北海道教育大学学術リポジトリ
Hokkaido University of Education Repository
国立大学法人 北海道教育大学
HOKKAIDO UNIVERSITY OF EDUCATION

佐々連鉱山産電気石の化学組成とその鉱床学的意義

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 俊彦 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00003158

北海道教育大学紀要（第2部B）第35巻　第1号
Journal of Hokkaido University of Education (Section II B) Vol. 35, No. 1

昭和59年9月
September, 1984

佐々連鉱山産電気石の化学組成とその鉱床学的意義

伊　藤　俊　彦
北海道教育大学釧路分校地学教室

The Chemical Composition of Tourmaline from the Sazare Mine, Ehime Prefecture and its Economic Geological Significance.

Toshihiko ITO
Laboratory of Earth Science, Kushiro College, Hokkaido University of Education, Kushiro 085

Abstract

Tourmalines occur in several types of strata-bound sulphide mineral deposit throughout the world.

The occurrence of tourmaline and its intimate relationship with ore and the ore horizon suggest that the boron now present in the tourmalines was brought about by submarine-exhalative processes as a part of the same hydrothermal system that deposited the ore. Tourmalines associated with sulphide are Mg-rich dravites.

Electron microprobe analyses and microscopic examination have been made of Mg-rich coarse grained recrystalized tourmaline in the silicious banded ore from the Kinsa ore body, Sazare mine, Ehime prefecture. The Sazare copper deposit is a massive strata-bound sulphide deposit in the Sanbagawa metamorphic terrain.

Kikuchi et al. (1967) have suggested that we would be able to explain some of the problems relating to the geologic structure at the Sazare mine more clearly if the silicious banded ore bearing tourmaline is in fact a different ore body, for, until now, this ore has been considered as a part of the upper or main ore body of Kinsa. This suggestion supports the belief that the origin of tourmaline is related to ore mineralization but not to the metamorphism of sedimentary rocks.

Under the microscope, the helitic-like texture of rutils in the core of the tourmaline grain and the difference of the preochloism between the rim and core indicate more than two crystalization stages.

The correspondence of chemical composition to texture, such as the increase of Mg and Al in core of grain and the increase of Fe, Ca, Ti in the rim can be recognized under the

microscope.

The variation of contents of the elements in a grain shows that the amount of FeO+MgO decreases with an increase of the Al_2O_3 content in the core but the decrease of the Al_2O_3 content in the rim does not correspond to an increasing amount of FeO+MgO but to the FeO content. There is negative correlation between the ion numbers of Ca+Na and Al except in the Z position.

まえがき

電気石はペグマタイト・気成脈に最も普遍的に産し，花コウ岩中にも産する．また，変成岩中にも見られ，これは原岩の堆積岩などに含まれていた硼素から変成作用の過程で生じたとされている．一方，Sullivan, B. C., Canada (Freeze, 1966), Rosebery, Tasmania, Australia (Stillwell, 1934)など，先カンブリア代から古生代の海底熱水性鉱床には，電気石に富む層状の岩石が伴われたり，鉱石中に含まれることが報告されている．

これら電気石を伴う鉱床は火山性塊状硫化鉱物鉱床（Volcanic-hosted massive sulfide deposits)，Sediment-hosted massive sulfide deposits（適当な日本語訳がない，佐藤壮朗，1983）のいずれにも見られ，主に産する金属もCu, Pb, Zn, Co, Au, Ag, W, Snのうち1つ，または数種の組合せからなる．更に，関係火成岩類も酸性から塩基性にわたり，電気石を伴う海底熱水性鉱床は種々の点で広い範囲にわたって見られる．

これら電気石は褐色を帯び，Mgに富むという共通する特徴を持ち，層状の海底熱水性鉱床と密接な関係を示すことなどから，電気石または電気石になる以前のBを含む鉱物と鉱床とは本来的には一連の熱水系の産物として生成したと考えられている（Plimer, 1983, Slack, 1982)．

我国の別子型銅鉱床（キースラガー型）のいくつかの鉱床からも電気石の産出が報告されている．この型の鉱床は塩基性火成岩の活動に伴う海底熱水活動との関連で生成したものである（加瀬，1977)．これまでに別子型銅鉱床から産する電気石の成因について，鉱化作用との関連で論じられたことはない．

本小論では佐々連鉱山金砂鍾産の電気石について，顕微鏡下の性質，ＥＰＭＡによる分析結果について報告する．更に，その成因についても若干の考察を行ない，諸学兄の御批判を仰ぐものである．

1．佐々連鉱山の地質・鉱床の概要

佐々連鉱山は愛媛県伊予三島市金砂町にあり，別子鉱山の東20 km，四国山脈の北側斜面標高560 m付近に位置する．鉱床は三波川変成帯の三縄層中部層（土井，1959）中に胚胎され，三波川帯を構成する岩石の堆積時期が二畳紀～石炭紀と考えられる（小島ら，1956）ことから，その生成時期は古生代末にあたると考えられる．鉱床の母岩は佐々連緑色片岩層と呼ばれる三縄中部層中の3枚の緑色片岩層の下から2枚目のものである．主要構成鉱物は曹長石・白雲母・アルカリ角閃石・緑泥岩・緑レン石・石英・方解石・榍石で，リン灰石・紅レン石・電気石を伴っている．

佐々連鉱床は金砂新鍾，金砂（上鍾･本鍾)，金泉－Ｅ14，金剛，金立，新泉，新泉No. 2，佐々

連の9つの鉱体からなり，各富鉱体の連続部を含めた鉱床面の広がりは走向延長2,500 m，傾斜延長1,800 mにおよぶ．

鉱石は塊状鉱・縞状鉱・珪質縞状鉱・はねこみに大別される．縞状鉱は硫化鉱物に富む薄層と緑泥石に富む脈石鉱物の薄層が縞状をなすものをいい，珪質縞状鉱はより細かい数mmオーダーの硫化鉱物層と絹雲母－石英の脈石層の組合せからなる（Sazare mine, 1976）．後者には，金砂鍾において，電気石が含まれる（土井，1959，菊地ら，1967）．はねこみは斑銅鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱よりなり，高品位を示す．

鉱石鉱物は鉱石のタイプによって，その組合せ，量比を異にするが，主要鉱物は黄鉄鉱・黄銅鉱・斑銅鉱で，少量の閃亜鉛鉱・輝銅鉱・カローライト・自然銀からなる．塊状鉱は上部に比して下部で粗粒，斑銅鉱・閃亜鉛鉱に富む様になる（Sazare mine, 1976）．

2．電気石の産状と顕微鏡下の性質

佐々連鉱山の電気石の産出は金砂上鍾と金砂本鍾の間の絹雲母珪質鉱に電気石が濃集してみられる．金砂上部（0L～12 L）ではこの電気石を含む珪質鉱をはさんで走向方向に連続性のある典型的層状を呈するが下部では鉱床面の広がりに対して塊状鉱の賦存する範囲が小さくなり，層状というよりはむしろ帯状となり，珪質鉱をはさんで連続した一枚の鉱体となる（菊地ら，1967）．本報告で取り扱った含電気鉱石は金砂鍾42－2 SL，W 35産塊状鉱，珪質縞状鉱であり，同一層準で塊状鉱から珪質縞状鉱（ガリ鉱）へと移化している．

これまで佐々連鉱山以外に電気石の産出が報告されている別子型銅鉱床は阿武隈変成帯中の沢渡鉱山（福島県），日立，諏訪鉱山（茨城県），三波川帯中の峰之沢鉱山大井鉱床（電気石？）（静岡県），飯盛鉱山（和歌山県），別子鉱山（愛媛県）（堀越ら，1954，地質調査所，1956，日本鉱業協会，1965）．このうち，諏訪（堀越ら，1954），飯盛（Kanehira, 1970）の各鉱床においては硫化鉱物と共生している．その他の鉱床における電気石の産状は明らかでない．

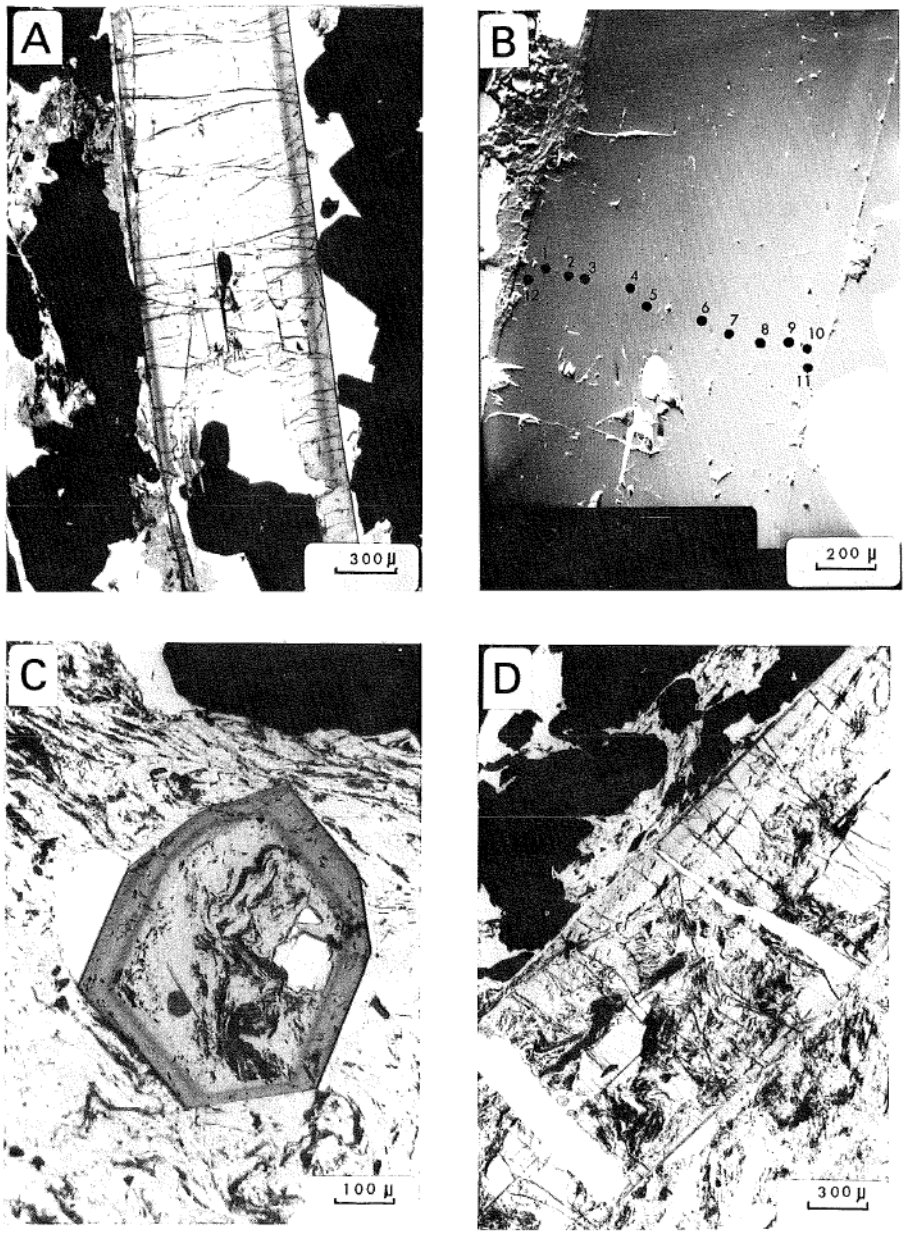
佐々連鉱山産珪質縞状鉱中の電気石は帯褐黒色の粗粒柱状結晶で，縞と平行に結晶の伸びの方向をそろえて含まれる．電気石の結晶の大きさは，長軸方向で1 cm前後であり，その断面は三方晶系に特徴的な三角形を示す．断面の径は1 mm前後である．塊状鉱中にも希れに認められ，大きさは珪質鉱中のものに比べて小さく，肉眼的に識別することは困難である．

これらを顕微鏡下で検討すると，電気石には周縁部と内部とでの多色性の違いから，累帯構造が認められる．周縁部は内部に比べて強い多色性を示し，カーキ色からほとんど無色に近い，帯褐灰色を呈する．内部は淡い帯橙褐色から無色に近い灰色を呈する．

内部は包有物が不均一に散在していることを除けば，色などの光学性からは全体に均質であると言える．周縁部は50 μ 前後の幅を示し，その幅は電気石の粒径とは無関係でほぼ同じ値をとる．

電気石の共存鉱物として，硫化鉱物（黄鉄鉱），曹長石，金紅石などが認められる．金紅石は電気石の包有物としても認められ，共存する不透明微細鉱物と共に，スミ流し状組織を示す（第1図・D）．不透明微細鉱物の大半は金紅石の微細結晶で，その高屈折率の為，全反射をして不透明に見える．

電気石周辺の絹雲母と共生する金紅石の集合も同様のスミ流し組織を呈する．この事実より，包有物としての金紅石は変成作用により電気石が晶出した時の組織をレリックとして示しているものと思われる．



第１図　電気石の偏光顕微鏡下の写真とＳＥＩ像

Ａ：ＥＰＭＡ分析した電気石，累帯構造がみられる．オープンニコル

Ｂ：Ａに同じ電気石のＳＥＩ像，黒丸と数字１～12はＥＰＭＡによる分析点を示す．

Ｃ：累帯構造を示す電気石，内部の包有物が外側の濃色部を切っていないことに注意．オープンニコル．

Ｄ：電気石中の包有物の組織，周辺部の絹雲母類の中にも同様のものが認められ，連続性のある様に見える．オープンニコル．

電気石が再結晶作用により粗粒化して来たことを示す組織は他にも認められる．一つは，前述の累帯構造の周縁部と内部の境において，内部に含まれていたスミ流し状の金紅石の集合が直線的に限られて，外縁部に及んでいないことである．即ち，色の濃い外縁部は明らかに晶出期を異にしていることを示す（第1図・C）．また，ある結晶では累帯構造が2重に認められ，結晶外形もそれに応じて，明瞭に2つの異なったものが重なって見られる．

3．化学組成

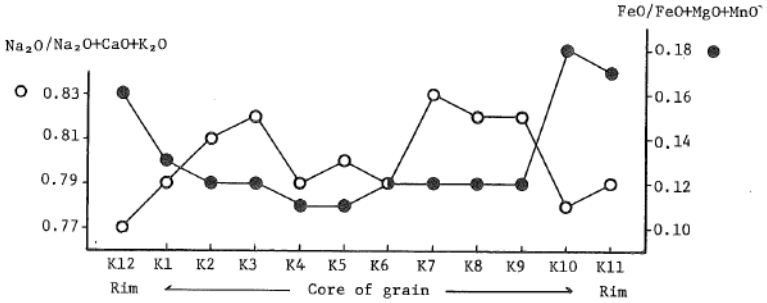
電気石の一般式は$XY_3Z_6Si_6O_{27}(OH, F)_4$で示され，X＝Na，Ca；Y＝Mg，$Fe^{2+}$，$Fe^{3+}$，Mn，Li，Al；Z＝Al，$Fe^{3+}$，Cr，Vからなり，9つの端成分が提唱されている．EPMAによる分析結果（第1表）から，佐々連鉱山産電気石はMg含有量が12.64～13.35 wt%とMgに富み，Drauite－Schol固溶体系列において，Dravite端成分に近いことが明らかである．

本試料は明瞭な累帯構造を示すので，組成の変化を検討する目的で，結晶の伸びの方向と直交するように，分析点を12点選び，分析した．全体として，目立って大きな組成の差は認められない．

しかし，第2図に示される様に極めて小さな変化幅ではあるが，FeO/FeO＋MgO＋MnOは中央に比べて周縁部で高い傾向がみられる．他方，Na_2O/Na_2O+K_2O+CaOは内部での値のバラッキが多いが，全体として，内部の方が高い傾向がみられ，前者とは逆の関係を示す（$\gamma=-0.6060$）．周縁部の6点のみについて見れば明らかな負の相関関係が認められる．

各元素間において，$Ca^{2+} \rightleftarrows Na^{+}$（Xの位置），$Fe^{2+} \rightleftarrows Mg^{2+}$（Yの位置）の置換があるものと考えられるが，第3図からは，FeOとMgOの間には何の相関関係も認められない．また，CaOとNa_2Oの増減のパターンは，特に周縁部において同じであり，置換関係において期待される負の相関関係は認められない．

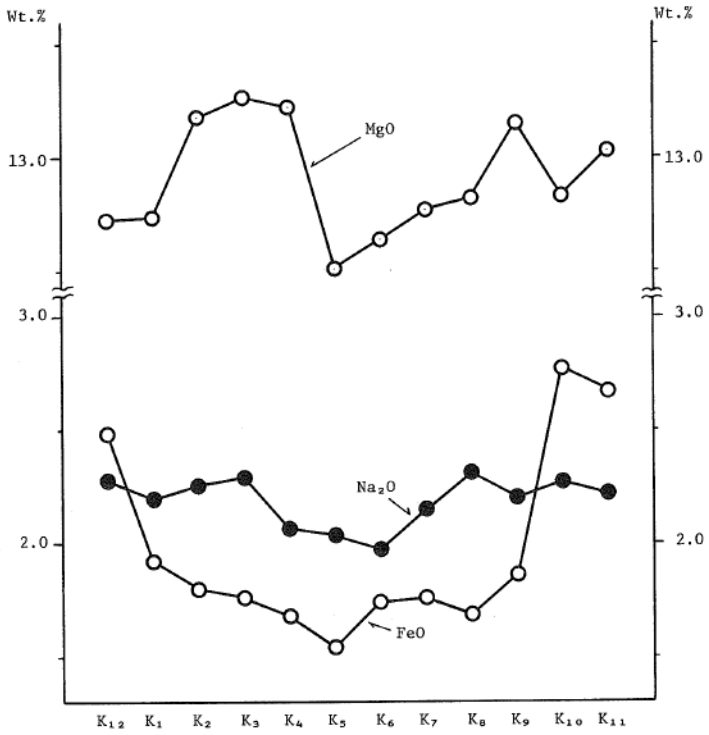
第4図はAl_2O_3とFeO＋MgOの変化について示したもので，両者は極めて明瞭な負の相関関係を示す．ただ，分析点C_{10}のみが，全体に対して，非調和的な値をとる．そこで，C_{10}点を含んで周縁部の組成変化について検討してみると，Al_2O_3はFeOとより良い負の相関関係にあることが分かる．このFeOが高く，Al_2O_3が低い部分は，周縁部の，鏡下で強い多色性を呈する濃色部に対応する．



$Na_2O/Na_2O+CaO+K_2O$：白丸
FeO/FeO＋MgO＋MnO：黒丸
K 1～K 12：分析点，第1図Bの数字に対応

第2図　電気石結晶内の化学組成変化（I）

そのほか，TiO_2 も周縁部で高い値を示す．



第3図　電気石結晶内の化学組成の変化（II）

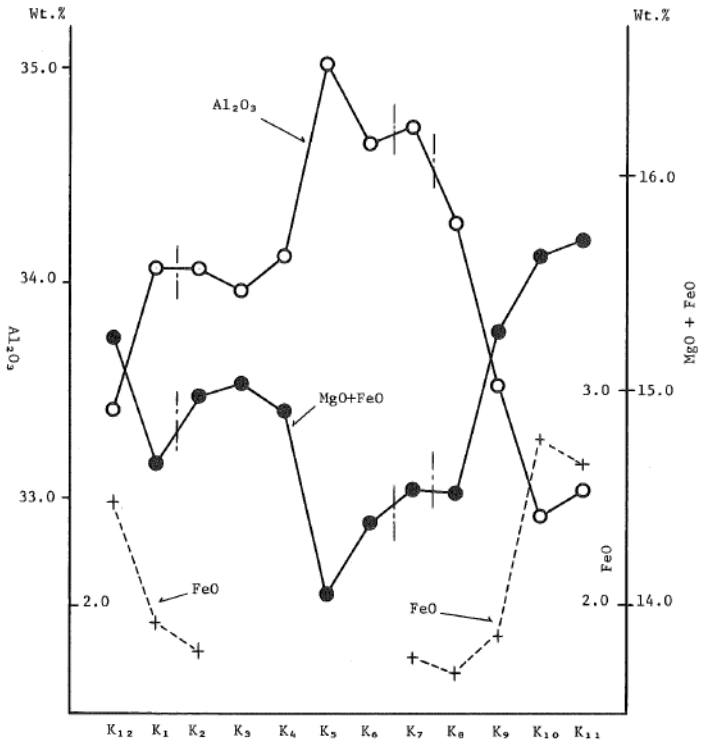
考　　察

電気石は複雑な化学組成を有し，広い範囲で固溶体をつくる．その為，電気石の化学組成は晶出時の地質環境を大きく受けるものと考えられる．

別子型銅鉱床の佐々連鉱山産電気石のＥＰＭＡの分析の結果，これまで報告のある海底熱水性鉱床からの電気石の組成に比べ最も Mg に富むものであることが明らかになった．

顕微鏡下では既述の様に，電気石の晶出時期が少なくとも２回考えられ，その違いに応じて化学組成も異なる．このことについて，Al_2O_3，FeO，MgO の変化に注目すると（第４図），K_1 と K_2 の間で K_7 で不連続になっている．この化学組成上の不連続点と顕微鏡組織との不連続点（累帯構造の境界）との間には若干のずれが認められる．このずれは，化学組成上の不連続点が累帯構造の境界より内側にその濃い色を呈する周縁部の幅とほぼ同じ程度入り込んでる様に見られる．即ち，周縁部の晶出に伴い，内部の化学組成も影響を受け，その範囲は新たに付け加わった部分とほぼ同じ幅である．このことは周縁部の幅が左右で異なる第４図において明らかである．

周縁部の化学組成は主として，FeO をはじめ，CaO，TiO_2 の増加とこれに対応する Al_2O_3 の減少で特徴づけられる．逆に，内部での Al_2O_3 の増加は FeO と MgO の合計の減少と良く対応する．つまり，鉱物組織にみとめられる違いは，単に化学成分の量の違いのみならず，影響を及ぼし合う元



第4図　電気石結晶内の化学組成の変化（III）

素群まで異なるといえる．このことから変成作用に伴う再結晶作用に関係した物理化学的条件が時々で違っていたことを予測させる．特に周縁部における各元素間の明瞭な変化と対応は，最末期の晶出において熱水の関与の可能性をも示唆する．

鉱物学的に，Al 成分に富む電気石ではYの位置において，2価イオン（Mg，Fe^{2+}）を一部3価の Al イオンが置換していることを尾崎（1982）は指摘し，更に，結晶内の電価のバランスをとるために，陽イオン（Na）の一部が抜けることが考えられる（Rosenberg，1975）．このアンバランスはOと（OH）の陰イオンの置換によっても補われることが認められた（尾崎，1982）．

電気石の陽電荷49をもとにしたイオン数を第1表に示した．ここで，Al が Si の位置に入ると考えると，Yの位置に入る Al イオンはほとんどないことになる．しかし，前述のように，Al と FeO+MgO の間に明瞭な負の相関関係が認められることから，Fe^{2+} と Mg の一部を Al が置換しているものと考えられる．これらのイオン数間の関係からも同様である．

Xの位置の Ca と Na のイオン数も Al の増加に応じて，両イオン単独で，また総和でも減少する．即ち，3価のイオンが2価イオンを置換することにより生ずる電価のアンバランスは，Xの位置の陽イオン全体での減少によってバランスされている．

以上のことから，尾崎（1982）や Rosenberg（1975）により指摘されたことが，単一の結晶における組成変化の規模においても存在することが確められた．

海底熱水性鉱床に伴う電気石，特に Tourmalinite と呼ばれる電気石に富む層状岩の成因については，単なる堆積岩などから変成作用により生じたとする考えは，大量のBの起源を十分説明出来

第1表 佐々連鉱山金砂鍾，42-2 SL，W33産珪質縞状鉱中の電気石のEPMA分析結果
分析条件：15KV，2μm(ϕ)，35°(取り出し角)0.025μA(試料電流)
Standard，ケルースト閃石(天然産)

	K_{12}	K_1	K_3	K_5	K_7	K_9	K_{10}	K_{11}
SiO_2	37.35	37.44	37.59	37.65	37.47	37.72	37.15	36.65
Al_2O_3	33.62	34.23	34.46	35.39	35.18	34.06	32.92	32.77
TiO_2	0.38	0.31	0.31	0.26	0.28	0.30	0.41	0.40
FeO	2.50	1.93	1.79	1.56	1.78	1.88	2.77	2.67
MgO	12.81	12.79	13.47	12.64	12.93	13.28	12.83	12.92
MnO	0.04	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.03	0.0
CaO	0.66	0.58	0.51	0.50	0.45	0.48	0.62	0.57
Na_2O	2.29	2.20	2.32	2.05	2.18	2.22	2.27	2.20
K_2O	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Number of ions(on the basis of 49 positive charges)								
Si	5.74	5.76	5.72	5.73	5.70	5.77	5.78	5.76
Al	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Al	0.08	0.20	0.18	0.35	0.31	0.14	0.04	0.07
Fe	0.32	0.25	0.23	0.20	0.23	0.24	0.36	0.35
Mg	2.93	2.93	3.06	3.87	2.94	3.03	2.98	3.03
Ti	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05
Mn	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ca	0.11	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10
Na	0.89	0.66	0.68	0.61	0.64	0.66	0.68	0.67

ないことが指摘されており(Ethier, 1977)，また，グレーディングを示す電気石なども変成作用起源で説明出来ない (Plimer, 1983).

これら電気石の主成分であるBの起源として海底噴気活動が考えられ，Bは海底の堆積面もしくはその近くにもたらされ，鉱床生成時に金属元素の運搬の一端を担ったと考えられている.

佐々連鉱山産珪質縞状鉱に含まれる電気石は粗粒ではあるが，量的には多くない．この程度の電気石の量であれば，海成堆積物中の粘土鉱物の表面に吸着したB量で(Lanergren, 1945)，説明がつくかもしれない．Brockamp (1973) はもしもMgが溶液中又は粘土鉱物の表面に存在すればBを取り上げる割合いはより高くなることを証明している.

海底噴気などにより，より高B濃度の熱水が供給されるならば，そのB吸着量は増すであろう．近年，東太平洋海嶺で発見された現在活動中の多量の重金属を含む熱水堆積物中においてもBが通常の深海堆積物に比べて2倍以上の高い含有量を示す (第2表).

第2表 東太平洋海嶺にみられる熱水性堆積物と通常の深海堆積物の組成 (ppm)

	熱水堆積物	深海堆積物
Si(%)	6.1	25.0
Al	0.50	8.4
Ti	0.02	0.46
Fe	18.0	6.50
Mn	6.0	0.67
Cu(%)	105	74
Ni	430	225
Zn	380	165
Cu	730	250
V	450	120
Cr	55	90
Mo	30	27
As	145	13
Cd	4.0	0.42
B	500	230

Boström and Peterson (1969) より

他方，他の別子型銅鉱床からも同様の産状の電気石が報告されており，Bの濃集と鉱化作用との

間に関連性が認められる．また，佐々連鉱山においては含電気石縞状鉱を金砂本鍾あるいは上鍾の一部とせず独立した中鍾とした方がより構造上の説明がつくことを菊地ら（1967）は述べているが，このことは電気石がある一定の層準に，ある鉱化作用との関係をもって晶出していることを示すものであろう．

以上，海底面もしくはその近くに直接電気石として晶出たことを示すものは認められないが，鉱化作用と関連する海底の熱水活動によりもたらされたBを取込んで，電気石または電気石以前の鉱物が晶出し，更に再結晶作用により粗粒化して来たことが考えられる．

一般に海底熱水性鉱床がMgに富むことは，黒鉱々床にみられる熱水変質作用によりMg－緑泥石が生成するといったMgの富化作用や前述の粘土鉱物にBが吸着する際のMgの働きとの関連が考えられるが，佐々連鉱山産の電気石は極めて高いMg含有量を示すことから，別の要因も考えられる．

Kunits (1929) により報告されているBrown Draviteは白雲岩と滑石片岩といったMgに富む岩石中に，広瀬鉱山産Dravite（北原，1966）は蛇紋岩を貫く斜長石岩中に，またSullivan鉱床のMgに富む電気石はMgに富む緑泥石と密に共生している（Ethier & Campbell, 1977）など，Mgに富む岩石や鉱物との強い共存・共生関係がみられる．

佐々連鉱山産のMgに富む電気石には高Mg岩石や鉱物との関連性を認めない．しかし，鉱床は緑色片岩中に胚胎することから，Mgの一部は塩基性火成岩類に，また一部は海水を含む熱水にその起源を求めることが出来るであろう．換言すれば，Mgに富む電気石の産出は，別子型銅鉱床が塩基性火山活動に伴われた海底熱水性鉱床であるとする説を更に強く支持するものである．

謝　辞

本研究はNew England大学，Australia（1982年度在外研究）滞在中にいくつかの海底熱水性鉱床を見る機会に得たことに始まる．New England大学滞在中多くの便宜をはかって下さったR. L. Stanton教授，電気石に関して御教示頂いたI. R. Plimer博士に心から感謝する．佐々連鉱山の坑内見学においては，当時，探査課の野並集，栗山隆の両氏には大へんお世話になった．ＥＰＭＡ分析は北海道大学・工学部の米田哲朗氏の手をわずらわした．深く御礼申し上げる．

文　献

地質調査所編（1954），日本鉱産誌，Ｉ－ｂ，主として金属原料となる鉱石－銅・鉛・亜鉛－，p.395，東京地学協会発行，砧書房．

土井正民（1959），佐々連鉱山附近の地質と佐々連鉱床群について，鉱山地質，Vol. 9，No.35，p.137－149.

Ethier, V. G. and Campbell, F. A. (1977), Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance, Can. J. Earth Sci., 14, p. 2348－2363.

Freeze, A. C. (1966), On the origin of the Sullivan orebody, Kimerley, B. C., Canad. Inst. Min. Metall. Special Vol. 8, p. 263－294.

堀越義一・木村　正・小林幸二郎（1954），日本の層状含銅硫化鉄鉱床総覧，鉱山地質，特別号第１号，p.53.

Kanehira, K. (1970), Conformable Copper-Pyrite Deposits in the Iimori Mining District, Volcanism and Ore genesis (ed. T. Tatsumi), p. 93－104, Univ. Tokyo Press.

加瀬克雄（1977），別子型銅鉱床，現代鉱床の基礎（立見辰雄編），p.239－249，東京大学出版会．

菊地　豊・高橋　忍・福田博之（1967），佐々連鉱山における構造上の２・３の問題，鉱山地質，Vol.17，Nos.82－83，p.129－138.

北原順一（1966），鳥取県広瀬鉱山産マグネシウム電気石について，岩鉱，56，p.228－233.

小島丈児・秀　敬・吉野言生（1956），四国三波川帯におけるキースラガーの層序的位置，地質雑，62，p.30－45.

Kunitz, W (1929), Beitrage zur Kenntnis der magmatischen Assoziationen. I. Die Mischungsreihen in der Turmalingruppe und die genetischen Beziehungen zwischen Turmalinen und Glimmern, Chemie der Erde, Vol. 4, p. 208. Deer, Howie & Zussman (1962)から引用

日本鉱業協会編（1965），日本の鉱床総覧（上巻），p.561.

尾崎正陽（1982），Al成分に富む天然産および合成電気石の鉱物学的性質，岩鉱，77，p.375－386.

Plimer, I. R. (1983), The association of tourmaline-bearing Rocks with mineralization at Broken Hill, N. S. W., The Aus. I. M. M. Conference, Broken Hill, N. S. W. p. 157－176.

Rosenberg, P. E. and Foit, F. F. Jr. (1975), Alkali-free tourmalines in the system MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O-B_2O_3 (abstr.), Geol. Soc. Amer. Abstr., (7), p. 1250－1251

佐藤壮朗（1983），熱水性鉱床と海底熱水系，海洋科学 Vol.15，No.10，p.582－588.

Sazare mine (1976), Summary of the Sazare ore deposit p. 11, Sumitomo metal mining Co., Ltd. Sazare Mine

Slack, J. F. (1982), Tourmaline in appalachian-Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance, Inst. Mine. Metall. Trans., Vol. 91, Sec. B, p. B81－89.

Stillwell, F. L. (1934) Observations on the zinc-lead lode at Rosebery, Tasmania, Proc. Aust. Inst. Min. Metall., 94, p. 43－67.

（助教授　釧路分校）