **29**, 1175-1192.
- Barrett, T. J. (1981) Chemistry and mineralogy of Jurassic bedded chert overlying ophiolites in the North Apennines, Italy. *Chemical Geology*, **34**, 289-317.
- Cressman, E. R. (1962) Non-detrital siliceous sediments. In Fleischer, M. ed., Data of Geochemistry, U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., no. 440T, pp. 20.
- Hein, J. R., Vallier, T. L., and Allan, M. A. (1981) Chert petrology and geochemistry, Mid-Pacific Mountains and Hess Rise, Deep Sea Drilling Project Leg 62. In Thiede, J. et al., eds., *Init. Repts. DSDP*, no. 62, Washington, 711-748.
- Hein, J. R., Kuijpers, E. P., Denyer, P., and Sliney, R. E. (1983) Petrology and geochemistry of Cretaceous and Paleogene cherts from western Costa Rica. In Iijima, A., Hein, J. R., and Siever, R., eds., *Siliceous deposits in the Pacific Region, Development in Sedimentology* no. 36, Elsevier, 143-174.
- 飯島 東 (1982) 概説：珪質堆積物。月刊地球, 4, 478-484.
- 片田正人・後藤隼次・吉井守正・東野徳夫 (1982) 南

- 部北上山地の礫岩, 砂岩, 泥岩の微量元素. 岩手大学教育学部研究年報, **41**, 97-118
- 片田正人・金谷 弘・佐藤長治 (1984) 北上山地の古・中生層のトリウムとウラン (予報). 岩手大学教育学部研究年報, **44**, 13-20.
- 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, *Development in Sedimentology* no. 36, Elsevier, 175-191.
- 松本 良 (1982) 層状放散虫チャートの堆積環境と堆積機構—地球化学的アプローチ—. 月刊地球, **4**, 527-535.
- 箕浦幸治 (1983) 北上北帯の地質. 月刊地球, **5**, 480-487.
- 箕浦幸治・中谷 周 (1984) 層状放散虫チャートの起源. 化石, **35**, 17-32.
- 大上和良・永広昌之 (1988) 北部北上山地の先宮古統堆積岩類に関する研究の総括と現状. 地球科学, **42**, 187-201.
- 小野千恵子・片田正人 (1970) 北上山地の古生層泥質岩変成相の化学成分に関する 2, 3 の事実. 地質調査所月報, **21**, 301-308.
- 小貫義男 (1956) 北上山地の地質. 岩手県地質説明書II, 189p., 岩手県.
- 小貫義男 (1969) 北上山地地質誌. 東北大学地質古生物研究邦文報告, no. 69, 1-239.
- 小貫義男・北村 信・長谷弘太郎 (1981) 北上川流域地質図(20万分の1)説明書. 223p., 長谷地質調査事務所.
- Steinberg, M. and Marin, C. M. (1978) Classification geochimique des radiolarites et des sediments siliceux oceaniques, signification paleo-oceanographique. *Oceanolog. Acta*, **1**, 359-367.
- 杉本幹博 (1969) 北上外縁, 岩手県小本・田野畑地域の中生層. 東北大学地質古生物研究邦文報告, no. 70, 1-22.
- 杉本幹博 (1974a) 北上外縁地向斜地域の層位学的研究. 東北大学地質古生物研究邦文報告, no. 74, 1-48.
- 杉本幹博 (1974b) 北部北上山地の構造地質的意義. 地質学論集, no.10, 29-40.
- Sugisaki, R., Yamamoto, K., and Adachi, M. (1982) Triassic bedded cherts in central Japan are not pelagic. *Nature*, **298**, 644-647.
- 須槍和巳・千葉とき子 (1977) チャートの化学組成について—四国秩父累帯南帯及び四万十北帯のチャート—. 徳島大学教養部紀要, **10**, 59-66.
- Wedepohl, K. H. Ed. (1978) *Lithium. Handbook of geochemistry*, Springer-Verlag.
- 山本綱志 (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. 地質学雑誌, **89**, 143-162.
- 山本綱志 (1984) 静岡県西部瀬戸川帯の酸性凝灰岩及び珪質泥岩の地球化学的研究. 地質学雑誌, **90**, 479-496.
- 吉田鎮男 (1981) チャートラミナイト, 岩石学的記載と本邦地向斜における産状. 地質学雑誌, **87**, 131-141.
- 吉田鎮男 (1982) チャートラミナイトと堆積環境. 月刊地球, **4**, 536-543.
- 吉田 尚 (1975) 東北日本古・中生代地向斜の分化と発展. 地団研専報, no. 19, 103-114.
- 吉田 尚・吉井守正・片田正人・田中啓策・坂本 亨・佐藤博之 (1987) 陸中大野地域の地質(5万分の1地質図幅). 70p., 地質調査所.
- Yoshii, M. (1978) Geology and manganese deposits of the Kunohe Area, the North Kitakami Mountains, *Bull. Geol. Surv. Japan*, **29**, 289-346.
- 吉井守正 (1987) 北部北上山地マンガン密集地域の堆積岩中の微量元素(演旨). 昭和62年度科学研究費補助金(総合研究A, マンガンおよび遷移金属元素を含む鉱物の特性)研究成果報告書, p. 94.
- 吉井守正・吉田 尚 (1974) 北上山地北縁, マンガン鉱床地域の地質. 地調月報, **25**, 147-156.
- 吉井守正・東野徳夫 (1985) 岩泉帯マンガン鉱床地域に分布する層状チャートの微量元素(演旨). 三鉱学会(熊本)講演要旨集, p. 118.
- 吉井守正・片田正人・後藤隼次 (1990) 北上山地古・中生代砂岩及び泥岩の微量元素. 岩鉱, **85**, 442-454.

(受付:1997年6月10日;受理:1997年10月20日)

付録1 北部北上山地のチャート及び珪質泥岩の化学分析値 分析者 後藤隼次

Appendix 1. Chemical analyses of cherts and siliceous mudstone of the North Kitakami Mountains. Analyst: H. Goto.

淡色チャート Light-Colored Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
3-14	北部北上帯										0.00	18		13	15	2	2	5		5
14-4A	"										0.00	26		13	27	7	8	17		10
14-4B	"										0.00	27		26	42	7	9	17		19
14-24	"										0.00	28		10	21	4	5	11		8
14-17	"										0.00	8		0	3	0	0	0		2
CH3	"		1.97	0.06	1.29	0.14	0.43	0.14	0.13	0.37	4.53	19		45	41	9	79	20		64
CH4	"		1.11	0.03	0.55	0.03	0.25	0.03	0.14	0.23	2.37	13		21	21	1	61	12		64
CH7B	"		1.46	0.08	1.63	0.05	0.23	0.08	0.09	0.25	3.87	40		13	38	8	24	14		164
CH7C	"		0.65	0.03	0.54	0.02	0.05	0.01	0.08	0.14	1.52	6		4	12	1	34	4		155
CH7D	"		1.08	0.05	0.52	0.01	0.05	0.01	0.04	0.35	2.11	6		14	10	1	27	5		254
CH8	北部北上帯		0.91	0.03	0.48	0.36	0.29	1.48	0.04	0.25	3.84	18		14	32	8	54	8		34
4-53	岩泉帯	木沢畑層			0.44	0.01			0.01	0.13	0.59	8	4	22	54	2				8
5-652	"	"	0.72	0.02	0.28	0.07	0.17	0.06	0.03	0.17	1.52	14	4	11	37	5	100	5		9
5-653	"	"	0.33	0.01	0.14	0.04	0.08	0.03	0.02	0.11	0.76	6	1	36	9	0	32	2		4
6-409	"	"	0.68	0.02	0.40	0.01	0.15	0.10	0.06	0.13	1.55	9	1	13	11	2	12	6		6
6-442	"	"	1.07	0.02	0.37	0.01	0.06	0.01	0.04	0.28	1.86	5		7	7	2	7	5		67
4-42	"	間木平層			1.44	0.05			0.14	0.15	1.78	30	5	29	54	3				4
5-665	"	"			0.52	0.04			0.01	0.27	0.84	14	4	22	24	3				25
5-1422	"	"	0.15	0.01	0.53	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.75	3	1	14	25	1	93	3		1
5-1432	"	"	0.60	0.02	0.14	0.00	0.05	0.01	0.01	0.17	1.00	4	1	5	9	1	7	5		7
5-631	"	関層	0.24	0.01	0.15	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.46	5	1	10	21	0	19	1		1
5-642	"	"	0.25	0.01	0.14	0.00	0.01	0.01	0.08	0.08	0.58	2	4	4	13	0	53	9		2
6-305	"	"	0.51	0.02	0.21	0.02	0.06	0.01	0.05		0.88	7	1	6	8	0	32	2		7
6-328	"	"	0.96	0.05	0.35	0.02	0.10	0.02	0.03	0.27	1.80	11	1	10	17	1	25	6		6
6-492	"	"	0.85	0.01	0.30	0.01	0.11	0.01	0.05	0.20	1.54	7		9	9	0	12	2		96
4-144	"	"			0.48	0.01			0.02	0.15	0.66	8	4	22	62	5				3
4-441	"	"			0.58	0.01			0.01	0.12	0.72	4	3	19	44	2				2
4-471	"	"			1.08	0.02			0.01	0.24	1.35	14	4	43	64	8				7
4-476	"	"			0.14	0.01			0.01	0.12	0.28	6	4	10	8	1				1
4-516	"	"			0.40	0.01			0.01	0.13	0.55	6	1	15	40	1				4
4-521	"	関層			0.60	0.05			0.01	0.15	0.81	8	4	13	12	4				6
4-524	"	"			0.16	0.05			0.01	0.09	0.31	8	2	11	20	6				7
4-529	"	"			0.40	0.01			0.01	0.03	0.45	5	14	18	32	2				7
5-1411	"	"	0.63	0.02	0.11	0.01	0.03	0.01	0.02	0.17	1.00	3	1	5	16	1	13	2		2
6-659	"	"	1.87	0.05	0.57	0.09	0.23	0.12	0.74	0.14	3.81	7	4	12	17	1	75	8		4
CH14A	"	"	1.17	0.07	0.51	0.09	0.27	0.05	0.08	0.29	2.53	16		60	35	9	88	19		106
CH14B	"	"	3.05	0.15	1.49	0.07	0.57	0.07	0.15	0.85	6.40	34		35	50	6	103	15		106
6-90	"	合戦場層	0.89	0.03	0.23	0.00	0.08	0.05	0.05	0.23	1.56	7	1	14	16	1	49	4		8
6-93	"	"	0.63	0.02	0.43	0.01	0.13	0.04	0.05	0.14	1.45	12	1	16	23	1	75	3		6
CH12	田老帯		0.48	0.01	0.16	0.02	0.06	0.01	0.02	0.79	1.55	4		14	20	1	68	3		69

* total Fe₂O₃

北部北上山地古・中生層中のチャートの主成分及び微量成分 (吉井 ほか)

濃色チャート Dark-Colored Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
14-16A	北部北上帯										0.00	34		87	25	10	17	32	30	
14-16B	"										0.00	35		33	21	12	21	47	36	
14-18	"										0.00	20		4	17	3	1	2	8	
14-23	"										0.00	32		29	24	8	5	11	9	
CH6	"		0.24	0.01	0.42	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.93	6		28	23	1	60	3		26
CH9	"		0.92	0.03	0.32	0.00	0.12	0.01	0.04	0.23	1.67	4		14	14	0	54	4		44
6-424	岩泉帯	木沢畑層	1.88	0.09	2.46	0.12	0.87	0.09	0.01	0.23	5.75	21	16	52	21	13	44	18	22	390
5-661	"	間木平層	1.35	0.07	0.60	0.03	0.24	0.07	0.03	0.30	2.69	12		24	22	2	68	8		1607
5-414	"	関層	0.49	0.01	0.31	0.00	0.05	0.01	0.00	0.11	0.98	3	3	11	27	1	103	17	4	31
5-614	"	"	0.76	0.02	0.47	0.03	0.17	0.01	0.00	0.17	1.63	11	4	13	40	2	51	4	11	56
5-618	"	関層	1.71	0.07	0.84	0.20	0.39	0.11	0.06	0.45	3.83	23	4	21	50	8	125	14	20	96
5-632	"	"	1.61	0.05	0.78	0.02	0.31	0.05	0.05	0.46	3.33	19	2	29	43	3	111	10	24	71
5-633	"	"	3.47	0.13	1.84	0.16	0.76	0.04	0.23	0.88	7.51	39	6	43	60	12	109	15	50	110
5-634	"	"	1.94	0.07	1.24	0.02	0.49	0.07	0.29	0.33	4.45	24	2	14	44	4	106	17	28	31
5-666B	"	"	2.55	0.08	1.96	0.08	0.61	0.12	0.13	0.41	5.94	32	5	29	45	8	112	13	28	86
4-477B	"	"			0.54	0.07			0.03	0.12	0.76	5	4	32	100	4				4
6-685	"	"	2.84	0.27	1.82	0.28	0.55	0.23	0.03	0.66	6.68	42	5	13	45	14	37	10	20	90
5-666A	"	"	1.14	0.05	0.73	0.02	0.22	0.04	0.06	0.23	2.49	12		22	24	2	85	6		47
CH14C	"	"	1.79	0.07	0.84	0.04	0.39	0.38	0.06	0.46	4.03	20		28	31	3	109	6		59
CH21	"	"	0.67	0.01	0.15	0.04	0.05	0.01	0.06	0.20	1.19	4		4	27	1	95	2		316
5-466	"	合戦場層	1.24	0.05	0.66	0.01	0.17	0.08	0.18	0.22	2.61	19	4	40	36	1	142	6	15	71
6-26	"	"	0.49	0.01	0.24	0.01	0.06	0.02	0.04	0.13	1.00	8	12	12	12	1	35	2	5	408
6-29	"	"	0.55	0.01	0.18	0.00	0.03	0.02	0.01	0.06	0.86	6	2	10	6	0	27	3	4	87
6-89	"	"	1.30	0.05	0.38	0.01	0.19	0.15	0.07	0.37	2.52	45		28	18	2	49	7		126
CH11A	田老帯		2.39	0.11	1.86	0.63	0.46	0.14	0.49	0.71	6.79	34		43	36	0	77	30		
CH26A	"		0.58	0.03	0.14	0.01	0.07	0.02	0.01	0.12	0.98	2		2	20	1	72	4		
CH26B	"		1.38	0.05	0.64	0.02	0.28	0.11	0.03	0.24	2.75	11		12	40	2	131	8		62
CH27	"		0.47	0.02	0.20	0.05	0.10	0.05	0.01	0.09	0.99	8		9	28	2	25	3		35

* total Fe₂O₃

赤色チャート Red Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
CH7A	北部北上帯		1.34	0.09	2.46	0.02	0.10	0.02	0.04	0.55	4.62	12	...	11	27	2	46	14	250	250
5-523	岩泉帯	木沢畑層	1.75	0.09	1.12	0.12	0.44	0.10	0.11	0.34	4.07	19	4	17	34	6	33	7	18	231
5-625	"	関層	4.62	0.49	2.37	0.02	1.01	0.71	1.28	0.72	11.22	41	6	2	30	11	42	22	32	385
6-691	"	"	2.77	0.31	1.86	0.08	0.68	0.07	0.13	0.83	6.73	34	4	7	26	7	59	17	22	110
4-145	"	"			1.97	0.38			0.38	1.18	3.91	29	8	23	64	12				37
4-166	"	"			3.66	0.04			0.01	0.18	3.89	6	6	25	70	6				3
4-436	"	"			0.76	0.06			0.03	0.36	1.21	26	4	7	34	8				11
4-520	"	"			1.18	0.01			0.01	0.12	1.32	6	1	49	150	8				2
4-1101	"	"			0.98	0.30			0.03	0.31	1.62	36	4	23	26	12				20
4-1102	"	"			0.31	0.07			0.09	0.55	1.02	50	6	14	52	14				25
CH17A	"	関層	0.90	0.04	0.45	0.12	0.20	0.07	0.01	0.03	1.82	10		10	30	2	59	10		112
CH18	"	"	1.19	0.06	0.57	0.14	0.15	0.12	0.06	0.17	2.46	11		13	27	4	70	5		85
CH19A	"	"	0.27	0.00	1.11	0.04	0.02	0.07	0.34	0.00	1.85	3		8	23	7	60	8		9

* total Fe₂O₃

緑泥石質チャート Chloritic Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
14-2	北部北上帯										0.00	120			59	55	24	37	86	41
5-517	岩泉帯	木沢畑層	6.88	0.20	1.98	0.21	0.66	0.10	0.98	1.53	12.54	40	12	46	28	8	73	30	32	342
5-657	"	"	5.19	0.08	1.10	0.06	0.37	0.22	1.54	0.80	9.36	28	14	18	14	3	38	8	26	285
5-663	"	"	8.30	0.10	1.01	0.36	0.26	0.20	2.76	1.43	14.42	24	18	9	34	3	120	29	14	540
6-415	"	"	5.02	0.19	1.65	0.17	0.78	0.12	0.55	1.24	9.72	31	8	23	34	12	58	18	34	238
4-30	"	間木平層			1.30	0.15			0.07	0.48	2.00	20	4	54	120	6				14
4-32	"	"			1.46	0.18			0.12	0.58	2.34	32	8	65	120	12				16
4-92	"	"			1.96	0.06			0.46	0.70	3.18	29	6	52	156	10				11
4-94	"	"			1.70	0.04			0.05	0.36	2.15	21	4	55	156	6				13
CH23	"	"	5.50	0.19	1.48	0.06	0.49	0.26	0.74	1.29	10.01	25		12	27	6	100	20		262
5-616	"	関層	2.00	0.09	1.35	0.06	0.44	0.10	0.24	0.33	4.61	26	4	16	48	5	138	11	16	43

* total Fe₂O₃

珪長質凝灰質チャート Felsic Tuffaceous Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
6-318	岩泉帯	関層	13.59	0.25	2.37	0.17	0.86	1.18	1.75	6.08	26.25	49	20	11	14	7	30	25	34	584
5-636	"	"	12.60	0.09	1.01	0.04	0.19	0.28	6.43	0.69	21.33	28	22	10	53	2	160	4	7	115
5-478	"	合戦場層	15.93	0.21	1.32	0.01	0.67	1.31	3.61	5.34	28.40	16		14	29	5	67	25		868
CH13A	田老帯		13.37	0.28	1.66	0.08	0.58	0.94	3.05		19.96	31		10	23	8	76	26		406
CH13B	"		13.98	0.43	2.52	0.14	0.85	1.22	2.73		21.87	38		7	28	11	105	40		464

* total Fe₂O₃

石灰質チャート Calcareous Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
5-654	岩泉帯	木沢畑層	0.42	0.01	0.29	0.12	0.15	2.12	0.02	0.12	3.25	11	2	12	22	2	17	1	6	24

* total Fe₂O₃

珪質泥岩 Siliceous Mudstone

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
KT32A	北部北上帯		12.96	0.52	3.42	0.15	1.21	0.22	2.22	2.64	23.34	78		48	21	11	45	107		33
KT51C	"		11.41	0.43	4.59	0.15	1.47	0.20	1.81	2.18	22.24	76		20	24	16	36	91		31
KT56	"		12.52	0.50	4.21	0.19	1.26	0.61	2.55	2.28	24.12	75		28	26	17	38	98		34
11-136A	"										0.00	55		28	16	8	23	43		41
11-136B	"										0.00	59		38	21	13	32	71		44
11-151	"										0.00	72		68	33	14	33	81		29
KT60	"										0.00	95		42	41	31	35	75		30
KT17A	"										0.00	87		43	38	26	37	71		33
14-20	"										0.00	78		41	60	28	32	69		49
590390	"										0.00	85		27	33	17	46	100		53
5-529	岩泉帯	木沢畑層	8.08	0.21	2.77	0.19	0.76	0.10	0.93	2.08	15.12	50		55	41	13	100	24		410
5-651	"	"	4.87	0.17	1.59	0.12	0.49	0.07	0.55	1.29	9.15	25	6	60	34	8	117	37	22	324
5-655	"	"	3.20	0.14	1.41	0.13	0.52	0.14	0.57	0.55	6.66	38	6	12	53	14	122	11	25	90
5-656	"	"	8.07	0.27	2.61	0.16	0.86	0.23	1.06	2.42	15.68	45	12	29	40	15	81	57	37	375
5-658	"	"	15.13	0.12	1.72	0.10	0.51	0.37	4.49	3.27	25.71	45	32	7	30	2	51	4	34	642
6-421	"	"	7.28	0.30	3.58	0.21	1.06	0.12	0.64	2.41	15.60	39	29	16	37	20	61	34	66	309
5-407	"	関層	13.35	0.34	4.13	0.22	1.45	0.35	1.22	3.82	24.88	71	26	22	28	11	66	40	54	372
5-408	"	"	14.78	0.24	3.14	0.07	0.78	0.38	1.93	5.55	26.87	54	20	16	18	5	52	29	28	1008
5-621	"	"	11.33	0.09	1.09	0.02	0.21	0.22	2.90	4.49	20.35	20	18	7	41	2	89	7	17	781
5-622	"	"	10.40	0.20	2.25	0.06	0.50	0.30	1.88	4.04	19.63	33	16	11	37	5	88	18	26	574
5-635	"	関層	11.05	0.37	3.91	0.21	1.11	0.15	1.52	2.34	20.66	50	8	29	26	17	53	49	28	276
5-637	"	"	10.33	0.38	3.97	0.11	1.06	0.41	1.94	2.50	20.70	63	14	35	61	13	156	51	29	227
6-325	"	"	13.84	0.14	1.52	0.11	0.23	0.53	4.05	5.06	25.48	37	31	5	21	2	71	5	14	933
6-718	"	"	7.16	0.24	3.16	0.18	1.09	0.20	1.22	1.03	14.28	53	10	32	23	11	53	29	18	154
5-1401	"	"	4.55	0.21	2.04	0.35	0.47	0.13	0.49	1.24	9.48	29	8	23	59	15	70	20	36	250
5-561	"	"	8.45	0.33	2.80	0.12	0.96	0.21	1.09	1.75	15.71	53		11	30	12	79	54		205

* total Fe₂O₃

*以下の試料は本論から除外した Samples below are omitted in this paper.

風化チャート Weathered Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
5-619	岩泉帯	関層	1.57	0.07	0.58	0.03	0.26	0.23	0.10	0.40	3.24	17	2	12	45	2	75	19	12	143
4-446	"	"			0.56	0.01			0.01	0.21	0.79	12	2	11	26	2				4
4-511	"	"			0.36	0.01			0.01	0.05	0.43	5	6	6	2	1				1
4-515	"	"			0.80	0.01			0.02	0.19	1.02	18	2	17	12	3				3
4-525	"	"			2.00	0.01			0.01	0.15	2.17	8	8	38	82	4				19
4-480	"	"			1.21	0.01			0.02	0.24	1.48	18	32	31	14	2				14
5-468	"	合戦場層	1.95	0.08	0.46	0.05	0.34	0.24	0.15	0.65	3.92	7	7	20	18	1	49	11	13	171
4-482	"	"			0.46	0.01			0.01	0.05	0.53	4	2	16	34	2				2
4-61	"	"			0.62	0.02			0.02	0.08	0.74	6	1	32	110	4				5

* total Fe₂O₃

未区分チャート Undefined Chert

No.	地質帯	岩泉帯各層	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)*	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Total (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Li (ppm)	Ba (ppm)
12-432	北部北上帯										0.00	94		22	28	7	2	39		16
11-150B	"										0.00	50		7	24	9	42	62		26
14-21	"										0.00	29		3	23	5	7	21		7
14-5A	"										0.00	16		10	13	4	2	5		8
5-660	岩泉帯	安家層	0.69	0.03	0.38	0.04	0.14	0.03	0.03	0.20	1.54	10	1	13	41	1	111	4	6	652

* total Fe₂O₃

北部北上山地古・中生層中のチャートの主成分及び微量成分 (吉井 ほか)

付録2 岩泉帯チャート及び珪質泥岩の全分析成分の相関係数

Appendix 2. Correlation coefficients of chemical components of cherts and siliceous mudstone of the Iwaizumi Belt.

a. 淡色チャート Light-Colored Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
0.92	0.87	0.62	0.92	0.56	0.51	0.89	0.81	0.38	0.37	0.57	0.54	0.40	0.63	0.34	-0.20	Al ₂ O ₃
	0.90	0.61	0.93	0.43	0.29	0.92	0.90	0.18	0.55	0.73	0.66	0.50	0.76	0.35	-0.11	TiO ₂
		0.41	0.90	0.46	0.23	0.58	0.84	0.28	0.55	0.67	0.50	0.59	0.62	0.09	-0.18	Fe ₂ O ₃
			0.72	0.63	0.54	0.40	0.57	0.14	0.50	0.17	0.58	0.66	0.66	0.25	-0.24	MnO
				0.61	0.35	0.87	0.94	0.43	0.59	0.75	0.71	0.57	0.73	0.53	-0.21	MgO
					0.69	0.25	0.43	0.41	0.29	0.34	0.38	0.42	0.42	0.31	-0.23	CaO
						0.11	0.14	0.07	0.00	-0.05	-0.06	0.29	0.26	-0.10	-0.12	Na ₂ O
							0.71	-0.21	0.38	0.23	0.43	0.32	0.61	0.57	-0.22	K ₂ O
								0.14	0.56	0.51	0.54	0.57	0.65	0.32	-0.10	Zn
									0.21	0.32	0.26	0.55	0.70	0.15	-0.24	Pb
										0.57	0.70	0.48	0.70	0.18	-0.11	Cu
											0.59	0.82	0.62	0.02	0.02	Ni
												0.59	0.83	0.27	-0.19	Co
													0.53	0.07	-0.26	Cr
														0.13	-0.24	V
															-0.24	Li

b. 濃色チャート Dark-Colored Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
0.80	0.84	0.71	0.87	0.42	0.52	0.91	0.81	0.05	0.53	0.73	0.84	0.25	0.55	0.91	-0.11	Al ₂ O ₃
	0.70	0.85	0.66	0.50	0.16	0.75	0.72	0.08	0.24	0.50	0.82	-0.09	0.35	0.50	-0.02	TiO ₂
		0.64	0.97	0.30	0.32	0.59	0.61	0.45	0.60	0.24	0.90	0.06	0.67	0.72	-0.08	Fe ₂ O ₃
			0.64	0.35	0.02	0.67	0.55	0.18	0.18	0.39	0.89	-0.03	0.39	0.44	-0.09	MnO
				0.34	0.37	0.67	0.64	0.41	0.68	0.56	0.90	0.12	0.70	0.81	-0.06	MgO
					0.00	0.43	0.49	0.06	0.21	0.15	0.30	0.09	0.04	0.27	-0.11	CaO
						0.45	0.43	-0.22	0.24	0.25	0.16	0.55	0.34	0.68	-0.22	Na ₂ O
							0.80	-0.06	0.34	0.31	0.69	0.28	0.38	0.87	-0.11	K ₂ O
								0.06	0.38	0.12	0.64	0.04	0.36	0.83	-0.21	Zn
									0.45	-0.30	0.41	-0.43	0.09	0.04	0.94	Pb
										0.28	0.47	0.26	0.43	0.50	0.05	Cu
											0.35	0.61	0.50	0.24	-0.31	Ni
												-0.04	0.61	0.65	-0.09	Co
													0.33	0.43	-0.23	Cr
														0.53	-0.11	V
															-0.13	Li

c. 赤色チャート Red Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
0.98	0.87	-0.49	0.99	0.84	0.77	0.88	0.97	0.94	-0.60	0.32	0.76	-0.48	0.88	1.00	0.87	Al ₂ O ₃
	0.92	-0.58	0.97	0.81	0.78	0.90	0.97	0.84	-0.71	0.16	0.78	-0.37	0.94	0.96	0.77	TiO ₂
		-0.08	0.89	0.72	0.35	0.29	-0.10	0.37	0.11	0.18	0.05	-0.46	0.89	-0.10	0.65	Fe ₂ O ₃
			-0.48	-0.63	-0.11	0.46	0.24	0.44	0.11	-0.18	0.31	0.24	-0.70	0.54	-0.34	MnO
				0.77	0.71	0.91	0.99	0.91	-0.56	0.37	0.74	-0.55	0.89	0.99	0.85	MgO
					0.96	0.51	0.69	1.00	-0.67	0.24	0.76	-0.42	0.74	0.95	0.86	CaO
						0.43	0.36	0.41	-0.41	-0.20	0.34	-0.42	0.76	0.61	0.75	Na ₂ O
							0.69	0.67	-0.17	-0.08	0.59	-0.35	0.81	0.88	0.60	K ₂ O
								0.42	-0.34	-0.28	0.77	-0.45	0.89	0.76	0.77	Zn
									-0.46	-0.43	0.44	-0.17	0.76	0.68	0.90	Pb
										0.90	0.09	-0.09	-0.85	-0.54	-0.32	Cu
											0.12	-0.75	0.03	-0.52	0.67	Ni
												-0.48	0.73	0.65	0.62	Co
													-0.30	0.11	-0.75	Cr
														0.91	0.65	V
															0.74	Li

d. 緑泥石質チャート Chloritic Chert

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
0.23	-0.04	0.79	-0.17	0.33	0.79	0.88	0.18	0.90	0.13	-0.44	-0.11	-0.19	0.79	0.07	0.98	Al ₂ O ₃
	0.85	0.05	0.80	-0.15	-0.40	0.66	0.57	-0.15	0.54	-0.06	0.78	-0.24	0.51	0.79	0.04	TiO ₂
		-0.28	0.87	-0.55	-0.50	0.08	0.52	-0.41	0.53	0.38	0.64	-0.22	0.37	0.20	-0.23	Fe ₂ O ₃
			-0.15	-0.12	0.64	0.59	0.21	0.68	-0.13	-0.29	-0.01	0.18	0.80	0.14	0.83	MnO
				-0.54	-0.66	0.26	0.68	-0.51	0.65	0.08	0.97	-0.41	0.11	0.86	-0.33	MgO
					0.44	0.18	-0.60	0.76	-0.62	-0.59	-0.51	-0.11	-0.10	-0.31	0.38	CaO
						0.65	0.06	0.94	-0.63	-0.59	-0.54	0.01	0.43	0.14	0.90	Na ₂ O
							0.50	0.77	-0.45	-0.66	0.01	-0.25	0.86	0.62	0.78	K ₂ O
								0.30	0.14	-0.33	0.50	-0.47	0.37	0.67	0.02	Zn
									-0.54	-0.66	-0.37	-0.22	0.49	0.32	0.95	Pb
										0.81	0.55	-0.40	0.36	-0.29	-0.03	Cu
											0.35	0.80	0.08	-0.71	-0.40	Ni
												-0.31	0.17	0.23	-0.25	Co
													0.20	-0.80	-0.12	Cr
														0.05	0.71	V
															-0.10	Li

e. 珪質泥岩 Siliceous Mudstone

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Li	Ba	
0.03	0.19	-0.42	0.05	0.79	0.78	0.86	0.36	0.72	-0.42	-0.57	-0.60	-0.41	-0.16	-0.03	0.75	Al ₂ O ₃
	0.93	0.37	0.88	-0.01	-0.42	-0.16	0.72	-0.12	0.23	0.00	0.65	0.01	0.87	0.50	-0.45	TiO ₂
		0.36	0.94	0.06	-0.32	-0.02	0.81	0.05	0.24	-0.13	0.56	-0.14	0.71	0.54	-0.31	Fe ₂ O ₃
			0.39	-0.41	-0.53	-0.51	0.16	-0.21	0.29	0.25	0.70	-0.24	0.24	0.50	-0.54	MnO
				-0.07	-0.42	-0.20	0.83	-0.01	0.25	-0.15	0.61	-0.15	0.74	0.59	-0.48	MgO
					0.75	0.73	0.35	0.64	-0.50	-0.29	-0.59	-0.09	-0.19	-0.19	0.61	CaO
						0.66	-0.06	0.67	-0.52	-0.35	-0.77	-0.23	-0.53	-0.36	0.70	Na ₂ O
							0.05	0.66	-0.47	-0.47	-0.66	-0.30	-0.29	-0.08	0.92	K ₂ O
								0.20	0.11	-0.21	0.27	-0.08	0.52	0.34	-0.20	Zn
									-0.60	-0.42	-0.40	-0.41	-0.35	0.36	0.59	Pb
										0.16	0.35	0.38	0.42	-0.03	-0.40	Cu
											0.38	0.70	0.02	0.11	-0.48	Ni
												0.09	0.61	0.58	-0.77	Co
													0.13	-0.23	-0.32	Cr
														0.36	-0.48	V
															-0.27	Li