ては既に筆者の一人¹⁾が述べたところである。

黒雲母中の多色性ハロで柱状ジルコンの両端にのみハロの発達をみることがあるが、かかる例は、非放射性ジルコンの外側部で、放射性物質に富んだ部分が特に両端にのみ生長した場合である。

6 要 約

1. 行者山花崗岩中の放射能鉱物はモナズ石及びジルコンが主なものである。
2. 放射能鉱物は花崗岩塊の周縁に多く、且強いものがある。
3. ホルンフェルス中にも弱いものがある。
4. 大谷鉱山附近のものは鉱化作用と関係があるらしい。
5. 微粒鉱物では鉱物の小さいものが放射能が強いことが多い。
6. ジルコンに於て著しい放射能の不均一が認められる場合がある。

秋田県太良鉱山産鉱石の離溶共生について*

Unmixing textures of the ores from the Daira mine,
Akita Prefecture.

荻 木 浅 彦 (Asahiko Sugaki)**

田 代 忠 一 (Chuichi Tashiro)**

Abstract: Under the microscope, some unmixing intergrowths are found in chalcopyrite and sphalerite from the Daira mine, Akita Prefecture, which is working on the zinc and lead veins filling up the fissures in the Tertiary tuff and mudstone. They show the textures as follows;

- 1) Lamellar and drop-like crystals of pyrrhotite in chalcopyrite.
- 2) Skeletal crystals of sphalerite in chalcopyrite.
- 3) Emulsoidal crystals of chalcopyrite in sphalerite.
- 4) Lamellar and fine drop-like cubanite in emulsoidal chalcopyrite in sphalerite.
- 5) Emulsoidal chalcopyrite in skeletal crystals of sphalerite in chalcopyrite.

From the assemblages of minerals and the results of the thermal experiments, these intergrowths are belived to have been formed by unmixing of solid solutions produced at high temperatures. Therefore, a part of the ore veins of the Daira mine may be said to have been formed at high temperatures.

ま え が き

秋田県太良鉱山産鉱石を反射顕微鏡下に検すれば、1) 黄銅鉱中の葉片状乃至滴状磁硫

1) I. Hayase; Mineral. Jour., 1, 147~159, 1954

* 1956年 2月 17日 鉱山地質学会にて講演

** 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

鉄鉱、2) 黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶、3) 閃亜鉛鉱中における懸滴状黄銅鉱内のキューバ鉄葉片等固溶体の離溶産物と思われる共生体が見出される。これらの離溶共生は普通接触交代鉄床や深乃至中熱水鉄床等比較的高温の生成と考えられる鉄床より産し、またこれらの共生に関する加熱実験の結果もこの事柄を実証している。若し今この事実を認めるならば、太良鉄床の生成温度は、従来考えられている様な低温ではなく、少なくともその一部は浅成高温の状態を考えなければならない。その認識は東北地方第三紀熱水鉄床の生成条件を推定する上に重要であると思われるので以下この様な見地から太良鉄山産鉄石の離溶共生について報告する。

鉄 石 の 産 状

太良鉄床¹⁾は第三紀中新世の緑色凝灰岩、一部硬質黒色頁岩を母岩とせる浅成縞状鉄脈で、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主とし、これに黄銅鉱、黄鉄鉱を伴うほか脈石鉱物として石英、方解石、菱マンガン鉱及び僅量の緑泥石等を産する。母岩は普通鉄脈の附近で珪化を蒙っているほか一部14号鍾下部では細脈状の絹雲母様粘土の発達が見られる。

鉄石鉱物のうち閃亜鉛鉱は鉄脈の縞状構造中外側に普通産し、時に方鉛鉱或は黄銅鉱と組合つて塊状を呈するが、屢々1~2cm大のo, a及びd等の面の発達する美晶として産する。反射顕微鏡下で閃亜鉛鉱は塊状の黄銅鉱及び方鉛鉱と滑かな曲線で接しあうが、一部は黄銅鉱の細脈にて貫ぬかれる一方黄銅鉱中に交代された島状として産する。また、他の一部のものは石英にともなつて逆に黄銅鉱を切っている。

方鉛鉱は前者と共に産出鉄物中主要なもので、鉄床の上部において特に発達が良く、屢々1~3cm大のa及びo面の発達せる結晶集合体として産する。これは時に閃亜鉛鉱及び黄銅鉱を伴ない、鉄脈中閃亜鉛鉄縞の内側にみられ、鏡下では上記両鉄物と相接して産するほかこの両鉄物及び黄鉄鉱等の接合部の境界に沿つて小塊状、滴状或は細脈として存する。この方鉛鉱は含銀方鉛鉱で鉛精鉱中銀品位1000g/t内外に達することも稀でなく、高倍率の顕微鏡下でHNO₃(1:1)に犯されない灰白色微粒状の鉄物が認められる場合がある。含銀鉄物の疑があるが、詳細は不明。

黄銅鉱は少量産する。屢々閃亜鉛鉱と共に普遍的に存するが、14号鍾では中部において発達よく下部で減少する傾向がある。顕微鏡下で小塊状、滴状或は葉片状の磁硫鉄鉱を含み、KCN+H₂O₂による腐蝕像は葉片状または聚片双晶状等少々複雑な模様を呈する。

1) 伊藤昌介、福本博美；地質雑、55, 141~142, 1949。伊藤昌介；地調月報、1, 194~199, 1950, 地調報告、No. 143, 11~16, 1951。林高朗；東北大岩礦卒論 1953, 鉄山地質、4, 42, 1954。

第1図の説明

A, B; 黄銅鉱(淡色)中の閃亜鉛鉄骸晶(暗黒色)×380, C; 黄銅鉱(淡色)中の滴状閃亜鉛鉄(暗色)×380, D; 黄銅鉱(淡灰色)中の島状磁硫鉄鉄(淡色)及び骸晶状閃亜鉛鉄(暗黒色)×380, E; 黄銅鉱(灰色)中の滴状磁硫鉄鉄(淡色)×330, F; 黄銅鉱(灰色)中の葉片状磁硫鉄鉄(淡色)×330, G; 閃亜鉛鉄(暗色)中の懸滴状黄銅鉄(淡色)×380, H; 黄鉄鉄(灰色)中の閃亜鉛鉄鉄骸晶(暗灰色)×330。

第 1 圖

黄鉄鉱 また少量であるが、屢々黄銅鉱及び閃亜鉛鉱に伴なうほか母岩或は粘土脈中に正6面体式の結晶として鉱染する。

石英、方解石、菱マンガン鉱等の脈石礦物は縞状鉱脈の中央内部に産して屢々晶洞構造をなす。そのうち石英は長さ5~10cmに達する三角柱状を呈し、時に肉眼的な液体包裹物を有する。石英の一部を除きこれら脈石礦物はその産状より大部分金属鉱物品出期より晩期の生成物で金属鉱物を明かに細脈状に貫ぬくものも稀でない。今主要産出鉱物の晶出順序を示せば第2図の様である。

第2図 産出鉱物の晶出順序

離 溶 共 生

上記の閃亜鉛鉱、黄銅鉱及び黄鉄鉱等を反射顕微鏡下に検すれば以下述べる様な高温性と考えられる離溶共生がみとめられる¹⁾。

黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶 顕微鏡下で殆んど常に黄銅鉱中には閃亜鉛鉱の骸晶がみられる。この骸晶は第1図の如くやゝ樹枝状のものから黄銅鉱の結晶学的方向に支配された星状骸晶まで種々のものがあり、その大きさも1~6 μ 大のものから15~20 μ 稀に50 μ に達する大形のものまで一定しないが、大形のものは概して不規則形或は不完全星状を呈する。星状骸晶は普通1~6 μ 大で、十字形を呈するもの、四辺形の輪廓を有し、屢々その尖端より4方に射出するもの、或は単に1点より3方向3叉状に射出するもの等であるが、その多くは4回或は3回対称を示し、且つ黄銅鉱の同一面内では同一形状を呈する。これらの点より上記の星状骸晶は恐らく黄銅鉱の(100)、(001)或は(111)等の方向に沿って閃亜鉛鉱が固溶体より析出した結果生じたものと推察される²⁾。なおこのほか閃亜鉛鉱骸晶は屢々黄銅鉱粒の境界に沿って現出する場合がある。黄銅鉱中におけるこれら骸晶の分布は均一でなく場所により稍々著しく異なる。

上記の黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶を電気炉中で加熱すれば、既報³⁾の如く、400°C, 24

1) 検鏡及び加熱実験に供した試料は主として14号鍾(上坑より-90m坑まで)、一部15号鍾、210尺鍾及び300尺鍾産のものである。

2) Gruner, J. W.; Am. Min., 14, 470~481, 1927

3) 荻木浅彦, 田代忠一, 林高朗; 岩礦, 40, 12~21, 1956

hrs. 加熱では殆んど骸晶の変化はみられないが、425°C, 24hrs. 加熱附近より骸晶は僅かながら黄銅鉱中に吸収し始められ、450°C, 24hrs. 加熱ではかなりの量拡散して骸晶の減少が目立ち、更に 480°C, 24hrs. では大半消失して僅か残存する程度となり、500°C, 48hrs. 加熱で骸晶は完全に吸収されて見えなくなってしまう。

黄銅鉱中の小滴及び虫状閃亜鉛鉱 屢々黄銅鉱中に第1図 E の様な閃亜鉛鉱の小滴や虫状のものがみられる。小滴状のものは大きさ 3~6 μ で、その分布は不均一で部分的に

第3図

晶洞中の六角板状黄鉄鉱（暗色） $\times 8$

限られて散在し、一方虫状のものは長さ 150~200 μ 、巾 10~20 μ でやゝ不規則な形をなし、主に黄銅鉱結晶粒の境界に沿ってみられ、発達著しき場合には準細胞状組織を呈する。この小滴及び虫状閃亜鉛鉱も上記閃亜鉛鉱骸晶と同様固溶体の離溶産物とみなされ、概してこれらはその骸晶のみられない部分に現出する傾向がある。これまた 500°C, 48hrs. 加熱で完全に消失する。

黄銅鉱中の磁硫鉄鉱 黄銅鉱中殆んど常に磁硫鉄鉱¹⁾を存する。これは葉片乃至蠕虫状、紐状、小滴状或は小塊乃至島

状等を呈し、そのうち葉片乃至蠕虫状のものは長さ 50 μ 、巾 2~8 μ で主として1方向に平行状に配列するが、時には略々直交する2方向に配列し、準格子状組織を呈する。小滴状のものは大きさ 5~20 μ の単結晶で黄銅鉱全体に亘って散在するが、屢々この数粒が黄銅鉱の結晶粒界に群がって産している。これら葉片乃至蠕虫状或は小滴等の磁硫鉄鉱（第1図 E, F）はその産状より黄銅鉱—磁硫鉄鉱固溶体の離溶産物と考えられる。また紐状のものは長さ 0.3~1.0mm、幅約 5 μ で黄銅鉱の結晶界に沿って産し、これまた上記同様固溶体の離溶産物と推定される。これら離溶性磁硫鉄鉱は 550°C, 48hrs. 加熱で黄銅鉱中に消失する。一方小塊状のもの（第1図 D）は大きさ 100~150 μ の稍々不規則な島状で、直交ニコル下で明瞭に粒状構造を現わし、稀にその内部に 2~3 μ 大の閃亜鉛鉱骸晶または細滴を有する（第4図）。この骸晶の成因は明でないが、上記した黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶によく類似している。小塊状磁硫鉄鉱は成因的に滴状磁硫鉄鉱とは異なり、恐らく初生産物と考えられる。

閃亜鉛鉱中の懸滴状黄銅鉱 黄銅鉱、方鉛鉱等と密接に組合つて産する閃亜鉛鉱を反射顕微鏡下で観察すれば、屢々その内部に 3~5 μ 以下の細滴状黄銅鉱が多数懸滴状をなして存

1) 反射顕微鏡下で淡褐色を帯びたクリーム色を呈し、直交ニコル下で黄灰褐色より褐青灰色をへて青灰色に変化する顕著な異方性を有し、硬度は周囲の黄銅鉱より稍々硬く、KCN(20%)、FeCl₃(20%)、HgCl₂(sat.) では犯されないが、KOH(sat.) では褐変して青色を呈し、HNO₃(1:1) で僅かに淡褐色に変化され、また HCl(1:1) でも時に極く僅かに犯されるが、この反応は明でない。之等の性質は従来記載された磁硫鉄鉱の性質と極めてよく一致する。

する。しかしその分布¹⁾は不均一で、閃亜鉛鉱の全面に亘って懸滴組織をなす場合は少く、普通閃亜鉛鉱中部分的に限られ、特に閃亜鉛鉱結晶粒の中央部或はその附近に存することが多い。かゝる共生組織を有する閃亜鉛鉱を薄片とし透過光線にて観すれば、懸滴状黄銅鉱を含有する部分の閃亜鉛鉱は暗褐色を呈するが、黄銅鉱細滴を含まない部分のそれは淡黄褐色を示し、固溶濃度の相違を物語っている。一般に閃亜鉛鉱粒の中央部は暗褐色を呈し、その周縁部が淡黄褐色になる傾向があり、黄銅鉱細滴は屢々前者中その劈開或は結晶粒の境界に沿って配列し、その発達が顕著な場合準空胞状或は準格子状の組織を呈する。この閃亜鉛鉱中の懸滴状黄銅鉱も固溶体の離溶産物と認められる。

黄銅鉱懸滴中のキューバ鉱物 第5図の如く、上記の閃亜鉛鉱中の黄銅鉱細滴を高倍率で観察すればその内部に屢々淡紅色を呈す $0.5\sim 1.0\mu$ 程度の細粒或は葉片が認められる。この鉱物は極めて微粒のため決定し難いが、反射顕微鏡下の性質ではキューバ鉱に最も良く一致して居り、その産状も河山鉱山産閃亜鉛鉱中の黄銅鉱-キューバ鉱共生²⁾によく類似している。この共生体の鉱脈中の分布は比較的広く、14号鍾、200尺鍾、300尺鍾産鉱石等に見られ、特に14号鍾では試料を採集した上3坑道より、-90m坑迄上下約140m間の鉱石すべてに見出された。この共生体も黄銅鉱-キューバ鉱固溶体の離溶によるものと推定され、閃亜鉛鉱-黄銅鉱固溶体の2段離溶の現象を考えなければならない。

閃亜鉛鉱骸晶中の細滴黄銅鉱 黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶については既に述べたが、その骸晶中特に $20\sim 50\mu$ 大のものの中には第6図の如き細滴状の黄銅鉱がみられる。この細滴はまた離溶性の滴状或は蠕虫状閃亜鉛鉱中にも屢々観察され、いずれも黄銅鉱-閃亜鉛鉱固溶体の2段離溶産物と考えられる。

黄鉄鉱について 黄鉄鉱は閃亜鉛鉱、黄銅鉱と密接に

1) 懸滴状黄銅鉱の量は山口県河山鉱山及び栃木県足尾鉱山産閃亜鉛鉱中のそれに比べて遥かに少ない。

2) 中村威; 地質雑, 55, 159, 1948

第4図

磁硫鉄鉱 (Pr) 中の骸晶状閃亜鉛鉱 (Sp). Cp, 黄銅鉱.

第5図

閃亜鉛鉱 (Sp) 中の黄銅鉱懸滴 (Cp) と懸滴中のキューバ鉱葉片及び細粒 (黒色部)

第 6 図

黄銅鉱(Cp)中の閃亜鉛鉱骸晶(Sp)及び骸晶中の黄銅鉱細滴(黒点部)

組合つて産するが、顕微鏡下で閃亜鉛鉱及び黄銅鉱中に略々自形或はそれに近い形で多少閃亜鉛鉱または黄銅鉱にて交代されたもの、閃亜鉛鉱を細脈状に貫ぬくもの及び石英の柱状結晶と共生し晶洞中に産するもの等比較的早期の鉱化作用によるものからや、晩期の晶出物まで認められる。そのうち黄銅鉱、一部閃亜鉛鉱中に自形或はそれに近い塊状を呈するものを高倍率の反射顕微鏡で観察すれば、その内部に第 1 図 H の如く大きさ 5μ 程度の閃亜鉛鉱骸晶を含有する¹⁾。その産状は既述した黄銅鉱中の閃亜鉛鉱骸晶に極めてよく類似している。その成因²⁾として固溶体の離溶または交代作用の 2通りが考えられるが、離溶産物である可能性が強い。この様な閃亜鉛鉱骸晶は晩期の細脈状黄鉄鉱や晶洞中に産する黄鉄鉱中にはみられない。

一方柱状結晶の石英と共生し、晶洞中に産する黄鉄鉱には第 3 図の如き大きさ $3\sim 10\text{mm}$ 内外の六角板状の結晶を呈するものがあるが、この結晶形は黄鉄鉱固有のものとは認め難く、その形態より恐らく磁硫鉄鉱の結晶が黄鉄鉱化されたものと推察される。なお顕微鏡下で本結晶中には残留鉱物を認めない。

以上記載した様に太良鉱山産鉱石中には浅熱水性鉱床に珍らしい多くの興味ある離溶共生がみられる。今その関係を一括図示すれば

括弧内は実験固溶温度。但し * 印は G. M. Schwartz の実験値⁴⁾

- 1) これと全く同様な共生関係は足尾鉱山銀盛産産鉱石中でもみられる。
- 2) Jankovic, S.; Neues Jahrb. Min., Monatsh., 224~232, 1955.
- 3) $350^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 附近で固溶を始める。(Sugaki, A. and Yamae, N.; Sci. Rept. Tohoku Univ., Ser. 3, 4, 103~110, 1952)
- 4) Schwartz, G. M.; Econ. Geol., 22, 44~61, 1927. 荻木浅彦; 岩礦, 37, 51~58, 1953.

の様である。しかし閃亜鉛鉱固溶体 A と黄銅鉱固溶体 B との関係は明でなく、鏡下の観察結果では前者の方が固溶体 B より早期に晶出したと推察されるが、今のところ両固溶体の晶出温度を規定する資料を有さない。従つて固溶体 A, B 両者を通じての離溶順序を定めることは出来ない。またこのほか離溶産物である可能性の強い磁硫鉄鉱及び黄鉄鉱中の閃亜鉛鉱骸晶が存するが、これが果してどの時期に生成されたかは明でなく、この骸晶の成因と共に今後に残された問題である。

結 び

従来浅熱水性の鉱床と考えられている秋田県太良鉱山から普通高温性の鉱床より産するとされている数種の離溶共生体が見出された。これらの共生は筆者等の加熱実験及び従来の資料によれば 400°C (または 350°C) 乃至 550°C 附近の比較的高温で固溶体を形成し、上記の事実を裏書きしている。しかしその温度は簡単な実験条件下の結果であり、この値を直ちに圧力その他熱水条件の加わつた自然界の鉱床生成温度として採用するわけには行かないが、1) 上記の離溶共生が接触交代鉱床や深乃至中熱水鉱床等比較的高温性と考えられている鉱床から産することや、2) 同じく高温性鉱床からの産物とみられている初生的な塊状磁硫鉄鉱及びこれの仮像らしい黄鉄鉱の現出等から併せ考えれば一応高温の条件下で太良鉱床の生成が行なわれた疑が強くなつて来る。この点更に多くの他の面からの資料を集めた上でなければ断言出来ないが、この様な事実は東北日本第三紀浅熱水鉱床の生成に関する参考資料として重要視さるべきである。

摺筆するに当り種々御指導を賜つた渡辺万次郎先生及び竹内常彦先生に衷心より感謝申上げる。また試料採集に際し種々御便宜を与え下さつた太良鉱業所石塚義彦所長、谷内末吉及び高橋明俊両氏に感謝の意を表する。

なお本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によつた。こゝに明記して謝意を表する。

三頭山石英閃緑岩の弾性係数の測定について

On the measurment of modulus of elasticity of quartz-diorite at Mito-Yama, Tokyo.

倉 持 文 雄 (Fumio Kuramochi)*

Abstract : The writer measured the modulus of elasticity on dry condition from 5 cm. cube test-pieces of the Tertiary quartz-diorite which occurs at Mito-yama, Okutama Town, Tokyo. At beforehand with the measurement, he also measured the apparent specific gravity, the absorption of water, and the porosity. These experimental results are shown in Table 2.

*東京都水道局