

瀬戸川帯静岡市二王山周辺域に産する斧石, ダトー石

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-01-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平, 研介, 和田, 秀樹 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00000362">https://doi.org/10.14945/00000362</a>

## 瀬戸川帯静岡市二王山周辺域に産する斧石, ダトー石

平 研介<sup>1</sup>・和田秀樹<sup>1</sup>

### The occurrences of axinite and datolite at Mt. Nio area in the Setogawa belts, Shizuoka, central Japan

Kensuke TAIRA<sup>1</sup> and Hideki WADA<sup>1</sup>

**Abstract** The occurrence, mineralogy and stable isotopic characteristics of axinite and datolite-bearing veins in the Mt. Nio area of the Setogawa Belt in Shizuoka were described. Along three valleys of Abe River (Kuchisenmata, Setozawa and Okunosawa), cobbles and outcrops of axinite bearing veins are found along fractures in greenrocks. Four outcrops of green-rocks at the valley head of Okunosawa, axinite bearing veins about 20 cm in width and 1 m in length were observed. Epidote, pargasite, calcite and quartz were observed in the axinite and datolite bearing veins. Carbon and oxygen isotopic values of calcites coexisting with axinite and datolite showed a nearly constant value for oxygen and were highly variable for carbon. This implied that the temperature of the hydrothermal water which formed these mineral veins was constant and the source of carbon in the hydrothermal fluid probably mixed with magmatic carbon and organic derived carbon accompanying the accretional processes of the Setogawa Belt.

**Key words:** Setogawa Belt, Mt. Nio slab, axinite, datolite, subduction slab.

#### はじめに

斧石 (axinite) およびダトー石 (datolite) は、共にホウ素を含む珪酸塩鉱物で化学組成はそれぞれ、 $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn}) \text{Al}_2\text{BO}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})$ ,  $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$  のように現わすことができる。これらの鉱物は一般に石灰質岩類の接触変成帯および、熱水・気成鉱床に多く産し、また、マンガン鉱床中にも少なからず産することが知られている。斧石は、日本においても、数十箇所その産出が知られる。外国においては、斧石がペグマタイト中或いは塩基性岩類、角閃片岩中にも産する例が報告されているが、日本ではその例は無い。

静岡大学教育学部鈴木忠夫は地質調査中に、安倍川上

流静岡市入島で斧石を含む鉱物脈の入った転石を採取した(鈴木, 1958)。当時静岡大学文理学部の鮫島輝彦は、入島の西方の二王山の北東山腹高所(恐らく山頂付近で、高度 900 m 付近)に、最大 20 cm, 長さ十数 m 以上の斧石を含む鉱物脈の入った緑色岩の露頭を発見した。またその後、鮫島輝彦の指導学生であった内田俊太郎によって、二王山露頭の他にも、口仙俣の沢、渡村の沢でも斧石を含む鉱物脈の入った転石が多数発見された(鮫島, 1970)。鮫島(1970)は、採取した試料から、斧石は緑色岩中にもみあるのではないかと考えたが、その試料数、露頭数も限られていたため、産状についてはまだ不明な点が多かった。さらにその後、和田は1992年死亡した鮫島の遺稿中から、1968年頃鮫島と彼の学生の小野進

<sup>1</sup> 静岡大学理学部地球科学教室, 422-8529 静岡市大谷 836.

<sup>1</sup> Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Oya, Shizuoka, 422-8529 Japan.

E-mail: ke-taira@bs.aist-nara.ac.jp(T.K), seh-wada@ipc.shizuoka.ac.jp(H.W.)

による、斧石の共存鉱物の調査および、斧石の湿式分析法による化学分析をふくんでいる斧石に関する手記を発見し、国立化学博物館の加藤昭博士の協力を得て、この手記は1994年発行の故鮫島輝彦先生追悼記念論文集に掲載された(SAMESHIMA & ONO, 1994)。しかし、露頭の位置や産状も含め、二王山周辺の斧石の産出地点については、地図上にははっきりとは示されていない。

このように、従来の研究では鮫島と彼の門下生の2, 3の記載があるのみで、詳細な産状・鉱物学的・地球化学的な研究は不十分である。そこで、本論では二王山周辺の斧石を含む鉱物脈の産する範囲を探り、またその化学組成、共存鉱物の調査結果を報告する。そして、斧石の化学組成の他それと共存する方解石の炭素・酸素同位体組成から、これらの鉱物脈を作った熱水流体の起源の考察をする。

## 地質概説

静岡県中部の安倍川流域および瀬戸川流域には、古第三紀始新世から新第三紀中新世の地層をふくむ瀬戸川帯とよばれる付加体が存在する。この瀬戸川帯は、付加帯としてさらに古く中生代にまでさかのぼる事のできる、赤石山地を含む四万十累帯の一員であり、その中で最も東側に位置する構造区である。そして、西側は笹山構造線、東側は糸魚川―静岡構造線(糸静線)とよばれる断層帯に挟まれた、東西の最大幅約16 km、南北約100 kmにおよぶ南北に細長い帯状の地域である。本研究調査地域の二王山周辺地域は、杉山(1995)が瀬戸川帯を地質構造上分類した、大小様々の大きさの衝上ユニットからなる瀬戸川帯に属し、その中で二王山スラブとよばれる南北7 km、幅1 kmにわたる玄武岩―石灰岩―チャート層の組み合わせを持つ岩体である。またこの岩体は周囲を碎屑岩層に整合的に覆われ、さらに、周囲に分布する構造性ブロックと共に大きな覆瓦衝上体(梅が島衝上体)を構成していると考えられている(杉山, 1995)。この二王山スラブと同じ岩相をもつ周辺のブロックには、泥岩が楔状に注入したりする剪断混合ゾーンが見られることから、これらの岩体が、付加体形成時に付加体基底の衝上断層運動を受けブロック化し、ブロック間の間隙圧が高かったために、周辺泥質堆積物がブロックに注入・変形をしたと見られている。

二王山スラブを作る玄武岩―石灰岩―チャート層の組み合わせと、上に述べた地質構造の発達過程から、海山の点在する海底が付加体形成時に衝上して基底が地上に現れたものと考えられ、玄武岩の噴出年代については、化石年代から中期始新世にさかのぼるとされる(杉山, 1995)。そして瀬戸川帯の付加は、中新世中頃約20 Ma前頃に四国海盆拡大に伴い起こり、古伊豆―小笠原火山島弧の北方延長部が現在の瀬戸川帯付近に到達して、このときの海山が付加した可能性もある(KOYAMA *et al.*, 1992)。

二王山周辺を含む瀬戸川帯北部の変成・変形作用については、松田・栗谷川(1965)が塩基性岩について広域的な低変成作用の帯を論じ、唐沢・狩野(1992)は泥質岩のスレート劈開の発達過程を論じている。また高田(1997 MS)は、イライト結晶度から、一方、村江・ほか(1993)は泥質岩中の炭質物であるビトリナイト反射率を測定し、瀬戸川帯の弱変成作用の発達過程を調べた。これらによると、瀬戸川帯の広域的な変成作用は南部から北部に向かって変成度の上昇が見られ、二王山スラブ

あたりではブドウ石―パンペリ石相に相当し、これより北部では緑色岩相になる。イライト結晶度の示す変成度もそれに調和的で、同じ層内でも南から北に向かって高くなる傾向が見られる様であり、地域周辺部はアンキ帯高温部からエビ帯低温部を示す。これら広域的な変成・変形作用の発達過程の研究から、伊豆―小笠原弧の西南日本への衝突に伴う変成・変形作用によってこれらの衝上体は形成されたと考えられている。

## 斧石の産状

鈴木(1958)、鮫島(1974)、杉山(1995)の地質図をもとに、二王山周辺地域の地質調査を行った。そして、河床礫の岩質の肉眼観察によって、緑色岩類の有無、石英・斧石を含む試料や方解石―石英脈を含む礫の存在を調査した。図1は、調査地域における地質概略図と斧石を含む緑色岩の露頭を示した図である。安倍川支流中河内川上流の、口仙俣集落の仙俣川河床(×印)、二王山の東側斜面の安倍川に注ぎ込む瀬戸沢、奥の沢の3カ所の崖下で、斧石を含む鉱物脈の入った緑色岩の転石を発見し、また奥の沢の4カ所(図1内の拡大地図)で斧石を含む鉱物脈の入った緑色岩の露頭を発見した。転石は調査中100個以上発見し、特に瀬戸沢、奥の沢では、直径50 cmを越える礫中に最大20 cmの幅を持つ斧石を含む鉱物脈の入った転石が見られた。そのうち57個を研究室に持ち帰った。採取した転石は緑色岩に伴う鉱物脈を含むか、母岩を伴わない鉱物脈のみのものであった。緑色岩の周囲の泥質岩中に見られる鉱物脈は全て、石英或いは石英と方解石、まれに緑色の鉱物を含む鉱物脈であり、斧石やダトー石を含む鉱物脈は全く見られなかった。

奥の沢の谷頭部で今回発見された4カ所(図1)の鉱物脈とも、緑色岩中の剪断を受けた面に入っており、幅は15から30 cmで連続しているが、その鉱物脈自身も、図版1-cの様に、緑色岩に発生した剪断性の割れ目を埋めるように発達し、図版1-fの様に、鉱物脈がさらに変形をし、変形の割れ目にあとから方解石脈が埋め、複雑な産状を示していた。4カ所の露頭のうち3露頭で発見された鉱物脈は、斧石、石英、方解石の入り交じった鉱物脈で特に鉱物の帯状配列は見られなかった。残りの1露頭(図1、露頭番号2-2)では鉱物脈中に取り込まれた緑色岩側から石英、斧石、ダトー石の順番のかなり規則的な鉱物の帯状配列が見られた(図2)。

## 鉱物学的観察とX線分析

採取した斧石を含む鉱物脈の入った露頭と転石の合計57試料において、斧石と共存する鉱物を記載し、6タイプに分類した。(表1、図版1a~f)。試料を切断し、方解石の分布を確認するためアリザリン-Sの2%塩酸溶液で染色し観察を行った。瀬戸沢では緑簾石(epidote)、カリ長石(k-feldspar)、また奥の沢ではパーガス閃石(pargasite)が斧石と同じ鉱物脈に見られ、口仙俣で採取した試料は、ダトー石を含む1試料だけであるが石英を欠いていた。

また、すでに静岡大学岩石試料標本として鮫島が採集した岩石標本の中に、斧石・ダトー石を含む4個の標本が見つかった。産地等の記載は無いものの、岩石の鉱物組み合わせなどからおそらく二王山周辺地域で採取されたものと思われる。これらも、産地を特定できない転石

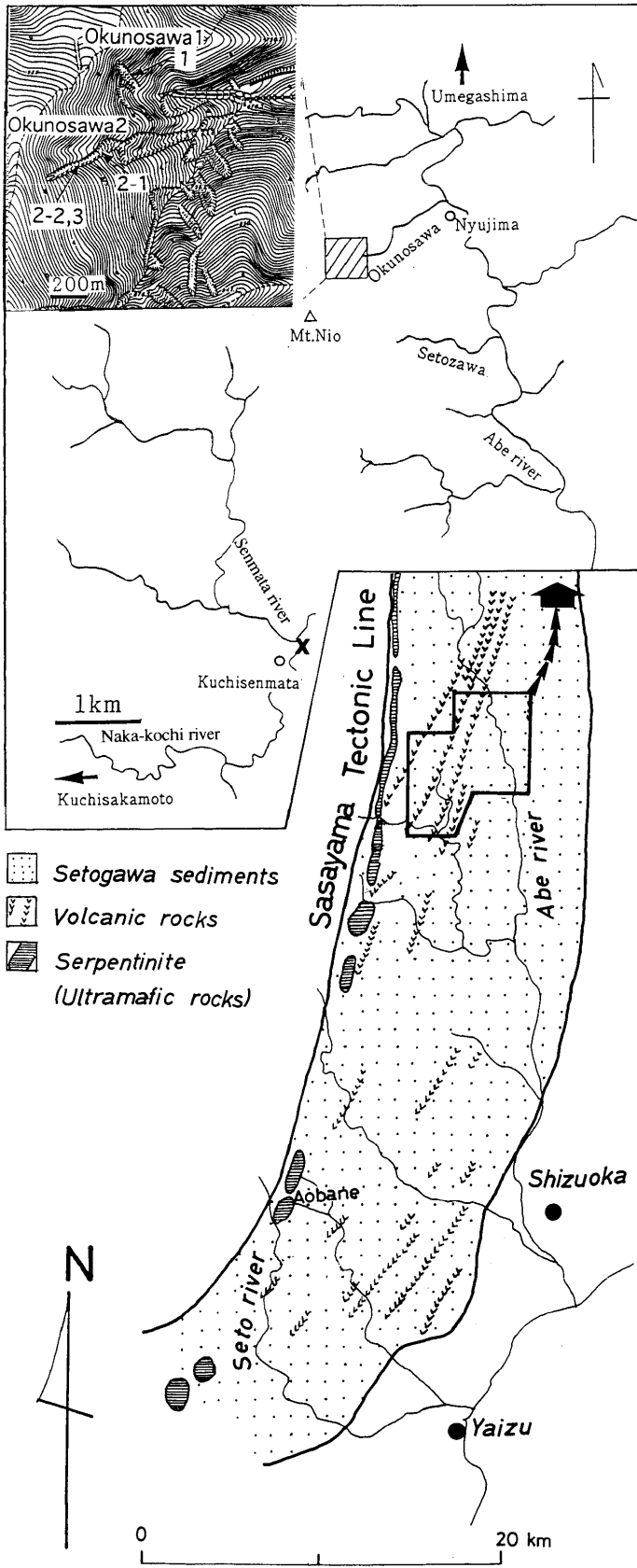


図 1 瀬戸川帯南部地質略図と静岡市二王山周辺域の試料採取地点。  
Fig. 1 Geological map of southern Setogawa belt and sampling loci of Mt. Nio area, Shizuoka City, central Japan.

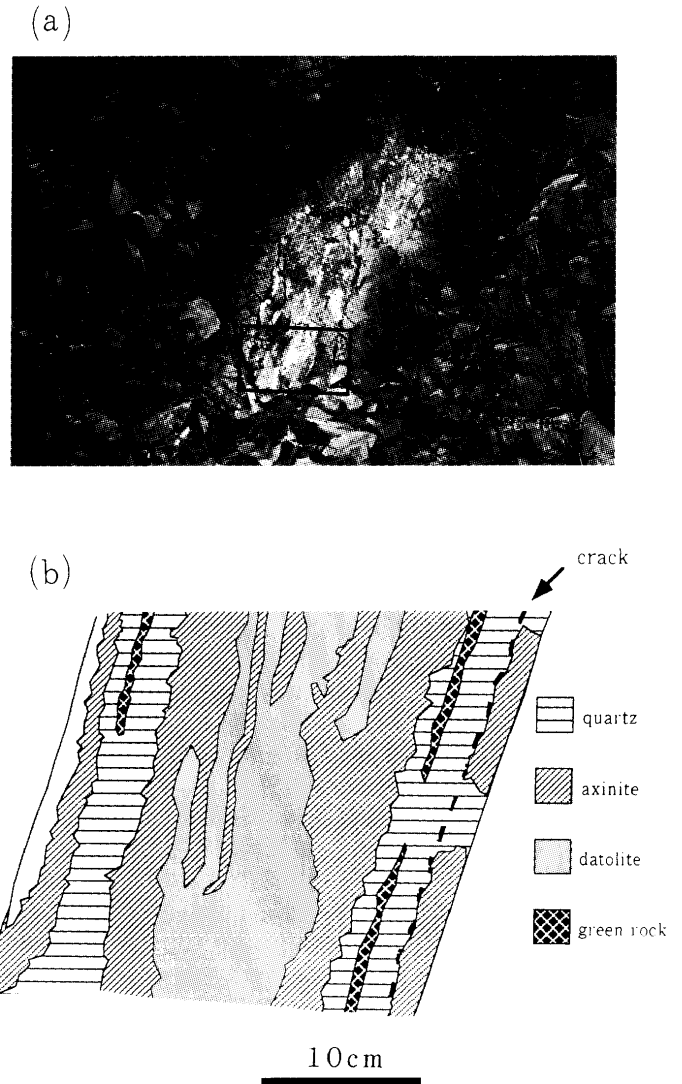


図 2 (a) 奥の沢 2-2 緑色岩露頭中の斧石・ダトー石・石英・方解石脈 (b) 上の写真奥の沢 2-2 露頭中四角で囲った部分の鉱物脈のスケッチ (図中の矢印は割れ目)。  
Fig. 2 (a) axinite+datolite+quartz+calcite vein in green rock at Okunosawa No. 2-2 outcrop, (b) its sketch.

表 1 斧石を含む鉱物脈中に見られる鉱物組み合わせ。略号は、Ax-斧石, Qtz-石英, Cal-方解石, Dat-ダトー石, Ep-緑簾石, Kfs-カリ長石, Par-パーガス閃石。

Table 1 Mineral assemblage in axinite bearing veins. Abbreviations are Ax-axinite, Qtz-quartz, Cal-calcite, Dat-datolite, Ep-epidote, Kfs-K-feldspar, Par-pargasite.

	奥の沢	瀬戸沢	口仙俣	鮫島サンプル	計
I. Ax,Qtz,Cal	24	20			44
II. Ax,Qtz,Cal,Dat	2			4	6
III. Ax,Dat,Cal			1		1
IV. Ax,Dat,Ep,Cal		1			1
V. Ax,Cal,Qtz,Kfs		1			1
VI. Ax,Cal,Par	4				4
計	30	22	1	4	57

群として、鉱物学的研究用試料とした。

SAMESHIMA & ONO (1994) では、斧石を含む鉱物脈に含まれる共存鉱物として、ダトー石・石英・方解石・曹長石・氷長石・緑泥石・bannisterite・パンペリー石が記載されている。今回採取した斧石を含む鉱物脈の入った露頭、及び、転石 57 試料において、薄片観察を行った結果、曹長石、bannisterite、パンペリー石は確認できなかったものの、緑簾石、パーガス閃石が見られた(図版 2a,b)。

また、斧石と共存する石英・方解石・ダトー石については、自形・他形の明確な特徴が見られた(図 4c,d)。斧石は肉眼的にやや薄い赤紫色をしており、結晶は数 mm から数 cm に成長している。斧石は他の 3 つの鉱物に対し、常に自形であり、ダトー石は他の 3 つの鉱物に対しても他形である。斧石に対して、石英・方解石は常に他形で、ダトー石に対してはすべて自形を示している。このことから、斧石が最初に熱水溶液から晶出し、次に石英・方解石、最後にダトー石が晶出したことが考えられる。また、奥の沢(図 1 内の拡大地図)の斧石を含む鉱物脈の見つかった緑色岩露頭周辺には、10 から 15 cm の幅の破碎帯を挟んで泥質岩が分布しており、その中には大小様々な幅を持つ石英を主成分鉱物とする鉱物脈が観察される。またこれらの鉱物脈は、緑色岩と泥質岩を貫くような産状を示すものは見られなかった。このことは、鉱物脈の生成後に断層活動を伴う構造運動によって現在のように緑色岩と泥質岩とが接触し、その後は顕著な熱水活動による鉱物脈の形成はなかったことを意味する。また、緑色岩との接触露頭周辺の数 m にわたるこれら泥質岩中の白色鉱物脈を多数採取し薄片観察を行ったが、斧石・ダトー石は確認できなかった。

### EPMA による斧石の化学分析

斧石の化学組成は、2 価の陽イオンがカルシウムを主成分とし、それ以外の鉄、マンガン、マグネシウムの相対量からそれぞれ、フェロ(ferro)、マンガン(mangan)、マグネシウム(magnesio)斧石に分類されている(図 3)。SAMESHIMA & ONO (1994) によって調べられた二王山の斧石は、湿式化学分析(表 2)に基づいて、フェロ斧石であることが知られている。本研究では更に、次の 5 枚の薄片試料の EPMA による化学分析を行った。

- 1) 瀬戸沢 1 (斧石, 方解石, 石英, カリ長石脈の入った緑色岩転石)
- 2) 瀬戸沢 2 (斧石, 緑簾石, 方解石, ダトー石脈の入った緑色岩転石)
- 3) 奥の沢 1 (斧石, 石英, 方解石脈の入った緑色岩露頭)
- 4) 奥の沢 2 (斧石, 石英, 方解石脈の入った緑色岩転石)
- 5) 口仙俣 (斧石, ダトー石, 方解石脈の入った緑色岩転石)

分析した斧石結晶は、薄片中の複数の斧石結晶を選び、結晶の中心部と周辺部を各 5 点以上分析し、1 結晶につき合計 10 カ所以上の測定を行いそれらの平均値を求めた(表 2)。EPMA による分析では、ホウ素の特性 X 線ピークは、エネルギーが低く幅の広い形をしているため、定量分析が困難である。EPMA で求めた表 2 はホウ素の分析値が求められていないために、合計が 91 重量パーセント前後の値を示すが、SAMESHIMA & ONO (1994)

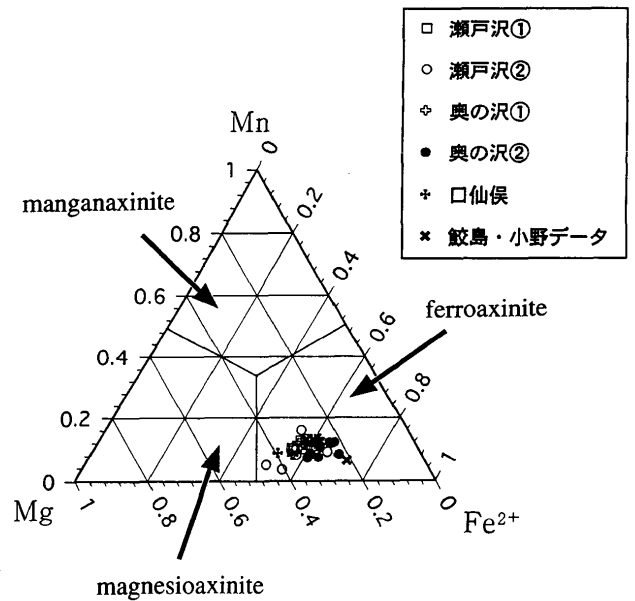


図 3 二王山周辺域に産する斧石の Mg, Fe, Mn 三角ダイアグラム。

Fig. 3 Mg, Fe, Mn triplot of axinites collected from Mt. Nio area, Shizuoka City.

表 2 二王山周辺域で採取した、5 試料における斧石の平均化学組成と鮫島・小野の湿式分析によるデータ (SAMESHIMA & ONO, 1994)。

Table 2 A list of the chemical composition of five axinites from 3 locations in Mt. Nio area and wet chemical analytical data from SAMESHIMA & ONO (1994).

	瀬戸沢①	瀬戸沢②	奥の沢①	奥の沢②	口仙俣	鮫島, 小野データ
SiO <sub>2</sub>	42.79	42.37	42.16	41.55	42.55	42.40
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.00	0.09	0.10	0.07	0.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.36	18.08	18.31	18.29	17.74	18.30
FeO	8.75	7.50	7.67	8.24	8.03	9.14
MnO	1.57	1.15	1.45	1.21	1.60	0.77
MgO	2.23	2.37	2.06	1.93	2.15	1.51
CaO	19.03	19.73	19.35	19.56	19.22	19.20
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.25	0.07	0.04	0.03	
K <sub>2</sub> O	0.01	0.07	0.05	0.01	0.01	
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.03	0.10	0.06	0.03	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	
NiO	0.02	0.00	0.02	0.04	0.01	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						6.37
H <sub>2</sub> O						1.39
Total	91.89	91.50	91.19	90.97	91.29	99.21

によるホウ素と水の重量パーセントを加えると、99~101 wt% の値になるのでこれらの分析値は信頼できると考えられる。また、これらの結果から、酸素数を 28 として鉄・マンガン・マグネシウムの陽イオン数を求め、三角ダイアグラムに分析値を落とした(図 3)。それぞれの点は各結晶の平均値で、全ての分析値は、フェロ斧石の領域にプロットされた。

5 試料の各平均値は、ほぼ似たような領域に分布するが、同じ瀬戸沢の分析値でも、瀬戸沢 2 の方が 3 成分とも分散した値をとる。SAMESHIMA & ONO (1994) による分析値は、最も鉄に富む斧石となった。

斧石を含む鉱物脈中の方解石の炭素・酸素同位体比測定

斧石を含む鉱物脈には方解石が普遍的に観察される。これら炭酸塩鉱物の炭素・酸素の同位体比は、これらの鉱物脈を形成した熱水流体の起源や形成過程を探る有効な手段である。そこで、5個の鉱物脈中で斧石と共存している方解石を、各試料から2結晶選び、計10個の炭素酸素同位体測定比を行った。瀬戸沢の転石2試料、口仙俣の転石1試料、奥の沢1試料の合計4試料は、EPMAで斧石の化学組成を求めたものと同じ試料番号の一部を分析した。試料番号瀬戸沢3は、EPMAで測定したものは別の試料である。同位体比分析用試料は、斧石と接している方解石結晶からカッターナイフの先端で0.5 mm四方以内の領域をかきとった。この粉末試料約10 μgをステンレス製の容器に入れ、60.00°Cの濃リン酸(ピロリン酸)と真空中で反応させ、発生したCO<sub>2</sub>と水を完全に分離した後、静岡大学地球科学教室の質量分

析計MAT 250で測定した。これら試料の調整法および分析法については、和田・他(1982, 1984, 1991, 1996)の方法によった。

同位体比の分析結果を表3と図4に示す。図4で、線で囲ってあるのは、同一の試料で異なった結晶を2つ測定したことを表している。δ<sup>13</sup>C値(PDB)は、-12.9~-5.8‰と広範囲にばらつき、δ<sup>18</sup>O値(SMOW)は、+17.7~+18.7‰とほぼ1‰以内という狭い範囲に分布することが特長である。

考 察

熱水から方解石が沈殿するとき、酸素の同位体比は、熱水の温度と熱水の水の同位体比によって決まる。熱水の水の同位体比のδ<sup>18</sup>O値が一定ならば、δ<sup>18</sup>O値の値が変化するためには温度変化が必要である。方解石の酸素同位体比の変化は、δ<sup>18</sup>O値でわずか1‰以内に分布することから、これを温度に換算すると4°Cの違いに相当することから、方解石が沈殿したときの温度変化は小さく、その熱水流体中のδ<sup>18</sup>O値が一定だったと言えることができる。

一方、δ<sup>13</sup>C値の変化は、-6‰から-14‰の比較的広い範囲に分布する。これらの結果を同じ瀬戸川帯で二王山の南西約6 kmに位置する口坂本地域に産出する、石英-マグネサイト岩の炭酸塩類や蛇紋岩中の方解石、および、石灰岩の結果(WADA *et al.*, 1994)と比較してみる(図4)。石英-マグネサイト岩は、沈み込みに伴う熱水活動によって超塩基性岩が交代されてきたと考えられている(TAKAZAWA & KURODA, 1974, WADA *et al.*, 1994)。野田(1994 MS)は、沈み込み帯に産するマグネサイトの炭素と酸素の同位体比を広く比較し炭素の同位体比は従来知られていたカーボナタイトに代表される地球深部炭素起源の同位体組成(-5から-10‰)に似ていることを示した。さらに、特定の蛇紋岩体がこのような特異な交代作用を受けていることから、活動的なリッジや海山のようなマグマ活動を伴った沈み込みが起きたときに形成されたのではないかと推定している。このような形成過程はOSOZAWA (1998), OSOZAWA *et al.*, (1990)による中央海嶺の沈み込み過程と調和的であるが、時代、位置関係など今後検討する必要がある。マグネサイト岩体以外の蛇紋岩やその他の色々なステージに形成された炭酸塩の同位体比も図4に示されている。マグネサイトを作った炭素は、マグマ性炭素起源が主であり少量の海成炭酸塩が混入したと考えられる。また、瀬戸川帯のこのほかの岩類中の方解石の炭素は、前述の起源の炭素と堆積物中の有機物起源(-25から-30‰)の炭素が混合したものであろう。今回測定されたデータは、前述のマグネサイト岩と有機炭素起源のグループの中間にプロットされ、このことから、海成炭酸塩・マグマ起源・堆積物中の有機物起源の炭素が混合した熱水流体が発生したと考えなければならない。

発見された鉱物脈を含む転石や斧石を含む鉱物脈露頭において、斧石やダトー石は緑色岩にのみ観察される。周囲に分布する泥質岩の中に数多く観察される鉱物脈中には斧石は観察されていない。そして、その鉱物脈の露頭に於ける産状は、母岩の緑色岩が脆性的に破壊された割れ目を埋めるように発達しており、鉱物脈の中に母岩が割れて角礫状に取り込まれ脈石鉱物に取り囲まれている産状も見られる(図版1-C)。今回の観察では、鉱物脈に緑泥石や緑簾石などの低変成度の変成鉱物が観察さ

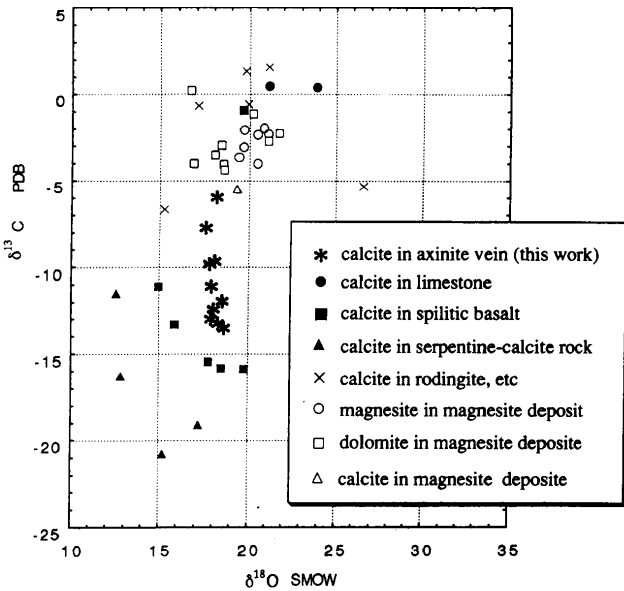


図4 斧石と共存する方解石のδ<sup>13</sup>C値(PDB)とδ<sup>18</sup>O値(SMOW)。本研究と口坂本のマグネサイトの比較(WADA *et al.*, 1994, に本研究のデータを加筆)。

Fig. 4 δ<sup>13</sup>C and δ<sup>18</sup>O values of calcite coexisting with axinite in comparison with the carbon and oxygen isotope data accompanied with magnesite deposit at Kuchisakamoto area near Mt. Nio (WADA *et al.*, 1994).

表3 斧石と共存する方解石の炭素酸素同位体比。

Table 3 δ<sup>13</sup>C and δ<sup>18</sup>O values of calcite coexisting with axinite.

	gas volume(μ l)	δ <sup>13</sup> C ‰ PDB	δ <sup>18</sup> O ‰ SMOW
瀬戸沢①-1	10	-5.87	18.2
瀬戸沢①-2	24	-7.52	17.6
瀬戸沢②-1	13	-9.39	18.1
瀬戸沢②-2	17	-9.55	17.78
瀬戸沢③-1	9	-11.50	18.6
瀬戸沢③-2	16	-11.93	18.11
奥の沢①-1	21	-12.80	18.47
奥の沢①-2	26	-12.96	18.71
口仙俣-1	12	-12.46	17.97
口仙俣-2	5	-10.69	17.94

れ、ブドウ石—パンペリー石変成作用を受けていると考えられる。ホウ素を含む鉱物では、泥質変成岩などでは電気石が最も普通に産する。ホウ素は、海洋堆積物中に多く存在し、特に粘土鉱物に含まれる(石川・中村, 1989)。海洋底堆積物が付加されるとき熱水活動が活発であれば、熱水にホウ素は容易に溶解して濃集しうる。これらホウ素を含む鉱物脈が、緑色岩中のみ産出するとすれば、緑色岩が変形をして脆性的破壊を受けている途中にホウ素を含む熱水が流入し、斧石やその他のホウ素含有鉱物を沈殿をした事になる。付加した後にこのような熱水活動があったとした場合、広域的変成作用が緑色岩も泥質岩も同じように進んでいることから、熱水活動を示す鉱物脈が緑色岩にのみ限定される積極的理由は余り考えられない。また瀬戸川帯北部の地域では古くから泥質岩中の含金石英脈が知られており(静岡県商工部, 1952)、これらの石英脈にはホウ素鉱物は知られていない。これらの含金石英脈を作った熱水過程とホウ素鉱物を沈殿させた熱水過程、およびマグネサイトを作った活動の時期と活動の場など今後さらに研究が必要である。EPMA 測定結果より、今回測定した斧石の5試料は、化学組成的に大きな違いは見られず、ほぼ同じ時期に、炭素の同位体比はかなり不均質であるが、酸素の同位体比が均質な熱水溶液から余り温度の差はなく沈殿したことが分かる。

炭素・酸素同位体比測定結果より、斧石を形成した熱水流体中の炭素は、マグマ性炭素が主要な起源であり、それに沈み込む堆積物に含まれている有機炭素起源の炭素混入の結果であることが推定される。そのことをふまえて考察すると、二王山スラブが付加過程の初期に発生した熱水流体が、堆積物からホウ素を濃縮しながら海山起源の緑色岩中に入り込み、斧石を沈殿させ、熱水中に珪酸が少ない場合、ダトー石を沈殿した。その後さらに衝上断層活動を受けた二王山スラブの緑色岩は破碎帯を挟みながらブロック化していったと考えられる。

## まとめ

- ・二王山周辺域に産する斧石はフェロ斧石であり、緑色岩中の鉱物脈にのみ見られた。
- ・この鉱物脈中には、緑簾石・パーガス閃石が含まれる。また、自形、他形の観察から、斧石—石英・方解石—ダトー石の順に沈殿していった事が考えられる。
- ・鉱物脈は、剪断面に沿って併入しており、その脈自身も剪断変形を受けた跡が見られ、それらの割れ目によって方解石脈など二次的熱水活動も見られる。
- ・斧石と共存する1次的な方解石の炭素同位体比の分析から、マグマ起源の炭素に堆積物中の有機物起源の炭素が一部混合したものと考えられている。また、二王山周辺域に産出する斧石の化学組成は、ほぼ一定であった。
- ・以上のことより、斧石・ダトー石を沈殿させた熱水流体は、二王山スラブ付加過程の途中で発生し、その流体が緑色岩に入り込み斧石を沈殿させ、局部的にホウ素を多く含む所では、更にダトー石を沈殿させたと考えられる。

## 謝 辞

本論文は1999年度静岡大学理学部生物地球環境科学科の卒業論文の一部である。黒田直博士には、偏光顕微鏡による鉱物同定に当たり御指導をいただいた。海

野進博士には、EPMAの測定に関する指導をしていただいた。野外調査の際、静岡市入島の望月希代男氏には有益な地元の情報をいただき、また、狩野謙一・石川剛志両博士には初期の粗雑な原稿を査読いただき多くの御指導いただいた。本教室のSatish-KUMAR博士、加藤和浩、Binu-LALの両氏には同位体比の測定をして頂いた。以上の方々にはここに記して感謝いたします。

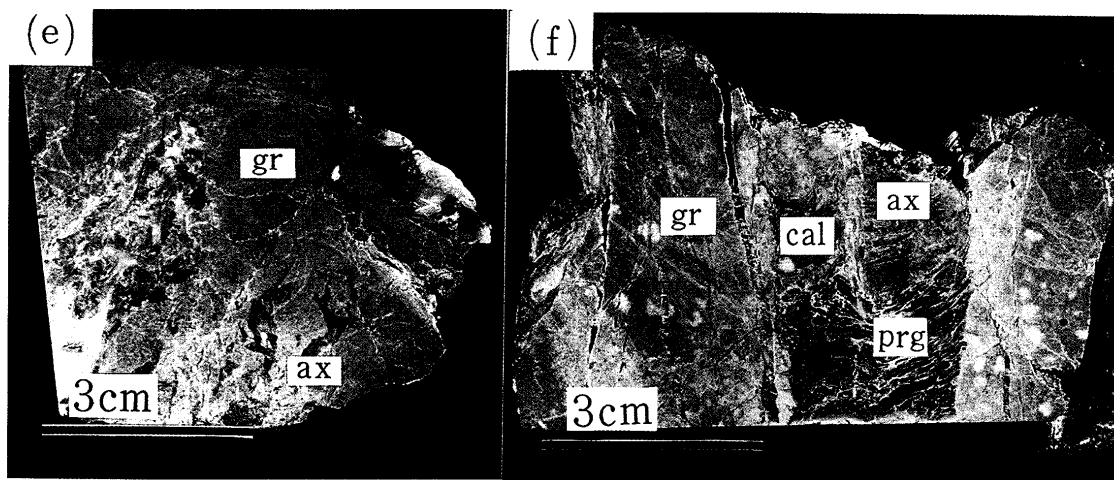
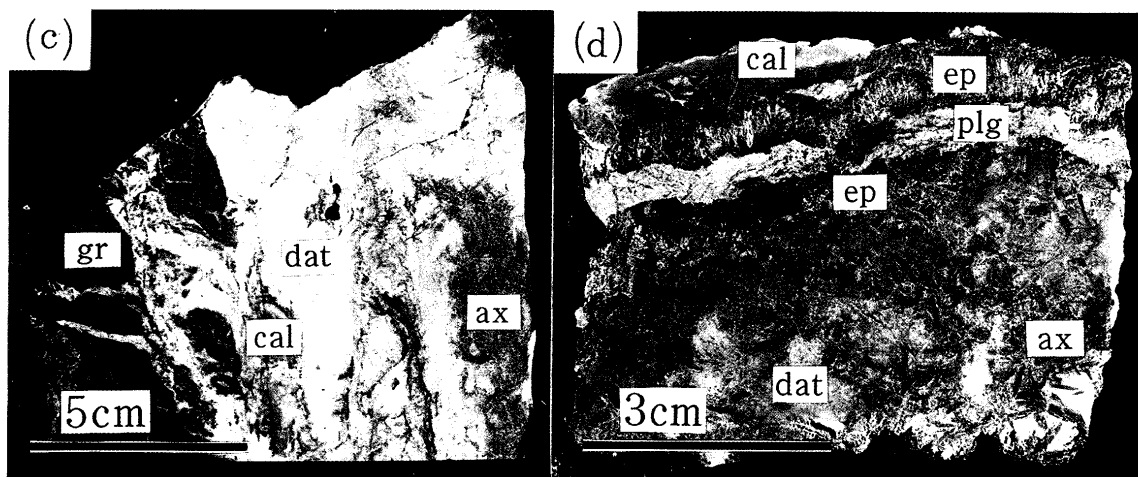
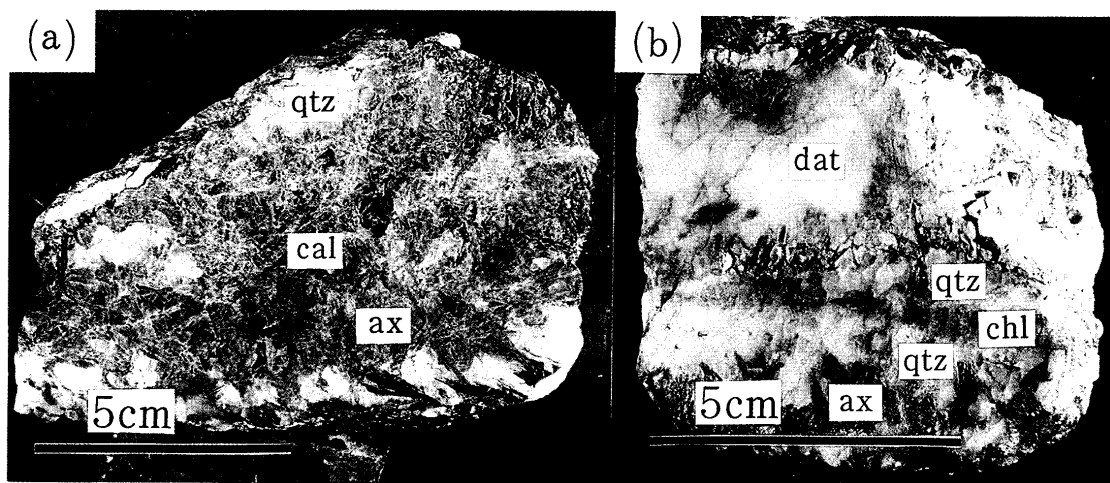
## 引用文献

- 石川剛志・中村栄三(1989), ホウ素の同位体地球・宇宙化学. *地球化学*, **23**, 23-34.
- 唐沢 讓・狩野謙一(1992), 赤石山地東部の四万十帯, 瀬戸川層群中のスレート帯の形成とその変形過程. *地質学雑誌*, **98**, 761-777.
- KOYAMA M., CISOWSKI S. M. & PEZARD P. (1992), Paleomagmatic evidence for northern drift and clockwise rotation of the Izu-Bonin forearc since the early Oligocene. *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **126**, 353-370.
- 松田時彦・栗谷川幸子(1965), 赤石山地東部の変成作用. *東京大学地震研究所彙報*, **43**, 209-235.
- 村江達士・倉橋稔幸・相原安津夫(1993), 古植物材の続成～埋没変成過程における顕微鏡光学的・有機地球科学的变化. *九州大学理学部研究報告(地球惑星科学)*, **18**, 25-35.
- 野田典広(1994 MS), 蛇紋岩交代マグネサイトの起源と沈み込炭素のゆくえ. *静岡大学理学部地球科学科卒業論文*, 102p.
- OSOZAWA S. (1988), Accretionary process of the Tertiary Setogawa and Misaka Groups, Southwest Japan. *Journal of Geology*, **96**, 199-208.
- OSOZAWA S., SAKAI T. & NAITO T. (1990), Miocene subduction of an active Mid-Ocean ridge and origin of the Setowawa ophiolite, central Japan. *Journal of Geology*, **98**, 763-771.
- 鮫島輝彦(1970), 安倍川流域の地質案内. *静岡県地学会資料*, **14**, 1-15.
- SAMESHIMA T. & ONO S. (1994), Ferroaxinite and datolite from Mt. Nio, Shizuoka city, central Japan. *Geoscience Reports of Shizuoka University*, **20**, 1-4.
- 静岡県商工部・静岡県総合開発事務局(1952), 安倍川および大井川上流における地下資源開発調査報告書. 72p.
- 杉山雄一(1995), 赤石山地の瀬戸川帯北部の地質と瀬戸川付加帯の形成過程. *地質調査所月報*, **46**, 177-214.
- 鈴木忠夫(1958 MS), 静岡県安倍郡中河内川上流地域の地質. *静岡大学教育学部地学科卒業論文*. 46p.
- 高田直子(1997 MS), 赤石山地四万十帯でのイライト結晶度と $b_0$ 値について. *静岡大学理学研究科修士論文*. 52p.
- TAKAZAWA T. & KURODA Y. (1974), A quartz-magnesite rock in the Setogawa zone, central Japan. *Journal of Geological Society of Japan*, **80**, 425-427.
- 和田秀樹・新妻信明・齊藤常正(1982), 超微量試料による炭素・酸素同位体比の測定について. *静岡大学*

- 地球科学研究報告, 7, 35-50.
- 和田秀樹・藤井 昇・新妻信明 (1984), MAT 250 による超微量炭酸ガス試料の安定同位体比測定法. 静岡大学地球科学研究報告, 10, 103-112.
- 和田秀樹・長井洋一・安藤隆丸・新妻信明 (1991), MAT 250 による同位体比測定のための微量炭酸ガス試料精製用新型トラップ. 静岡大学地球科学研究報告, 17, 161-167.
- 和田秀樹・新妻信明・水谷一義・薬師寺秀樹・青島逸子 (1996), MAT 250 質量分析計用のコンピューター制御新試料導入装置について. 静岡大学地球科学研究報告, 23, 63-70.
- WADA H., OHASHI F. & FUJIOKA K. (1994), Stable isotopic studies on the origin of magnesite deposits in the Setogawa Group, Shizuoka, central Japan. *Geoscience Reports of Shizuoka University*, 20, 167-173.



- 図版 1** 斧石を含む鉱物脈のタイプ (岩石表面はアリザリン-Sで染色されている)。鉱物等の略号は次の通り。ax: 斧石, qtz: 石英, cal: 方解石, dat: ダトー石, ep: 緑簾石, kfs: カリ長石, prg: パーガス閃石, chl: 緑泥石, plg: 斜長石, gr: 緑色岩
- (a) タイプ I (斧石+石英+方解石)。大半を占める紫色鉱物は斧石。半透明鉱物は石英。赤～赤紫色に染色された鉱物は方解石。瀬戸沢で採取。
- (b) タイプ II (ダトー石+石英+斧石+方解石)。鉱物の帯状配列が見られる。赤～赤紫色に染色された鉱物は方解石。EPMA 及び炭素酸素同位体比測定を行った奥の沢①と同試料。奥の沢で採取。
- (c) タイプ III (ダトー石+斧石+方解石)。緑色岩中のダトー石+斧石+方解石脈である。赤～赤紫色に染色された鉱物は方解石。EPMA 及び炭素酸素同位体比測定を行った口仙俣と同試料。口仙俣で採取。
- (d) タイプ IV (斧石+緑簾石+ダトー石+方解石)。鉱物の帯状配列が見られる。赤～赤紫色に染色された鉱物は方解石。EPMA 及び炭素酸素同位体比測定を行った瀬戸沢①と同試料。瀬戸沢で採取。
- (e) タイプ V (斧石+方解石+石英+カリ長石)。緑色岩中の方解石+斧石+石英+カリ長石脈である。赤～赤紫色に染色された鉱物は方解石。斧石は微小結晶。瀬戸沢で採取。
- (f) タイプ VI (方解石+斧石+パーガス閃石)。緑色岩中の方解石+斧石+パーガス閃石脈である。繊維状の鉱物はパーガス閃石。奥の沢で採取。
- Plate 1** Photographs of polished surface of axinite-bearing vein. Surface was stained by Alizarin-S. Abbreviations are ax: axinite, qtz: quartz, cal: calcite, dat: datolite, ep: epidote, kfs: k-feldspar, prg: pargasite, chl: chlorite, plg: plagioclase, gr: green rock.
- (a) Type I (axinite+quartz+calcite). Sample was collected from Setozawa.
- (b) Type II (datolite+quartz+axinite+calcite). Depositional mineral zonation was observed within a axinite bearing vein as shown in the index. Sample was carried out for EPMA and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  analyses. Sample was collected from Okunosawa.
- (c) Type III (datolite+axinite+calcite). Sample was analyzed by EPMA and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  analyses. Sample was collected from Kuchisenmata.
- (d) Type IV (axinite+epidote+datolite+calcite). Sample was analyzed by EPMA and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  analyses. Sample was collected from Setozawa.
- (e) Type V (axinite+calcite+quartz+K-feldspar). Purple minerals stained are calcite. Axinites are fine grains. Sample was collected from Setozawa.
- (f) Type IV (calcite+axinite+pargasite). Fibrous mineral is pargasite. Sample was collected from Okunosawa.



- 図版 2** 斧石・ダトー石の偏光顕微鏡写真 (a~d 共に, 直交ニコル).
- (a) 斧石・緑簾石・ダトー石. 瀬戸沢.
  - (b) 斧石・パーガス閃石. 奥の沢.
  - (c) 石英・方解石・ダトー石・斧石の共存. 奥の沢.
  - (d) ダトー石・斧石・石英の共存. 奥の沢.

- Plate 2** Photomicrographs of axinite and datolite in cross nicol.
- (a) axinite·epidote·datolite. Setozawa.
  - (b) axinite·pargasite. Okunosawa.
  - (c) coexisting quartz, calcite, datolite and axinite. Okunosawa.
  - (d) coexisting datolite, axinite and quartz. Okunosawa.

