

兵庫県生野・明延地区の宍粟モリブデン鉱床

澁江 靖 弘*

(昭和63年9月20日受理)

1. はじめに

兵庫県のほぼ中央部の生野・明延地区には、生野鉱床、明延鉱床をはじめとして多数の金属鉱床が知られている。生野・明延鉱床は、わが国の鉱床の中でも代表的なXenothermal-typeの鉱床であり、同地区の他の多くの鉱床も浅熱水性鉱床と考えられている¹⁾。生野・明延鉱床の成因に関して、鉱床の記載^{2,3)}、関係火成岩についての岩石学的研究⁴⁾、鉱液の性質に関する研究^{5,6)}など多数の研究が行われてきている。

さて、生野・明延地区には、小規模ながらペグマタイト質の宍粟鉱床が存在する⁷⁾。成因的分類を考えると、宍粟鉱床は、生野・明延地区の鉱床の中でも特異な存在であり、鉱床学的見地から興味ある鉱床と言えよう。

本論文ではこれまでほとんど記載のなかった宍粟鉱床について、その鉱化作用の概要と関係火成岩の概要について述べる。なお、鉱液の性質については別⁸⁾に報告する。

2. 位置と生成年代

宍粟鉱床は、宍粟群一宮町の深河谷川の最上流部に位置しており、宍粟鉱床の北北東16kmには明延鉱床、東北東18kmには生野鉱床が位置している (Fig. 1)

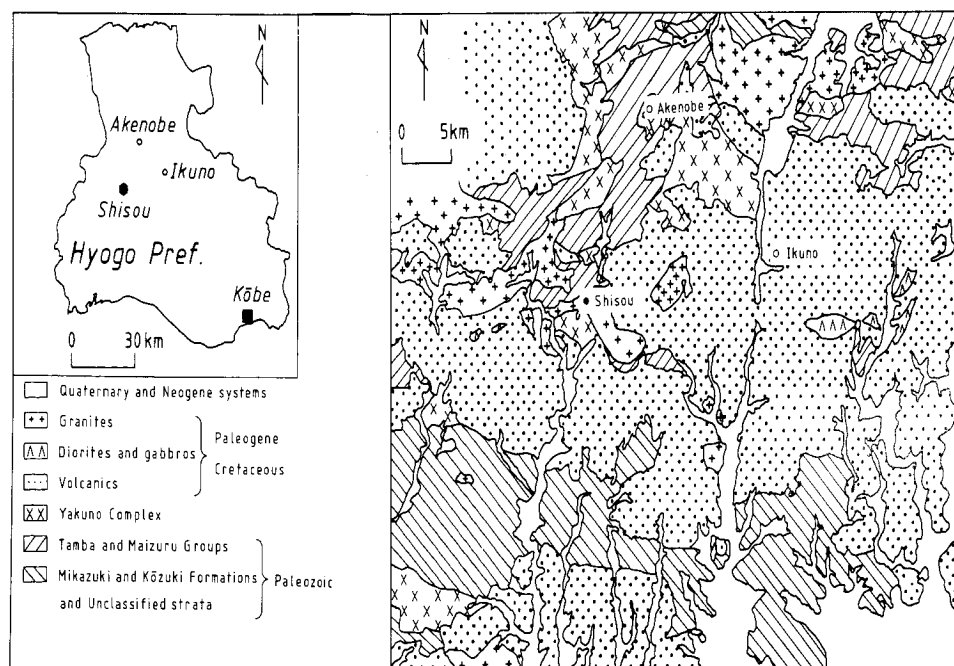


Fig. 1. Locality map of the Shisou molybdenum deposit and the geologic map⁹⁾ of the mined area.

* 兵庫教育大学第3部 (自然系教育講座)

宍粟鉱床の生成年代は、カリ長石のK-Ar年代より $66.4 \pm 3.3 \text{ Ma}^{10}$ と報告されている。生野・明延地区の他の鉱床の生成年代が $54 \sim 75 \text{ Ma}^{4)}$ と報告されているから、宍粟鉱床は、生野・明延地区の鉱床とほぼ同時期に生成したと言える。

3. 鉱床の概要

宍粟鉱床では、一昨年、採鉱作業が行われたが、現在は採掘されていない。若干の鉱徴部が鉱床付近で現在でも見出される。露頭および転石からの観察では、鉱床は黒雲母・角閃石花崗閃緑岩のペグマタイト質部分と、花崗閃緑岩体内の幅数十cmの石英脈より成っている。鉱石鉱物として観察できたのは、輝水鉛鉱のみであるが、他に閃亜鉛鉱や方鉛鉱が産出したとの報告⁷⁾もある。

ペグマタイト質の部分は、主に石英、粒径3～5cmの桃色カリ長石、粒径4～6cmの黒雲母よりなる。カリ長石中にはパーサイト構造は見出されなかった。輝水鉛鉱はカリ長石や石英中に見出される。ペグマタイト質の部分と花崗閃緑岩との境界は明瞭である。

石英脈は、花崗閃緑岩の岩体を切っており、これらの境界も明瞭である。石英脈中には花崗閃緑岩の捕獲岩が含まれており、石英脈は花崗閃緑岩質マグマが固結した後で生成したと考えられる。脈内では石英が量的に卓越し、他の脈石鉱物として、桃色カリ長石、斜長石、黒雲母、および輝水鉛鉱が見出される。ペグマタイト質の部分と同様にカリ長石中にはパーサイト構造は見出されなかった。

これらのサンプル写真をFig. 2に示す。

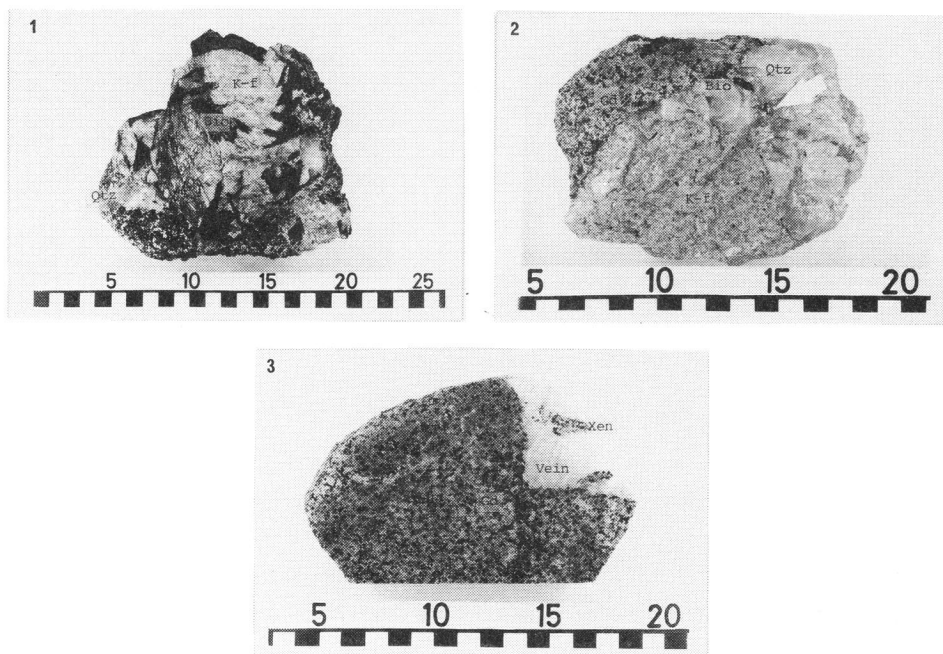


Fig.2. Photographs of the pegmatitic part within the granodiorite body (1) and of the quartz vein (2, 3). Molybdenite in the quartz vein is shown by an arrow (2). Relict of the xenolith of the granodiorite is found in the quartz vein (3). The boundary between the vein and the granodiorite is sharp (3). Abbreviations are as follows: Qtz, quartz; K-f, K-feldspar; Bio, biotite; Gd, granodiorite; Xen, xenolith.

なお、桃色カリ長石の脈が岩体を切っている場合があるが、輝水鉛鉱はこの脈内では見出されなかった。

流体包有物のデータ⁸⁾によれば、均質化温度が400°C以上を越すものや、塩濃度が40 wt% NaCl eq. 以上であるものがある。これは、明延鉱床について得られた流体包有物の均質化温度、塩濃度の値(350°C, 1 wt% NaCl eq. 以下)¹¹⁾¹²⁾ に比べて高温、高濃度である。

4. 花崗閃緑岩

鉱床を胚胎する花崗閃緑岩は全体としては、中粒である。板状の黒雲母と長柱状の角閃石が自形を呈しており、自形あるいは半自形の斑晶状の斜長石が観察される。カリ長石は白色であり、石英脈やペグマタイト中のカリ長石とは、その色調が異なっている。また、あらい格子双晶を示している点でも異なる。

モード分析の結果をFig. 3 とTabl 1に示す。

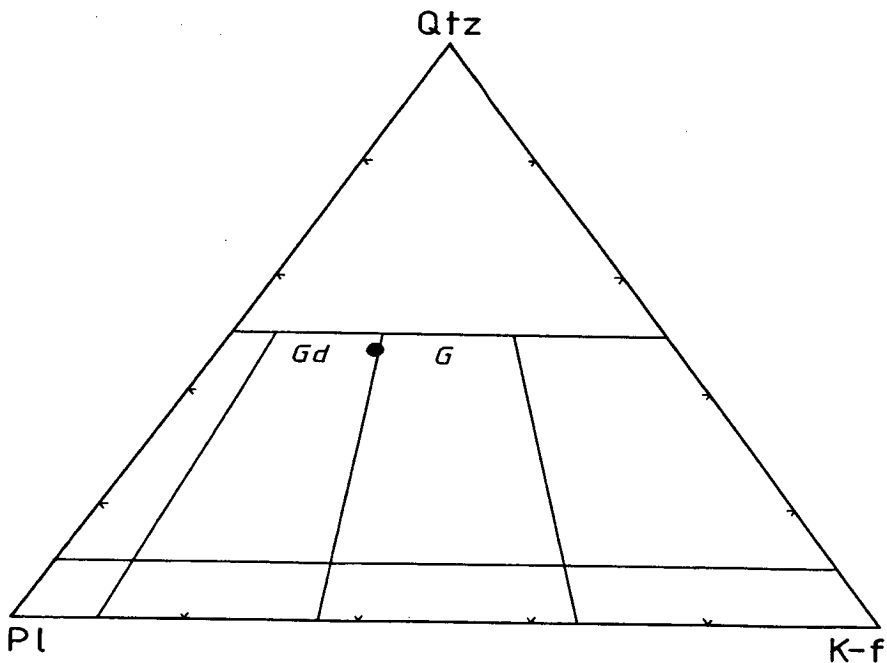


Fig. 3. Modal composition of the Shisou granitic rock.

不透明鉱物として、各薄片内で磁鉄鉱が見出された。宍粟鉱床付近の花崗閃緑岩体の帯磁率⁹⁾は磁鉄鉱系の値を示すが、本研究における観察もこれと調和的である。

なお、鉱床を胚胎する岩体は二次的な風化作用を強く受けており、緑泥石が黒雲母や角

閃石を交代している場合が多い。また、カリ長石や斜長石中にモンモリロナイトやセリサイトが生成している場合が多い。

5. 主要な造岩鉱物の化学組成

ほとんど風化変質を受けていないいくつかのサンプルについて、斜長石、カリ長石、黒雲母、角閃石の化学組成を求めた。

分析には、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー（堀場製EMAX 2000を日立製走査型電子顕微鏡S-450に接続したもの）を主に用いたが、一部の試料については波長分散型X線マイクロアナライザー（日本電子製JXA-5A）も用いた。後者は黒雲母、角閃石、および斜長石とカリ長石の境界部付近の分析に用いた。加速電圧は、いずれも15 kVである。EMAX 2000を使用した際の測定時間は100秒であり、X線の取出角は52.5°である。また、JXA-5Aを使用した際の測定時間は10秒であり、取出角は40°である。X線強度は経験的な補正係数⁽¹⁰⁾⁽¹⁴⁾を用いて重量%に換算した。分析結果をTable 2にまとめて示す。

Table 1. Modal composition of the Shisou granitic rock.

Plagioclase	K-feldspar	Quartz	Hornblende	Biotite	Others
29.8	17.1	40.6	1.9	10.0	0.6

Table 2. Representative analyses of some rock-forming minerals from the Shisou granodiorite body.

	1	2	3	4
SiO ₂	57.77	65.91	40.04	49.61
TiO ₂	0.00	0.10	4.58	0.20
Al ₂ O ₃	25.59	18.76	10.04	16.63
FeO*	0.88	0.10	15.77	7.95
MnO	0.00	0.00	0.12	0.42
MgO	0.00	0.03	14.32	9.66
CaO	7.57	0.00	0.00	12.30
Na ₂ O	5.82	0.66	0.19	0.83
K ₂ O	1.64	14.41	9.38	0.29
Total	99.27	99.95	94.44	97.89

1:Plagioclase (core).

2:K-feldspar.

3:Biotite.

4:Amphibole.

*:Total iron as FeO.

(1) 長石

岩体内の斜長石は累帯構造を示すものがあり, coreからrimにかけて, 組成がAn₄₄ Ab₅₅ Or₁ からAn₃₅ Ab₆₃ Or₂ へと変化する。(Fig. 4)。

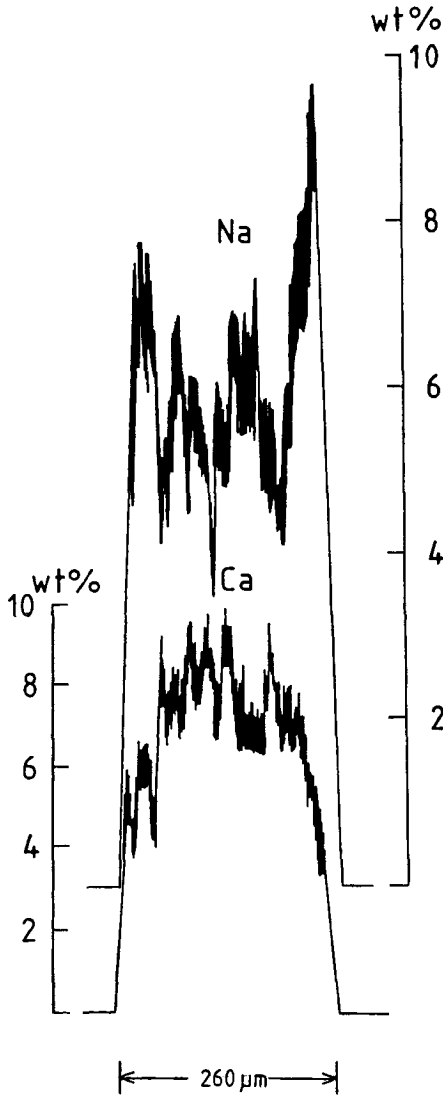


Fig. 4. Scanning profile of zoned plagioclase.

カリ長石の分析結果をAn-Ab-Orの三角図にプロットすると, Fig. 5 のようになる。An 成分をかなり固溶するのがあり, その最大値は17mole%である。岩体内のものはAn成分の変化が大きい, 石英脈中のカリ長石はOrの端成分に近いもののみであった。

共存する斜長石とカリ長石の組成より, 平衡になった温度を次式より求めることができる¹⁵⁾。

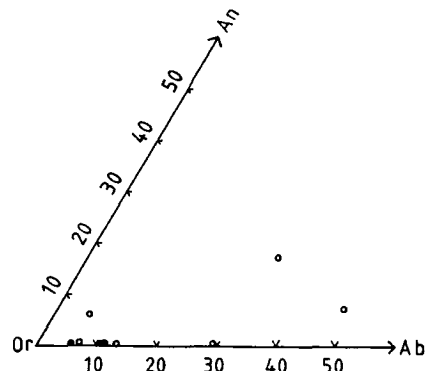


Fig.5. Triangular plots of the chemical compositions of K-feldspars. Open circles denote K-feldspar from the granodiorite, and solid circles denote K-feldspar from the quartz veins.

$$T = \left[(X^{AF_{Or}})^2 \{ (18810 + 17030 X^{AF_{Ab}} + 2.364P) - (X^{PI_{An}})^2 (28230 - 39520 X^{PI_{Ab}}) \} \right] / \left[10.3 (X^{AF_{Or}})^2 + 8.3143 \ln \{ (X^{PI_{Ab}})^2 (2 - X^{PI_{Ab}}) / X^{AF_{Ab}} \} \right]$$

T, Pの単位は、それぞれ、Kelvinとbarである。また、 $X^{AF_{Or}}$, $X^{AF_{Ab}}$, $X^{PI_{An}}$, $X^{PI_{Ab}}$ は、それぞれ、カリ長石中の $KAlSi_3O_8$, $NaAlSi_3O_8$ と、斜長石中の $CaAl_2Si_2O_8$, $NaAlSi_3O_8$ のモル分率を表す。花崗閃緑岩岩体と石英脈中とで、共存する斜長石とカリ長石の組成から上式を用いて平衡温度を求めた。組成として、いずれの鉱物についてもrimの値を用いた。結果をFig. 6に示す。

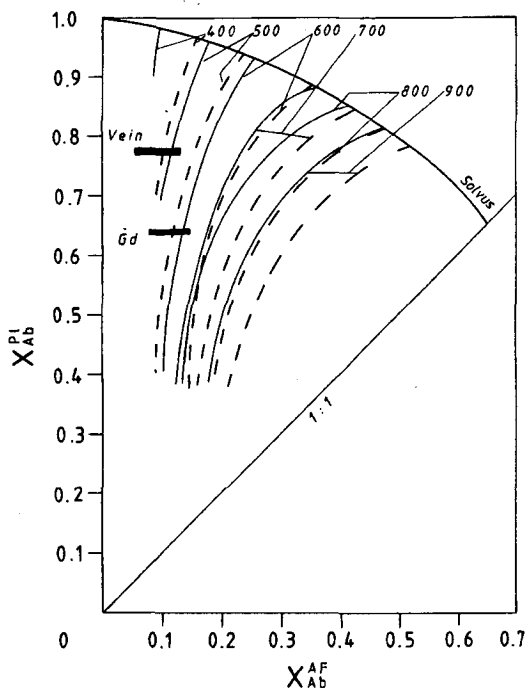


Fig. 6. Chemical compositions of coexisting alkali feldspar and plagioclase from the granodiorite (Gd) and quartz veins (Vein). Solid and dashed lines show the isotherms at 6 kbar and 1 bar pressures, respectively. Orthoclase component in plagioclase and anorthite component in alkali feldspar are corrected by projecting the ternary compositions onto the binary joins¹⁵⁾.

1 barと6 kbarの等温線を比較すると、圧力の影響は小さいこと分かる。したがって、Fig. 6より、石英脈中の長石の方が岩体内のものに比べて、低温で平衡になったと言えよう。さて、長石の平衡温度は、これらの鉱物の晶出温度を表すものではないが、生成温度の相対的な尺度に成りうる。石英脈の大きさから考えて、石英脈生成後の冷却速度が岩体生成後の冷却速度に比べて遅いとは考え難い。むしろ、パーサイト構造が石英脈中のカリ長石には見出されない事から、石英脈の方が速く冷却したと考えられる。岩体に比べて速く冷却し、しかも長石の平衡温度が低い値を示すという観察および測定の結果は、石英脈の方が岩体より低温で生成した事を示している。この事は、石英脈が岩体固結後に生成したという組織からの観察を裏付けている。

(2) 黒雲母・角閃石

花崗岩類中の黒雲母、あるいは角閃石の化学組成が $Mg / (Fe + Mn + Mg)$ 比、あるいは $Mg / (Mg + Fe)$ 比とSiの原子数の関係において、広域的に変化することが知られている¹⁶⁾。山陰地域の花崗岩の多くは磁鉄鉱系に属するのに対し、山陽地域や領家帯の花崗岩の多くはチタン鉄鉱系に属する。磁鉄鉱系の花崗岩はチタン鉄鉱系の花崗岩に比べて高い酸素分圧の条件下で固結したために、黒雲母や角閃石中の $Mg / (Fe + Mg + Mn)$ 比、あるいは、 $Mg / (Mg + Fe)$ 比が相対的に高くなっていると考えられている¹⁷⁾。

本研究で得られた黒雲母の分析値を $Mg / (Fe + Mn + Mg)$ とSiに関してプロットするとFig. 7のようになり、角閃石の分析値を $Mg / (Mg + Fe)$ とSiに関してプロットするとFig. 8のようになる。黒雲母中の $Mg / (Fe + Mn + Mg)$ 比は、山陰地域の花崗岩中のものの範囲とほぼ同じである。また、角閃石中の $Mg / (Mg + Fe)$ 比は山陰地域の花崗

岩中の角閃石の値よりも大きい。これらの結果は本岩体が高い酸素分圧のもとで固結した磁鉄鉱系の花崗岩の岩石学的特徴をよく示していると言えよう。

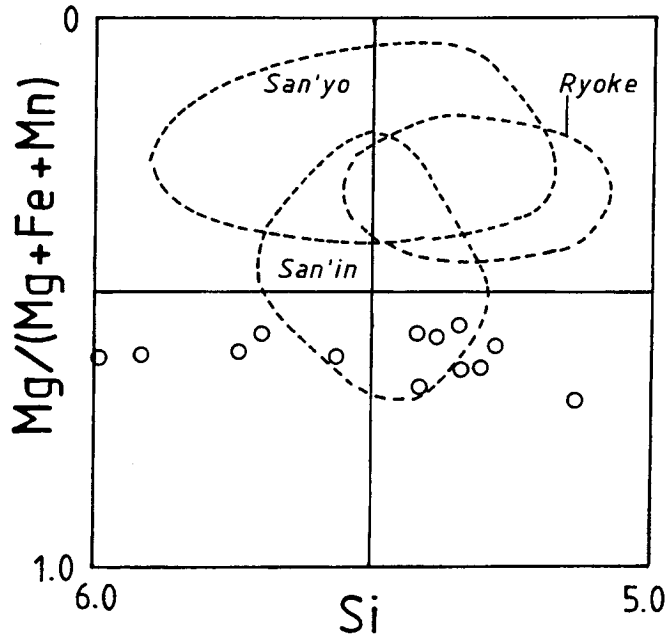


Fig.7. $Mg / (Mg + Fe + Mn)$ ratio-Si atoms in the standard cell of biotite. The analytical results for the Shisou granodiorite are shown by circles. Data¹⁶⁾ for the Ryoke, San'yo, and San'in provinces are also shown.

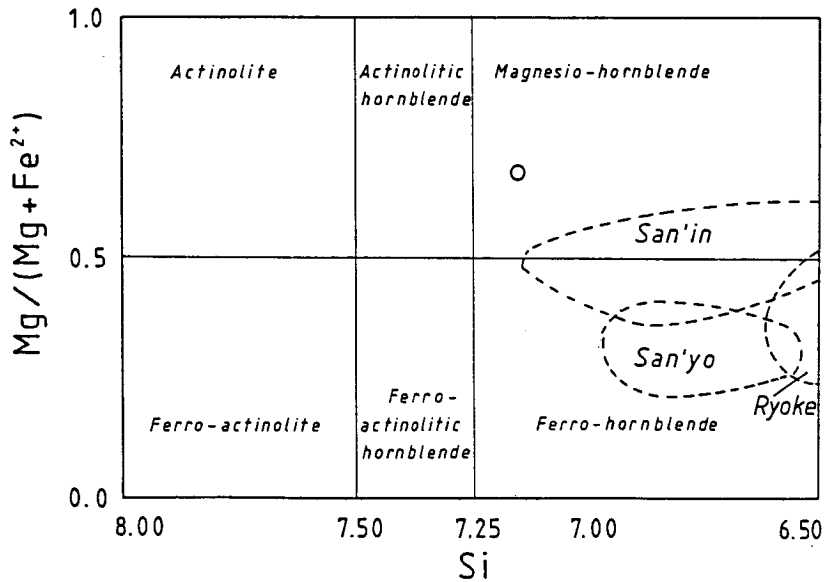


Fig.8. $Mg / (Mg + Fe^{2+})$ ratio-Si atoms in the standard cell of amphibole. The analytical result for the Shisou granodiorite is shown by a circle. $Mg / (Fe^{2+} + Mg)$ ratio is recalculated, by considering the stoichiometry and the charge balance¹⁶⁾. Data¹⁶⁾ for the Ryoke, San'yo, and San'in provinces are also shown.

6. 要 約

生野・明延地区の宍粟モリブデン鉱床について、その概要と鉱床を胚胎する黒雲母-角閃石花崗閃緑岩の概要について示した。本岩体は磁鉄鉱系の特徴を、その鉱物組成、黒雲母と角閃石の化学組成において示している。輝水鉛鉱を含む石英脈は、組織上、また、長石の化学組成の上からも、岩体固結後に生成したものの考えられる。

7. 謝 辞

本研究を始めるにあたって、読売新聞社静岡支局の塩沢拓也氏から種々の御教示を頂いた。記して感謝する。

また、地学教室の徳山明教授からは激励をうけ、西村年晴助教授からはEMAX 2000の使用法について教示を受けた。大阪市立理学部地学教室相川信之講師、益田晴恵博士には、同教室に設置されているX線マイクロアナライザー (JXA-5A) の使用に便宜をはかっていただいた。これらの方々に謝意を表する。

文 献

- 1) 例えば、石垣参策・日下部吉彦・滝本清 (1973) : 鉱床概説。日本地方鉱床誌 近畿地方 (滝本清編), 朝倉書店。
- 2) 丸山定男 (1959) : 生野鉱山の帯状配列と探査。日本鉱業会誌, No.855, 673-677。
- 3) 池田周作 (1970) : 明延鉱山の帯状分布と探鉱について。鉱山地質, 20, 114-124。
- 4) 石原舜三・佐藤興平・月村勝宏 (1981) : 明延鉱床に関する若干の問題について。鉱山地質, 31, 147-156
- 5) YAMAMOTO, M. (1974) : Distribution of sulfur isotopes in the Ryusei vein of the Akenobe mine, Hyogo Prefecture, Japan. *Geochem. J.*, 8, 75-86.
- 6) 松久幸敬・佐藤憲隆・武内寿久禰 (1980) : 明延鉱山産脈石英の酸素同位体組成と鉱液の起源-予報-。鉱山地質, 30, 251-254。
- 7) 日本鉱業新聞社 (1917) 水鉛。
- 8) 澁江靖弘 (1989) : 島根県川平・清久鉱床, 兵庫県宍粟鉱床, 福井県中竜鉱床仙翁坑産鉱物中の流体包有物。鉱山地質 (印刷中)。
- 9) 地質調査所 (1981) : 20万分の1地質図。姫路。
- 10) 金属鉱業事業団 (1982) : 昭和56年度広域調査報告書。播但地域。
- 11) 塩沢拓也 (1985) : 明延鉱山智恵門脈の流体含有物と鉱化作用。鉱山地質, 35, 84。
- 12) 金属鉱業事業団 (1978) : 昭和52年度広域調査報告書。播但地域。
- 13) BENCE, A.E. and ALBEE, A.L (1968) : Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides *J.Geol.*, 76, 382-403.
- 14) NAKAMURA, V. and KUSHIRO, I (1970) : Compositional relations coexisting orthopyroxene, pigeonite, and augite in a tholeiitic andesite from Hokone volcano. *Contr. Min. Petrol.*, 26, 265-275.
- 15) HASELTON, H.T.Jr., HOVIS, G.L., HEMINGWAY, B.S., and ROBIE, R.A. (1983) : Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in analbite-sanidine solid solution: lack of evidence for Na, K short-range order and implications for two-feldspar thermometry. *Amer. Min.*, 68, 398-413.
- 16) SHIMZU, M. (1986) : The Tokuwa batholith, central Japan-An example of occurrences

of ilmenite-series and magnetite-series granitoids in a batholith. Univ. Mus. The Univ. Tokyo Bull., **28**, 1-146.

- 17) ISIHARA, S. (1981) : The granitoid series and mineralization. Econ. Geol., **75th Annive. Vol.**, 458-484.
- 18) ROBINSON, P., SPEAR, F. S., SCHUMACHER, J. C., LAIRD, J., KLEIN, C., EVANS, B. W., and DOOLAN, B. L. (1982) : Phase relations of metamorphic amphibole: Natural occurrence and theory. Reviews in Mineralogy, **9A**, 1-227.

Shisou molybdenum deposit in Ikuno-Akenobe
district, Hyogo Prefecture, Japan

Yasuhiro SHIBUE

Outline of the mineralization of the Shisou pegmatitic molybdenum deposit and chemistry of some minerals from the deposit are described. Modal analysis of the related granitic rock and the chemical compositions of biotite and hornblende show that the granitic rock belongs to the magnetite-series.

Based on the textural observation and the analytical results on two feldspars, it is shown that the quartz veins containing molybdenite were formed after the solidification of the granitic magma.