

平成29年度 縄文文化交流センター特別研究報告書

研究テーマ

函館市南茅部地域の遺跡から出土する玉類の分析と原産地の検討

2018年3月26日

研究代表者 岡村 聡（北海道教育大学札幌校）

研究テーマ

函館市南茅部地域の遺跡から出土する玉類の分析と原産地の検討

1. はじめに

函館市南茅部地域には多くの縄文時代の集落遺跡が存在している。竪穴建物跡の他に墓や祭祀に関わると考えられる遺構もみられ、これらに伴う遺物も多数出土している。そのうち玉類の素材についてはヒスイなど本州産とされているものがある一方、北海道内の石材を用いているものが多数存在すると考えられるが、原産地は必ずしも明らかとなっていない。本研究では、これら玉類を科学的に分析することにより、原産地を推定するとともに、物流や交換ネットワークの実態に迫ることを目的とした。

遺跡で発掘された石器石材の原産地を同定することが、先史時代の集団の移動と交換ネットワークの証拠を得る最も確実な方法のひとつと考えられ、北海道においては黒曜石の原産地分析が数多くなされている。しかし、これらの石材の石質分析は、非破壊による鑑定を前提としており、研磨や穿孔など古代人によってさまざまな加工が施されている試料の場合、肉眼鑑定に不可欠な素材の自然状態の色、形態、表面構造を残していないことが多く、鑑定を困難にしている。近年これらの問題を克服するために、放射性同位元素の励起線源を使用した蛍光 X 線分析法(藁科・東村, 1991), 電子線を励起線源としたエネルギー分散型 X 線分析法(合地, 1996), 中性子放射化分析法(佐藤ほか, 2002)が使用されるようになり、例えばヒスイ製玉類の原産地の推定に重要な手がかりを提供している。一方、これらの機器分析によって、北海道の縄文~続縄文時代の遺跡から出土する緑色の玉類は、従来、ヒスイ・蛇紋岩と同定されていたものの多くが緑泥石岩であることが分かってきた。これらは、緑泥石を主成分としクロム鉄鉱を含むことから、源岩は超塩基性岩であり、蛇紋岩化作用を受けた岩体が、何らかの熱変成作用~Al 交代作用を受けたものであることが明らかになってきた(岡村ほか, 2003, 2008)。

本研究では、道南地域の遺跡で出土した玉類について、実体顕微鏡を用いた鑑定および蛍光 X 線分析装置を用いた化学組成分析を行い、石質を同定することを目的とした。さらに緑色の玉類の石材の一つと考えられる緑泥石岩の原産地の試料採取を行い、岩石・鉱物学的に検討し、玉類との比較を行う。その結果から玉類の原産地の推定を試みた。

2. 玉類について

玉類とは、首飾りやその他の装身具を構成する各種の垂飾として用いられた、堅く美しく光沢があり、希少性のある特殊な材料を加工してつくった製品のことである。玉の材料は、当初は身近に手に入れることのできる木や土・獣牙、角、骨などであったが、次第に様々な条件を求めるようになったため、しばしば産地が限定され、これをめぐって戦争や交易

などが行われた。

玉類は、権威、儀礼、信仰などのシンボルや装身に用いられ、唯物論では生産性のない無用の長物でも、概念論としては信仰祭祀を根源として人間の美化心性、社会性を体現した文化を象徴する代表的な造形遺物である。日本では、形態や・加工法・色彩等によって分類され様々な名称がつけられているが、共通している点はひもを通してつなげるための孔があげられていることである。

北海道内で出土した最も古い玉類の形状は平玉で、時代は旧石器時代のものである。縄文時代早期には様々な形状の玉類がみられるようになる。その後、縄文時代後期には小型化するものが多くなる。材質は、はじめ緑色岩が多く使われていたが、縄文時代前期の後半にはヒスイが使われるようになる。その後、縄文時代晩期にはコハクが使われるようになり、続縄文時代には滑石が使われるようになる。この時代から緑色岩に代わってコハクが多く用いられるようになる。

3. 調査対象遺跡

本研究の対象遺跡は道南地域の遺跡であり、南茅部地域の「八木 A 遺跡」「垣ノ島遺跡」「臼尻 C 遺跡」「豊崎 O 遺跡」と函館市内の「日吉町 A 遺跡」の計 5 遺跡である。

八木 A 遺跡は、八木川の左岸にある遺跡で、縄文前期の竪穴住居跡や後期の土坑墓などが確認され、後期の土坑墓から、ヒスイ小玉が 50 点連結した装飾品などが出土している。

垣ノ島遺跡は函館市臼尻町 406-1 を所在地とし、垣ノ島 A 遺跡は噴火湾に流れる垣ノ島川左岸にある複合遺跡。平成 12 年から始まった調査によって縄文時代後期後半の集落と縄文時代早期の土坑墓群が発掘された。垣ノ島 B 遺跡は垣ノ島川右岸にある縄文時代早期の集落と土坑墓群が発掘されている。

臼尻 C 遺跡は縄文後期を示し、函館市臼尻町 600-8,600-9 を所在地とし、函館市南茅部地域の臼尻町を流れる坂東川と入久川に挟まれる標高 60~70m の海岸段丘上に位置している。

豊崎 O 遺跡は縄文中期~後期の遺跡で、函館市豊崎町 141 を所在地とし、遺跡は南茅部地域の豊崎町を流れる名無川右岸に立地する。調査区は標高約 43~47m と約 28~32m の海岸段丘上に位置する。遺跡から海岸線までの直線距離は約 150m で、名無川は東へ約 100m の豊崎トンネル北側から太平洋へと注いでいる。

日吉町 A 遺跡は縄文後期後半を示し、松倉川流域の湯の沢川の右岸に位置し、調査地点は南に下る緩斜面上にあり、標高は 50m 前後である。

4. 玉類の分析方法

玉類は肉眼および実体顕微鏡観察により、色、組織に着目して分類・鑑定した。また、化学組成を明らかにするために、蛍光 X 線分析装置 (XRF) により、全岩化学組成分析を行

った。

XRF分析で使用した装置は、北海道教育大学札幌校のパナリティカル社製MagiXである。本装置では、試料全体の広領域にX線を照射し、試料から発生する蛍光X線を検出して定量分析を行う。X線管球はエンドウィンドウ型のRh管球を用い、測定はHe環境下で行った。測定時間は1試料につき約11分である。遺物試料は、下面に一重のポリプロピレンフィルムが張られた測定用のカップの中でできるだけ動かないように固定しフタをして、さらに金属ホルダーに入れ試料室にセットし測定を行った。なお、本装置では、Na-Uの元素が定量可能であり、C、N、Oといった軽元素は検出できない。

定量分析は、パナリティカル社製のソフトウェアIQ+を用い、ファンダメンタル・パラメータ法（FP法）によって行った。FP法は、出所不明の未知試料の分析や、試料の形状・重量に関係なく前処理なしで定量することができる。

5. 分析結果

5-1 玉類の分析結果

FP定量法による全岩化学組成分析の結果を表5-1-1に示す。全岩化学組成と各試料の鉱物組成との関係を求めるために、各鉱物の理想化学式（表5-1-2）とを比較した。緑泥石と同定した試料については、Hey（1954）による緑泥石組成分類図にプロットした。

表 5-1-2 各種鉱物の理想化学式

鉱物名	理想化学式
ヒスイ (Jadeite)	$\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$
緑泥石 (Chlorite)	$(\text{Mg,Al,Fe})_{12}(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$
蛇紋石 (Serpentine)	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
滑石 (Talc)	$\text{Mg}_6(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_4$
角閃石 (Amphibole)	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (tremolite: $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=0.9\sim 1.0$, Actinolite: $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=0.5\sim 0.9$) 松原聡・宮脇律郎(2006)日本産鉱物型録より引用,
碧玉 (Jasper)	SiO_2

5-1-1 八木 A 遺跡

この遺跡では直径 6~10mm の玉類 37 試料の分析を行なった。最も多い石質がヒスイ、次いで「角閃岩」、緑泥石、碧玉であった。

まずヒスイは、以下の 19 試料からなる。

NO.1-1, NO.1-3, NO.1-4, NO.1-6, NO.1-8, NO.1-12, NO.1-16, NO.1-17, NO.1-18, NO.1-19, NO.1-21, NO.1-24, NO.1-25, NO.1-28, NO.1-30, NO.1-33, NO.1-35, NO.1-36, NO.1-37.

火災の影響で、黒色～暗灰色を呈するが、部分的に淡緑色、鮮緑色のまだら模様が見られ、白色を呈する無色鉱物を含む場合がある。全岩化学分析の結果、Si, Al, Na を主成分とし、少量の Ca を含む。

次に角閃岩としたのは以下の 15 試料である。

NO.1-2, NO.1-5, NO.1-7, NO.1-9, NO.1-10, NO.1-11, NO.1-13, NO.1-14, NO.1-20, NO.1-22, NO.1-23, NO.1-27, NO.1-29, NO.1-31, NO.1-32.

火災による影響で黒色を呈するが、一部暗緑色、無色鉱物を含み、白色～灰色の鉱物がまだら模様に見える。スピネルとみられる不透明鉱物を含むことがある。全岩化学組成から、Si, Ca, Al, Mg を主成分とし、Ca が 15% 超えるものが多い。これらの試料は、構成鉱物、組織、構造が不明であるため岩石・鉱物名を同定することが困難であるが、全岩化学組成の特徴が、日高町産の角閃岩（森下ほか，2008）と近似することから、角閃岩と呼ぶことにする。

緑泥石と同定した試料は NO.1-15 と NO.1-26 である。

火災によって黒色を呈するが、全体に均質で、不透明鉱物を含むことがある。表面には金属光沢のある不透明鉱物が認められる。Si, Mg, Fe, Al を主成分とし、Al は 15% 以上含まれる。

NO.1-34 は碧玉と同定した。火災のため黒色を呈する、全体に均質で、表面には細かい傷がある。Si を主成分とする。

5-1-2 垣ノ島遺跡

この遺跡では 3 試料のうち 2 試料 (NO.3, NO.4) の全岩化学組成分析を行い、いずれも滑石と同定した。もう 1 試料 (NO.2) は調査報告書によりヒスイと同定されている。

NO.2 のヒスイは、鮮緑色と黄色みがかかった乳白色を呈する。割れ目は乳白色～褐色を呈する。NO.3 の滑石は、全体は黄色味を帯びた茶褐色を呈し、乳白色の斑点が全体的に見られる。自形性のスピネルが多く見られ最大径 0.5mm であった。NO.4 の滑石は、茶色がかかった緑白色を呈する。透明度が高く、内部に粒状のスピネルが透けて見える。表面は傷が多く、割れ目は白味が強く、透明度は低い。

5-1-3 臼尻 C 遺跡

本遺跡で出土した NO.5 と NO.6 は，調査報告書によってヒスイと同定されている．全岩化学組成分析は行なっていない．両者とも緑白色を呈する．表面は所々赤褐色になっており，一部は鮮緑色のまだら模様が見られる．

5-1-4 豊崎 0 遺跡

この遺跡で出土した NO.7 は，緑泥石岩と同定した．透明感のある濃緑色を呈するが，一部褐色を示しやや不均質である．スピネルも確認できる．割れ目は黄色味を帯びた乳白色～褐色を呈する．Si, Mg, Fe, Al を主成分とし，Al は 17%以上含まれる．

5-1-5 日吉町 A 遺跡

この遺跡で出土した NO.8 は，調査報告書によって化学分析されており，碧玉と同定されている．緑青色を呈し，均質である．一部黄色味を帯びた乳白色を呈する．全体に透明度が高い．

6. 緑泥石岩の原産地候補試料

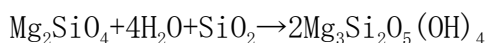
6-1 原産地候補の検討

緑泥石岩の原産地候補の検討をするにあたり，緑泥石の生成過程について述べる．

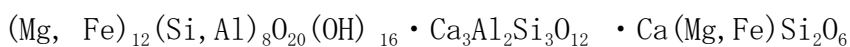
Katoh and Niida (1983) は，神居古潭帯サンゴの沢で見られる緑泥石帯について報告している．それによれば，蛇紋岩化作用の過程で生じる交代変成作用（ロジン岩化作用）により，緑泥石が形成される．

かんらん岩が蛇紋岩化する際に，周囲の岩体（ここでは粗粒閃緑岩）と交代変成作用を起こす．これはロジン岩化作用と呼ばれ，周囲の岩体と蛇紋岩の境界にはロジン岩の反応帯ができる．反応帯は大きく 2 つに分けられ，蛇紋岩帯に近い部分に緑泥石帯が形成される．この緑泥石帯は，周囲の岩体から Al や Ca，蛇紋岩体から Mg や Fe を受け取ることで緑泥石を主体とする．緑泥石の他に Ca 鉱物（Garnet や Diopside など）も見られる．緑泥石帯は，2～5 cm の範囲で観察することができる．

反応式は以下の通りである．



↓



そして，北海道では緑泥石が形成される蛇紋岩帯は神居古潭帯に特定される．また，蛇紋岩に伴うロジン岩の反応帯として緑泥石帯が出現することが確認されているのが沙流川と新冠

の岩体である。そこで玉類の原産地候補として神居古潭帯沙流川岩体を対象とした。

6-2 神居古潭帯の地質概要

神居古潭帯は、南は三石町から北は猿払村まで、北海道中央部を南北約 350km に渡って膨縮・断続しながら分布する蛇紋岩・各種高圧変成岩を含む構造体である。同位体年代測定により、100～125Ma という年代が一般化されている。分布地域は、夕張岳以南の南部地域、幌加内～富良野の中央地域、敏音知周辺の北部地域に分けられる。蛇紋岩は南から北へ多くの地域で見られ、神居古潭峡谷～美瑛地域には小岩体が多数分布している。一般に周囲の地層とは断層関係であるが、鷹泊の蛇紋岩体の一部は中新世の地層に不整合に覆われている。三石・夕張岳・敏音知などの蛇紋岩体には各種変成岩が岩塊状に含まれ、蛇紋岩メランジと見なされている。メランジの基質は葉片状・粘土状蛇紋岩からなる。沙流川・鶴川・鷹泊・幌加内・犬牛別の蛇紋岩体は、塊状の蛇紋岩からなり、岩体内部には源岩に層状構造が観察される。これらは塊状蛇紋岩体と呼ばれ、産状の違いを重視して蛇紋岩メランジと区別している（日本の地質 1 北海道地方, 1990）。本研究における緑泥石岩の原産地候補は神居古潭帯、沙流川岩体であり、北海道沙流郡平取町仁世宇川支流の日東鉱山跡である。

6-3 原産地候補試料の分析結果

採取した試料 18 個について、それらを各種分析結果に基づき 3 つのグループに分類した。それらの FP 定量結果を表 6-3-1 に示す。その結果、これらの全岩化学組成と構成鉱物とみられる理想化学式（表 5-1-2）との比較から、緑泥石岩、蛇紋岩、緑泥石・ロジン岩であると同定した。さらに緑泥石については、Hey (1954) の緑泥石分類図を用いて細分を行なった。代表的な岩石は薄片を作成し、偏光顕微鏡にて観察を行った。

7. 考察

7-1 緑泥石の玉類の原産地検討

玉類の石質と原産地候補の神居古潭帯沙流川岩体で採取した緑泥石岩試料の比較検討を行う。

緑泥石岩と同定した試料は FP 定量で分析した全岩化学組成が緑泥石の理想化学式にほぼ一致していることから、緑泥石を主体とする岩石であることがわかる。Hey (1954) の緑泥石分類図によれば、緑泥石は Si の原子数および $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比によって 11 種類に細分される。（図 7-1-1）

八木 A 遺跡の緑泥石は、talc-chlorite の組成を示す。すなわち、Si に最も富み $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比の低い緑泥石を主体としている。

豊崎 O 遺跡の緑泥石は penninite の組成を示し、 $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比が低く、Si 比は 6.1～7.4 とやや低い。

神居古潭帯沙流川岩体の試料は、1 試料を除き *dinochlore~penninite* の組成を示す。1 試料のみが *pycnochlorite* の組成を示し、 $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比が他の試料より高い。以上から、神居古潭帯では *pycnochlorite* の組成を示す緑泥石と *clinochlorite,penninite* の組成を示す 2 種類の緑泥石が産出すると考えられる。

玉類と沙流川岩体の緑泥石の全岩化学組成を比較すると、沙流川岩体の 1 試料を除き $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比の低い組成を示す。豊崎 O 遺跡の緑泥石の組成と、沙流川岩体の組成は近似しており、この玉類の原産地は神居古潭帯沙流川岩体に求められる可能性がある。

7-2 八木 A 遺跡のヒスイについて

藁科(1998)は、ヒスイの微量元素比によって、神居古潭産と新潟県糸魚川産を区別している。一方、合地(1983)は、ヒスイ輝石の鉍物分析による成分の違いによって神居古潭産と新潟県青海産を区別している。(図 7-2-1) すなわち、青海産は *Jd* の端成分に集中しているのに対し、神居古潭帯は成分のばらつきが大きい。

合地 (1983) の方法でヒスイ輝石を $Di(Ca(Mg,Fe)Si_2O_6) - Jd(NaAlSi_2O_6) - Ac(NaFeSi_2O_6)$ の三角図に示した(図 7-2-2)。八木 A 遺跡のヒスイ輝石は、青海産に比べ、組成のばらつきが大きく、神居古潭帯の組成に類似する。

8. 結論

今回検討した各遺跡から採取された玉類は、44 試料を分析した結果、ヒスイ・角閃岩・緑泥石岩・滑石・碧玉の石質が確認できた。

<緑泥石の原産地の検討>

- ・ 原産地の検討を行うために神居古潭帯沙流川岩体の日東鉍山跡にて試料採取を行った。
- ・ そこで 18 試料を採取し、緑泥石岩、蛇紋岩、緑泥石岩-ロジン岩を確認した。
- ・ 神居古潭帯の緑泥石組成は、2 種類の組成に分かれる。

<緑泥石の玉類と採取試料との比較検討>

- ・ 玉類は *Si* に富み、 $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比の低い *talc-chlorite~penninite* の組成を示す。
- ・ 神居古潭帯の採取試料も 1 試料を除き *Si* に富み、 $Fe/(Fe+Mg)$ 原子数比の低い *sheridanite~penninite* の組成を示す。
- ・ 玉類と採取試料の組成が同じ範囲にプロットされることからこれらの玉類、特に豊崎 O 遺跡は神居古潭帯に原産地を求めることが可能である。

<ヒスイの原産地の検討>

- ・ 八木 A 遺跡のヒスイについて、 $Di(Ca(Mg,Fe)Si_2O_6) - Jd(NaAlSi_2O_6) - Ac(NaFeSi_2O_6)$

の三角図で比較した結果、Jd 成分が 40%～70%の間に集中した。

- ・ 青海産のヒスイは Jd が 70%～100%の間に集中していることから、八木 A 遺跡のヒスイは青海産ではなく、神居古潭帯に原産地を求めることが可能である。

9. 今後の課題

八木 A 遺跡の玉類は、火災による損傷を受け、変色のため、石質の同定が困難である。本遺跡の緑泥石岩は、神居古潭帯の緑泥石岩に比べ、Si 原子数が高く、豊崎 O 遺跡のものとも区別される。この組成差が火災による元素移動の可能性があるため、今後は原産地候補の試料について、火災条件を考慮した加熱実験による元素組成の検討をおこなうことによつて遺物試料の同定、原産地候補の絞り込みが可能となるであろう、さらに、本遺跡のヒスイと同定した玉類も、火災による組成移動があった可能性もあり、原産地と考えられる神居古潭帯のヒスイについても加熱実験をおこなう必要がある。

参考として、神居古潭帯から採取した緑泥石岩を 1160℃、3時間加熱した結果を Hey (1954) の分類図にプロットしたところ、いずれの試料も高 Si、Fe/(Fe+Mg)比の傾向を示した (図9-1)。

(参考・引用文献)

茅原一也(1987) ヒスイの科学,新潟大理地研報,no.6,1-246

合地信生(1983) 旭川市西方の神居古潭変成岩類,岩石鉱物鉱床学会誌 78,383-393

函館市教育委員会・函館市埋蔵文化財事業団(2007) 函館市臼尻 C 遺跡

函館市教育委員会・函館市埋蔵文化財事業団(2009) 函館市臼尻小学校遺跡豊崎 C・D・F・O 遺跡

函館市教育委員会・函館市埋蔵文化財事業団(2016) 函館市日吉町 A 遺跡(2)

函館市教育委員会(2017) 史跡垣ノ島遺跡

函館市(2016) 南茅部遺跡ガイド | 八木 A 遺跡

<http://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2014031300730/>

北海道ホームページ北の縄文-遺跡紹介：八木 A・B 遺跡(2011)

http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/bns/jomon/remains_is_yagi01.htm

一般財団法人道南歴史文化振興財団(2013) 函館市豊崎 O 遺跡 (登載番号 B-01-317)

<http://dounan-rekibun.jp/detail.php?cat=research&id=15>

一般財団法人道南歴史文化振興財団(2017) 日吉町 A 遺跡 (登載番号 B-01-015)

<http://dounan-rekibun.jp/detail.php?cat=research&id=37>

森下知晃・荒井章司・田村明弘・石田義人 (2008) 北海道日高町の濃鮮緑色角閃石斑状変晶を含む角閃岩転石の岩石学. 岩石鉱物科学, 37, 1-14.

岡村 聡・加藤孝幸・寺崎靖史 (2003) 今金町美利河 1 遺跡から出土した玉類の石質と起源.

北海道考古学, 39, 77-82.

岡村 聡・菅原いよ(2012)穂別D遺跡から出土する石製品の岩石学的特徴と原産地の推定.
穂別博物館研究報告, 27, 1-6.

岡村聡・菅原いよ・加藤孝幸・加藤欣也・立田理(2008)根室市初田牛および常呂川河口遺跡から出土する玉類の石質と起源. 北海道教育大学紀要, 自然科学編, 59, 19-29.

表5-1-1(1)

	NO.1-1	NO.1-2	NO.1-3	NO.1-4	NO.1-5	NO.1-6	NO.1-7	NO.1-8	NO.1-9	NO.1-10
石質	ヒスイ	角閃岩	ヒスイ	ヒスイ	角閃岩	ヒスイ	角閃岩	ヒスイ	角閃岩	角閃岩
SiO ₂	60.7	54.4	56.61	57	55.28	54.48	53.08	57.32	51.3	48.96
TiO ₂							0.32			
Al ₂ O ₃	20.73	10.86	20.5	18.66	12.42	15.48	12.67	20.67	12	11.32
Fe ₂ O ₃	1.31	1.82	1.13	1.12	1.53	1.7	1.92	1.22	2.41	3.08
MnO										
MgO	2.38	11.9	3.25	5.2	8.21	7.58	14.19	3.1	8.44	11.87
CaO	3.05	13.76	5.34	7.39	14.11	10.13	11.28	5.37	21.24	17.3
Na ₂ O	11.13	5.73	12.41	9.3	6.47	9.03	5.39	11.92	3.63	6.4
K ₂ O	0.18	0.19	0.21	0.13	0.17		0.3		0.02	
P ₂ O ₅		0.27								
酸素数 O=	6	23	6	6	23	6	23	6	23	23
Si	2.06	7.47	1.96	1.98	7.59	1.94	7.22	1.98	7.17	6.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Al	0.83	1.76	0.84	0.76	2.01	0.65	2.03	0.84	1.98	1.88
Fe	0.04	0.21	0.03	0.03	0.18	0.05	0.22	0.04	0.28	0.36
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.12	2.44	0.17	0.27	1.68	0.40	2.88	0.16	1.76	2.50
Ca	0.11	2.02	0.20	0.28	2.08	0.39	1.64	0.20	3.18	2.62
Na	0.73	1.53	0.83	0.63	1.72	0.62	1.42	0.80	0.98	1.75
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	3.89	15.42	4.04	3.95	15.26	4.05	15.44	4.00	15.34	16.02

表5-1-1(2)

	NO.1-11	NO.1-12	NO.1-13	NO.1-14	NO.1-15	NO.1-16	NO.1-17	NO.1-18	NO.1-19	NO.1-20
	角閃岩	ヒスイ	角閃岩	角閃岩	緑泥石岩	ヒスイ	ヒスイ	ヒスイ	ヒスイ	角閃岩
SiO ₂	47.73	56.39	49.35	51.2	42.59	55.41	56.62	53.57	57.23	47.34
TiO ₂										
Al ₂ O ₃	12.96	18.76	13.55	14.47	19.00	15.57	18.7	16.87	25.02	9.61
Fe ₂ O ₃	3.3	3.05	3.47	2.27	8.36	1.56	3.35	1.88	0.67	2.09
MnO					0.16					
MgO	10.18	6.96	8.91	7.15	27.23	7.28	5.83	7.06	0.92	13.81
CaO	19.97	2.36	19.64	15.97	0.15	9.75	2.72	9.13	1.78	23.43
Na ₂ O	4.75	11.58	4.24	7.29	0.87	9.05	10.92	10.95	13.81	3.01
K ₂ O	0.15	0.22	0.48	0.04	0.18	0.07		0.13	0.08	0.15
P ₂ O ₅	0.41		0.3	0.3	0.15	0.08	0.56		0.26	
酸素数 O=	23	6	23	23	28	6	6	6	6	23
Si	6.76	1.96	6.92	7.15	7.12	1.96	1.98	1.90	1.95	6.72
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	2.16	0.77	2.24	2.38	3.74	0.65	0.77	0.70	1.01	1.61
Fe	0.39	0.09	0.41	0.27	1.17	0.05	0.10	0.06	0.02	0.25
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.15	0.36	1.86	1.49	6.79	0.38	0.30	0.37	0.05	2.92
Ca	3.03	0.09	2.95	2.39	0.03	0.37	0.10	0.35	0.07	3.56
Na	1.31	0.78	1.15	1.97	0.28	0.62	0.74	0.75	0.91	0.83
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	15.81	4.05	15.54	15.65	19.15	4.03	4.00	4.13	4.00	15.89

表5-1-1(3)

	NO.1-21	NO.1-22	NO.1-23	NO.1-24	NO.1-25	NO.1-26	NO.1-27	NO.1-28	NO.1-29	NO.1-30
	ヒスイ	角閃岩	角閃岩	ヒスイ	ヒスイ	緑泥石岩	角閃岩	ヒスイ	角閃岩	ヒスイ
SiO ₂	56.03	55.19	50	58.3	61.55	45.12	60.26	55.38	47.94	58.78
TiO ₂										
Al ₂ O ₃	21.42	14.45	12.22	24.2	23.41	15.59	15.81	17.09	11.55	23.02
Fe ₂ O ₃	1.55	2.19	3.22	1.16	0.61	6.66	1.73	1.78	3.53	0.98
MnO										
MgO	2.9	7.88	9.53	2.12		31.13	9.38	5.65	11.34	1.62
CaO	3.34	9.86	16.86	2.52	1.77	0.39	11.81	8.19	21.46	2.29
Na ₂ O	14.15	8.64	6.46	10.43	11.7			10.92	3.33	12.64
K ₂ O		0.46					0.1	0.14		
P ₂ O ₅		0.5								
酸素数 O=	6	23	23	6	6	28	23	6	23	6
Si	1.95	7.54	7.06	1.98	2.07	7.42	7.85	1.95	6.79	2.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.88	2.33	2.03	0.97	0.93	3.02	2.43	0.71	1.93	0.92
Fe	0.04	0.25	0.38	0.03	0.02	0.92	0.19	0.05	0.42	0.03
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.15	1.60	2.01	0.11	0.00	7.63	1.82	0.30	2.39	0.08
Ca	0.12	1.44	2.55	0.09	0.06	0.07	1.65	0.31	3.26	0.08
Na	0.95	2.29	1.77	0.69	0.76	0.00	0.00	0.75	0.91	0.83
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	4.09	15.45	15.81	3.88	3.85	19.07	13.94	4.07	15.70	3.95

表5-1-1(4)

	NO.1-31	NO.1-32	NO.1-33	NO.1-34	NO.1-35	NO.1-36	NO.1-37	NO.3	NO.4	NO.7
	角閃岩	角閃岩	ヒスイ	碧玉	ヒスイ	ヒスイ	ヒスイ	滑石	滑石	緑泥石岩
SiO ₂	52.47	54.21	55.98	95.98	55.88	58.31	54.91	59.73	65.6	36.66
TiO ₂										0.15
Al ₂ O ₃	10.34	13.64	19.16	2.52	14.4	20.58	14.67	2.31	1.39	17.77
Fe ₂ O ₃	2.46	1.82	1.45		1.83	0.81	2.54	6.35	5.48	4.48
MnO									0.06	0.13
MgO	9.05	7.85	3.97		7.96	2.28	10.65	28.79	26.26	40.28
CaO	19.36	10.81	5.67		5.31	3.05	4.38	0.12	0.08	0.18
Na ₂ O	5.29	9.5	13.07		13.76	14.37	10.94	0.65		
K ₂ O	0.17	0.19	0.19				0.4	0.29	0.07	0.05
P ₂ O ₅								0.81	0.46	0.06
酸素数 O=	23	23	6	2	6	6	6	22	22	28
Si	7.33	7.49	1.96	0.98	1.98	2.01	1.95	7.62	8.13	6.07
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Al	1.70	2.22	0.79	0.03	0.60	0.84	0.61	0.35	0.20	3.47
Fe	0.29	0.21	0.04	0.00	0.05	0.02	0.08	0.68	0.57	0.62
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Mg	1.88	1.62	0.21	0.00	0.42	0.12	0.56	5.47	4.85	9.95
Ca	2.90	1.60	0.21	0.00	0.20	0.11	0.17	0.02	0.01	0.03
Na	1.43	2.54	0.89	0.00	0.94	0.96	0.75	0.16	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	15.54	15.68	4.09	1.01	4.20	4.06	4.12	14.29	13.77	20.18

表6-3-1(1)

日東鉱山	1(NSU-Ser1)	2(NSU-Ser5)	3(NSU-Ser7)	4(NSU-Ch12)	5(NSU-Ch13)	6(NSU-Ser2)	7(NSU-Ser3)	8(NSU-Ser4)	9(NSU-Ser6)	10(NSU-Ser8)
石質	蛇紋岩	蛇紋岩	蛇紋岩	緑泥石岩	蛇紋岩	蛇紋岩	蛇紋岩	蛇紋岩	蛇紋岩	蛇紋岩
SiO ₂	42.78	41.758	42.807	38.828	46.44	47.03	47.93	48.31	42.44	46.14
TiO ₂										
Al ₂ O ₃	0.701	0.068	8.624	15.998	0.12	0.61	0.84	0.26	1.02	0.67
Fe ₂ O ₃	15.528	8.662	8.149	8.742	4.9	5.83	5.86	8.65	9.51	9.11
MnO	0.193	0.113	0.098	0.099	0.05	0.1	0.1	0.09	0.13	0.18
MgO	39.713	47.574	39.557	35.242	47.73	46.2	44.78	42	45.18	41.81
CaO	0.384	0.759	0.102	0.201	0.03	0.02	0.04	0.05	1.08	1.03
K ₂ O			0.02			0.03	0.03		0.02	0.14
P ₂ O ₅							0.04			
SO ₂ ppm	830	470	280	400	900	1210	1000	380	470	450
Co		350	140					180	170	
Cr	3400	1420	2840	3880	1000		1490	1670	2120	4890
Ni	2650	8360	3170	3250	5500	1800	1400	4200	3280	2640
Br	80	60								
Cl				1180					400	1310
Sr	60									
Zn				180						
Cd										10
Zr										
Cu										
V										
Y										
酸素数 O=	9	9	9	28	9	9	9	9	9	9
Si	2.43	2.32	2.32	6.58	2.67	2.51	2.55	2.60	2.34	2.52
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.05	0.00	0.55	3.19	0.03	0.04	0.05	0.02	0.07	0.04
Fe	0.66	0.36	0.33	1.11	0.57	0.26	0.26	0.39	0.44	0.42
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	3.37	3.94	3.19	8.90	3.04	3.67	3.55	3.37	3.71	3.41
Ca	0.02	0.05	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	6.54	6.68	6.41	19.83	6.31	6.48	6.42	6.39	6.63	6.46

表6-3-1(2)

日東鉱山	11(NSU-Ch1)	12(NSU-Ch4)	12(Ch14)Ch1のみ	13(NSU-Ch5)	14(NSU-SerCh1)	15(NSU-SerCh2)	16(NSU-LodSer1)	16-c(SerCh2)	16-g(SerCh2)	16-l(SerCh2)
石質	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩-ロジン岩	緑泥石岩	緑泥石岩 ロジン岩
SiO2	38.84	37.55	35.59	37.99	37.77	36.18	33	35.72	30.97	31.64
TiO2		0.15	0.13				0.65		1.09	0.94
Al2O3	12.27	14.22	15.31	14.88	15.23	16.57	12.13	15.81	14.37	10.2
Fe2O3	6.54	8.53	9.27	6.77	7.49	7.75	17.36	11.62	23.37	19.63
MnO	0.08	0.12	0.15	0.08	0.11	0.09	0.24	0.2	0.3	
MgO	41.79	37.17	37.32	39.76	38.9	38.8	23.44	35.74	17.64	16.64
CaO	0.04	1.64	1.58	0.05	0.03	0.05	12.63	0.33	11.43	20.61
K2O	0.02	0.03	0.04	0.06		0.02	0.03	0.02	0.04	
P2O5		0.05	0.23				0.225		0.5	0.14
SO2 ppm	130	750	240	220	610	140	170	360	130	190
Co	110		180	140	130	160		170		
Cr	750	1490	1210	720	1170	2070	890	2170	560	390
Ni	3210	2270	2070	2650	2670	3100	980	2880	230	
Br										
Cl		710		280			240		60	
Sr			60				30		60	
Zn				180	100		120	130		
Cd							10	10		
Zr		10	130				50		90	90
Cu							140		320	440
V							380		990	780
Y									30	20
酸素数 O=	28	28	28	28	28	28		28	28	
Si	6.50	6.38	6.09	6.36	6.34	6.15		6.10	6.14	
Ti	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
Al	2.42	2.85	3.09	2.93	3.01	3.25		3.29	3.20	
Fe	0.92	1.21	1.33	0.95	1.05	1.08		1.09	1.67	
Mn	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01		0.01	0.03	
Mg	10.43	9.41	9.52	9.92	9.73	9.72		9.75	9.16	
Ca	0.01	0.30	0.29	0.01	0.01	0.01		0.01	0.06	
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
total	20.29	20.18	20.35	20.18	20.16	20.23		20.26	20.26	

表6-3-1(3)

日東鉱山	17(NSU-LodSerChl1-1)	18(NSU-LodSerChl1-2)	18(LodSerChl1)Chlのみ	19(NSU-LodSerChl1-3)	20(NSU-LodSerChl2-1)	21(NSU-LodSerChl2-2)	22(NSU-LodSerChl2-3)	23(NSU-LodSerChl2-4)
石質	緑泥石岩-ロジン岩	緑泥石岩-ロジン岩	緑泥石岩	緑泥石岩-ロジン岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩	緑泥石岩-ロジン岩
SiO2	44.98	43.52	41.5	42.93	38.76	40.03	37.16	44.71
TiO2								
Al2O3	8.05	8.91	11.18	8.74	15.76	13.45	14.87	7.61
Fe2O3	4.97	4.91	5.2	4.78	6.2	5.45	5.63	4.9
MnO		0.07	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.1
MgO	30.79	34.78	37.76	36.03	38.21	36.81	39.69	31.71
CaO	10.85	7.34	3.62	7.05	0.23	3.56	1.46	10.54
K2O	0.02				0.05	0.03		
P2O5								
SO2 ppm	230	480	730	550	510	280	620	340
Co	150			180				150
Cr	570	1250	2320	290	1470	1650	6110	1590
Ni	2500	2630	3880	3180	410	3590	3830	2330
Br								
Cl					1150			
Sr	70	60		40		360	640	
Zn						30		70
Cd								
Zr								
Cu		320						
V								
Y								
酸素数 O=			28		28	28	28	
Si			6.95		6.47	6.71	6.26	
Ti			0.00		0.00	0.00	0.00	
Al			2.21		3.10	2.66	2.95	
Fe			0.73		0.87	0.76	0.79	
Mn			0.01		0.01	0.01	0.01	
Mg			9.42		9.50	9.19	9.97	
Ca			0.65		0.04	0.64	0.26	
Na			0.00		0.00	0.00	0.00	
Cr			0.00		0.00	0.00	0.00	
Ni			0.00					
total			19.95		19.99	19.97	20.26	

緑泥石の比較

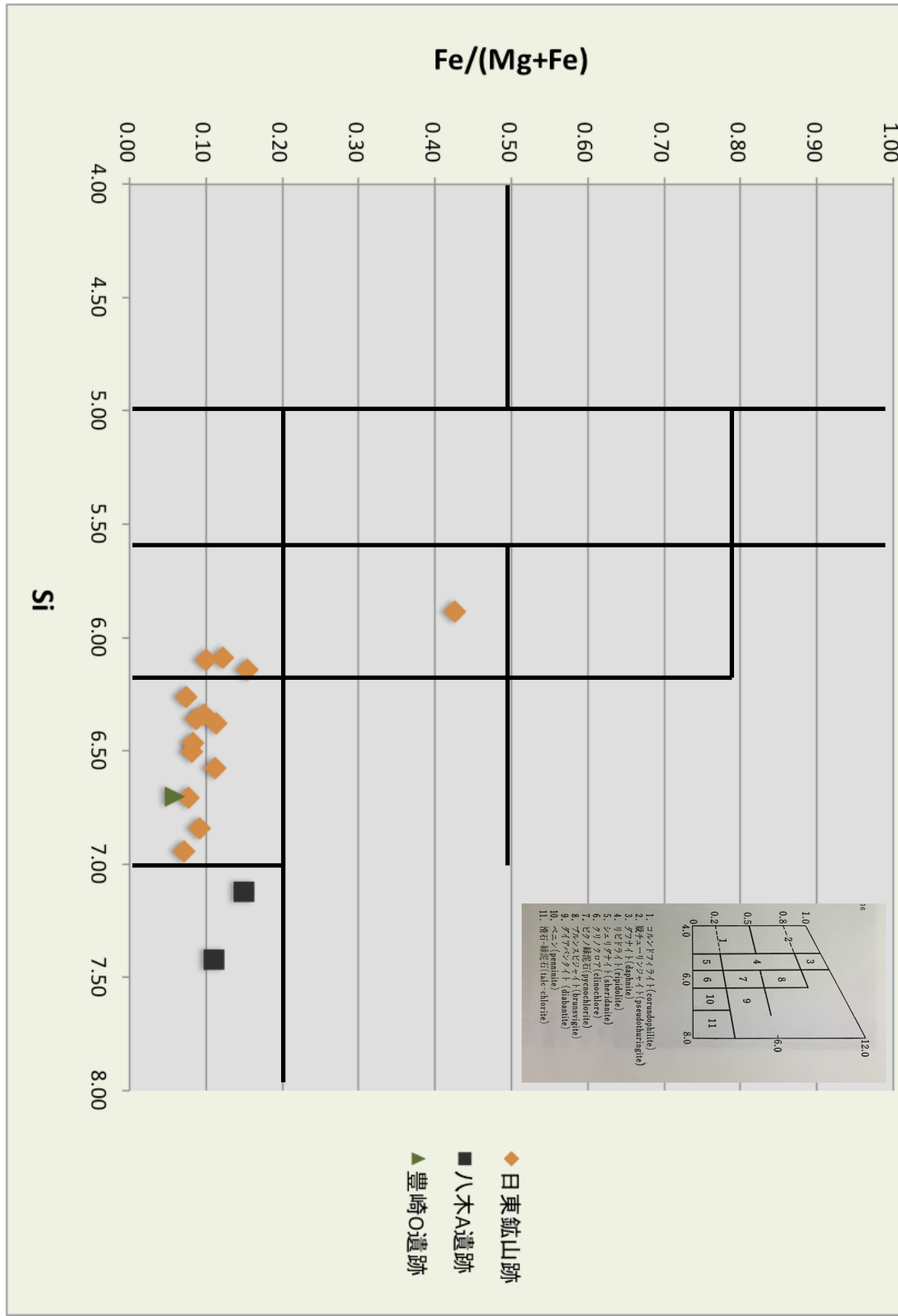
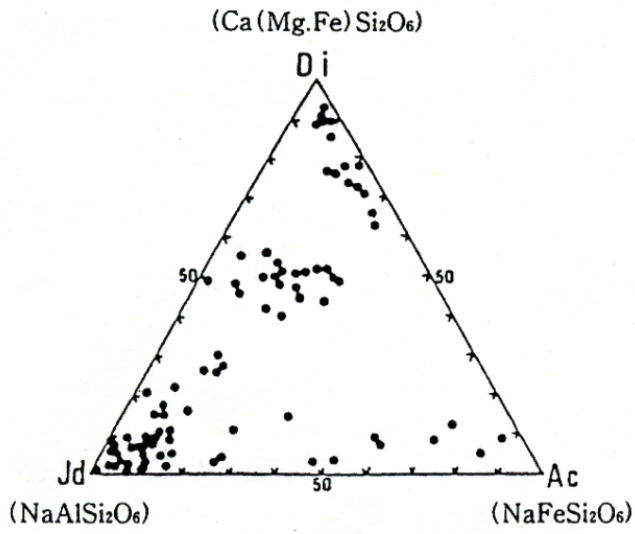
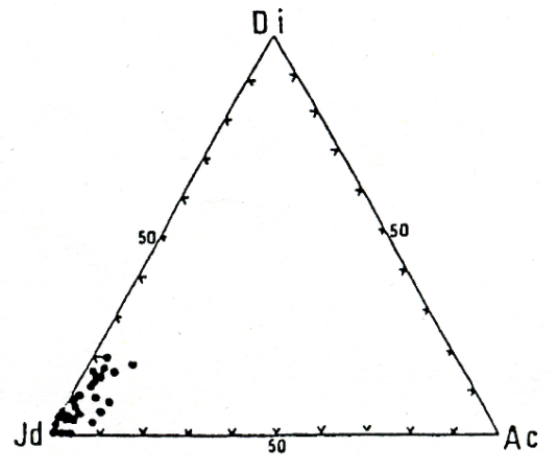


図7-1-1

神居古潭産



青海産



合地 (1983, 1996), 茅原 (1987)

図7-2-1

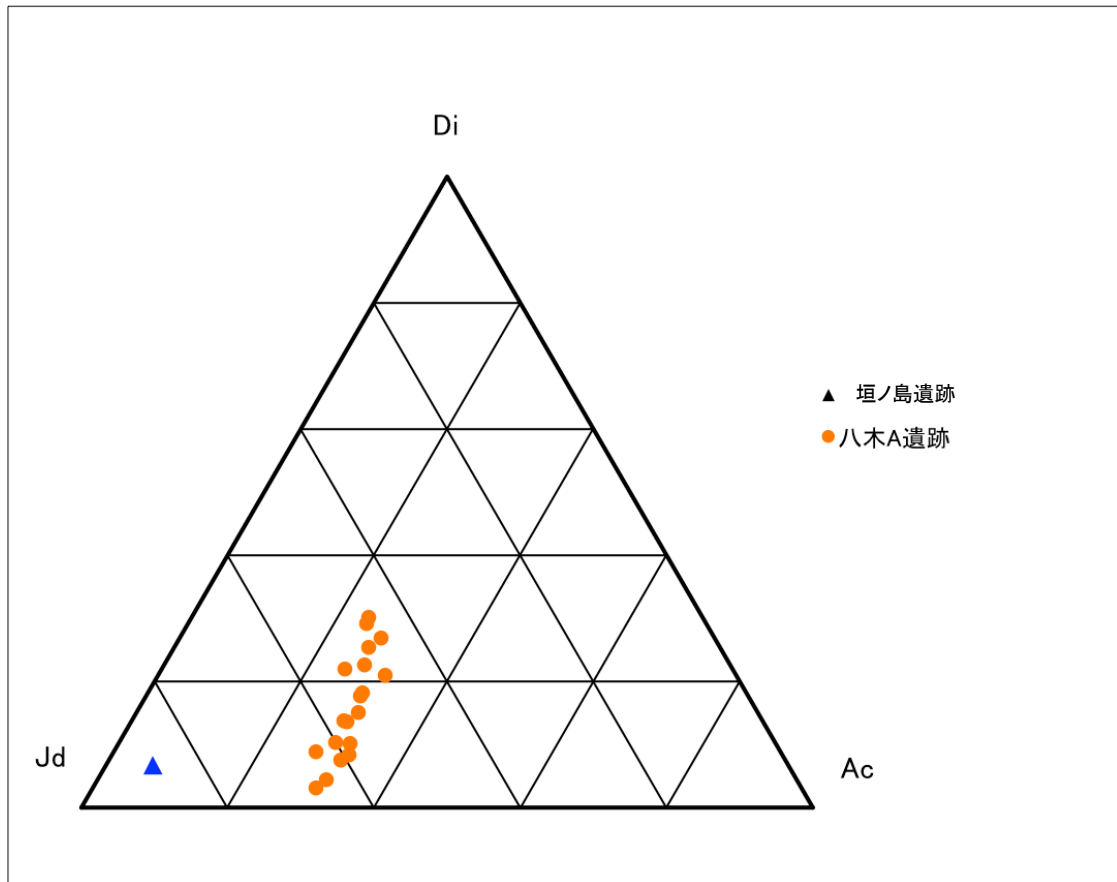


図7-2-2

緑泥石の比較

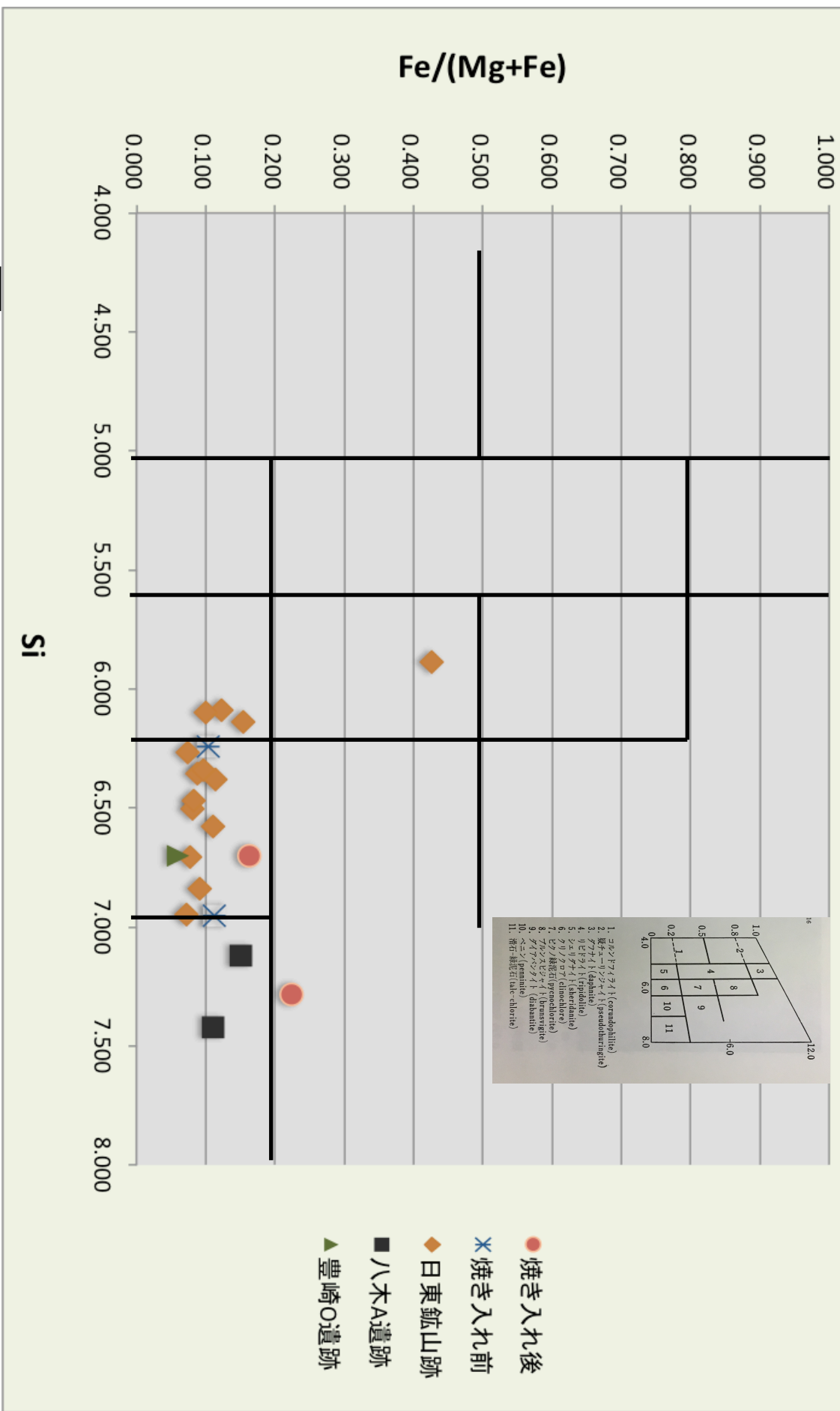


図9-1