

韓国の金属鉱床の近況について

石原 舜 三 (元所員)

Shunso ISHIHARA

昨年の8月 第16回太平洋学術会議が韓国のソウルで行われ 筆者は非常に短期間ではあったがソウルの雰囲気 に接し また半島中部の横断旅行を10年ぶりに楽しむ機会に恵まれた。ここではこの旅で見聞した韓国事情 会議の様子 そして最近 著しく進歩している主要な金属 鉱床の研究について紹介してみたい。

ソウル雑感

新聞情報による最近の韓国の変貌は その著しい経済 成長にあり それを背景にした今夏に向けてのオリンピック 競技を成功させようとの意気込みである。ソウル 空港から太平洋学術会議の垂れ幕の歓迎を受けて (写真 1) ソウル市内に入ると この予想はまさに的中した。 片側6車線に至る幅広い道路網の整備 乗用車の高級化 ビルラッシュによる高級高層ビルの林立などが目を奪 う。パリのモンマルトルの丘をしのばせた丘陵地の旧 市街が縮小したことが残念なくらいであった。

会議中 日本の地質調査所に相当する韓国動力資源研 究所 (写真6) をも訪問したが その実験備品の充実 は10年前を一新させるものであった。また郊外の農家 では一定規格に不満が残るものの新築農家が目立つ。こ れは農村出身の朴正熙大統領の発想と提唱によって1971

年から始められた新しい村作り運動セマウル運動の成果 であるといわれている。

一方 急速な工業化にもかかわらず空かん 空袋等 によるゴミ文明の登場はみられず またガードレール代わ りに路傍を飾る秋桜はいぜんとして可憐で 私達の旅を 楽しませるものであった。

さて オリンピックを成功させる意気込みは第16回太 平洋学術会議にも注がれたものと思われ その熱意は空 港の受付から主会場のホテルロッセに至る各所で感じら れた。しかしながら結果として日本人を除く外国人の 参加は非常に少なく たとえば固体地球科学のなかに位 置づけられた筆者の参加分野の「太平洋地域のメタロジ ュニー」では17講演のうち 外国人3件 日本人4件 韓国人10件であった。

この“外国人”参加者減少の原因として最も大きいも のは開催直前まで続いた政情不安がある。国外からの 多くの問い合わせに対して6月時点で 主催者側は何ら 不安を感じていない旨の手紙を参加予定者に発送したが 不安は拭いきれなかったようである。韓国人を信頼し ている私達は何ら心配することなく旅立ったが 会議で 話し合ったところによると 遠い国からの客人はそうでも なかったらしい。また近年の大口参加者である中国人 が地球科学部門全体で僅かに3名しか派遣されなかつ



写真1 ソウル空港街道の歩道橋に掲げられた会議の案内 板。



写真2 第16回太平洋学術会議の開会式風景。

たことは 国交が回復していない両国間で現実的な対応がなされているものの政治の壁の厚さを感じさせた。

今回の太平洋学会会議では この外国人参加者激減のために巡検の大幅な中止があった。 また主催者のホテルロケでは 従業員の労働条件改善闘争によるストライキが発生し ルームサービスや食事に若干の不便をきたしたものの 全体としてはとどこおりなく終了した。

また 市川浩一郎教授が主宰する IGCP 計画「東アジアにおける先ジュラ紀の地質発達史」は2日間に亘り国立ソウル大学でその講演と討論とを実施し かつ地球科学関係学会主催による(写真7) 野外 歓迎パーティも用意されるなど その美しいキャンパスも参加者に紹介する配慮もなされた。

学術講演についてみれば メタロジュニーに関しては完全な原著論文と言うより それを補足修正した発表が多かった。 しかし発表を聞いて「はっ」とさせられた論文もあり たとえばカルデラに伴う富平銀 鉱床 (Suh

& Park, 1986) などは 韓国にリング構造が多産することが報告されて以来 我々が待ち望んでいた研究成果である。 日曜日にはソウルから北西方の京畿道へ先カンブリア紀変成岩の巡検に出かけたが 今回は10年前の前回のよう自動小銃つきの軍人による検問は受けることはなく この期間に南北の緊張緩和の様子が肌で感じられた。

韓国の金属鉱業事情

韓国通貨のウォンは米ドルに追従して設定されているため わが国の国内鉱山よりもはるかに恵まれた環境にある。 たとえば240円/\$から大きく円高に動き出した1985年秋以降 わが国の金属鉱山は次のように休・閉山があいつぎ 減少した。 1984年—30鉱山 1985年—27鉱山 1986年—15鉱山 1987年9月—11鉱山。 この間韓国では若干のウォン切上げがあったのみで 1986年の



写真3 国立ソウル大学学長レセプションに飾られた水細工。



写真4 ソウル寸景① ホテルロケから北方を見たソウル中心街。



写真5 ソウル寸景② ソウル東部の一般分譲住宅地(12階建て)。



写真6 ソウル郊外 加里峰洞の動力資源研究所正面。

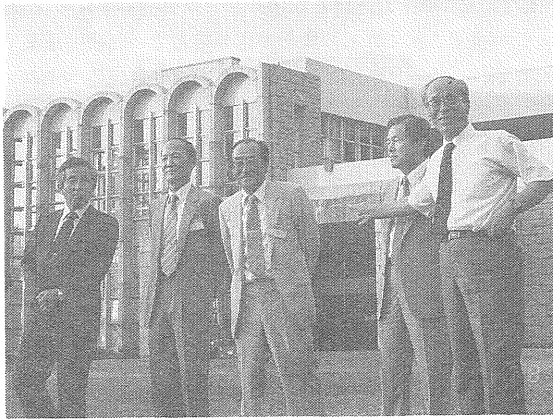


写真7 韓国地球科学界の指導者達。左から地質学会会長 李成成 鉦山地質学会会長 朴喜寅 古生物学会会長 金鳳均 鉦物学会会長金洙鎮の各氏 右端は紹介する金玉準氏



写真8 ソウル郊外 国立ソウル大学のキャンパス。

稼業鉦山数は107に達した。その多くは零細鉦山であるが Pb-Zn W などには巨大鉦山がある。

韓国動力資源研究所(1987)によると 1986年の 鉦業情勢は次の通りである。

金山が稼業鉦山の73%(79鉦山)を占め その更に半数は年間生産量1kg以下の零細鉦山である。その総生産量は331kgである。銀は生産量62.2トンのうち仁川東方の富平鉦山が65%以上を占め 他は鉛・亜鉦石からの副産物として回収されるものが多い。

鉛亜鉛鉦山としては7鉦山あり そのうち大きい4鉦床を第1表に示した。一方 稼行銅鉦床は皆無に等しい。

鉄鉦山は8ヶ所で採掘したがその総生産量は1,130万トンの輸入鉦にくらべて僅かに58.2万トンであった。タングステンは精鉦として4,422トン そのうち4,372ト

ンは世界的に著名な上東鉦山サンドンの粗鉦695,120トンから得られている。モリブデン鉦山フミンソは錦城などの2鉦山であり 精鉦585トンが生産された。

以上の主要金属鉦床のうち 鉄鉦床は先カンブリア系や古生層中の堆積-変成赤鉄鉦床が主たるものであるが その他の金属鉦床はいずれも中生代の花崗岩や火山岩類に伴われる火成鉦床である。次に火成活動について概観してみよう。

東アジアの火成活動と韓国の花崗岩類

韓国を含むアジア大陸東部には中生代の火成活動が卓越して発達しており その活動時代は中国の華南から韓半島 日本列島・シホテアリンへ向けて若くなる傾向を示す(第1図)。中国の中生代火成活動は燕山期と呼ばれそれが更に早期(ジュラ紀)と晩期(白亜紀)に分けられている。韓国ではそれぞれ大宝期テグボクと佛国寺期ブツクと呼ばれているが 中国より若干若い方へずれ晩燕山期後期



写真9 国立ソウル大学の地質学棟。

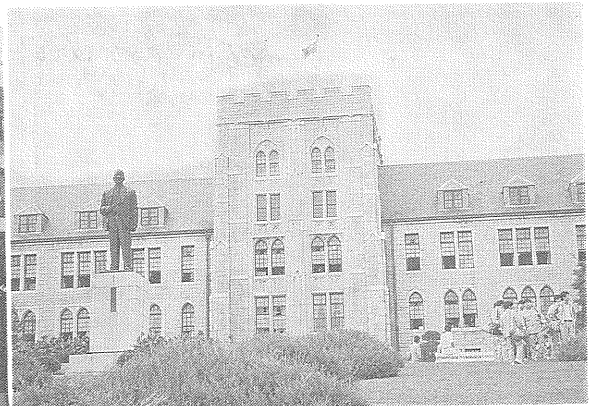
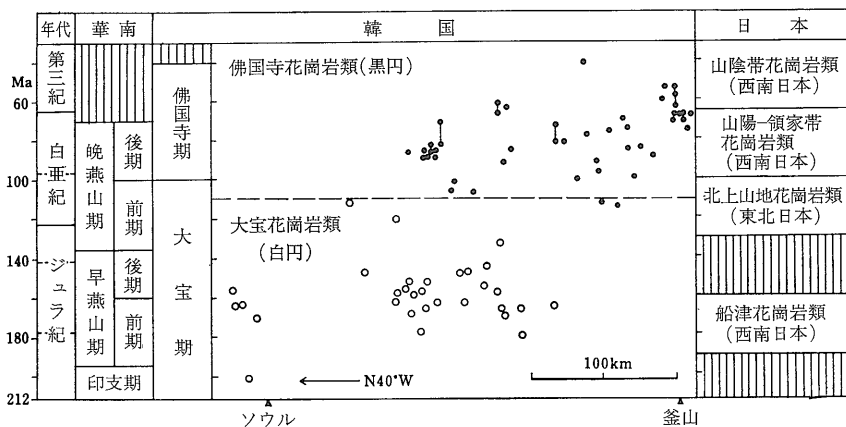


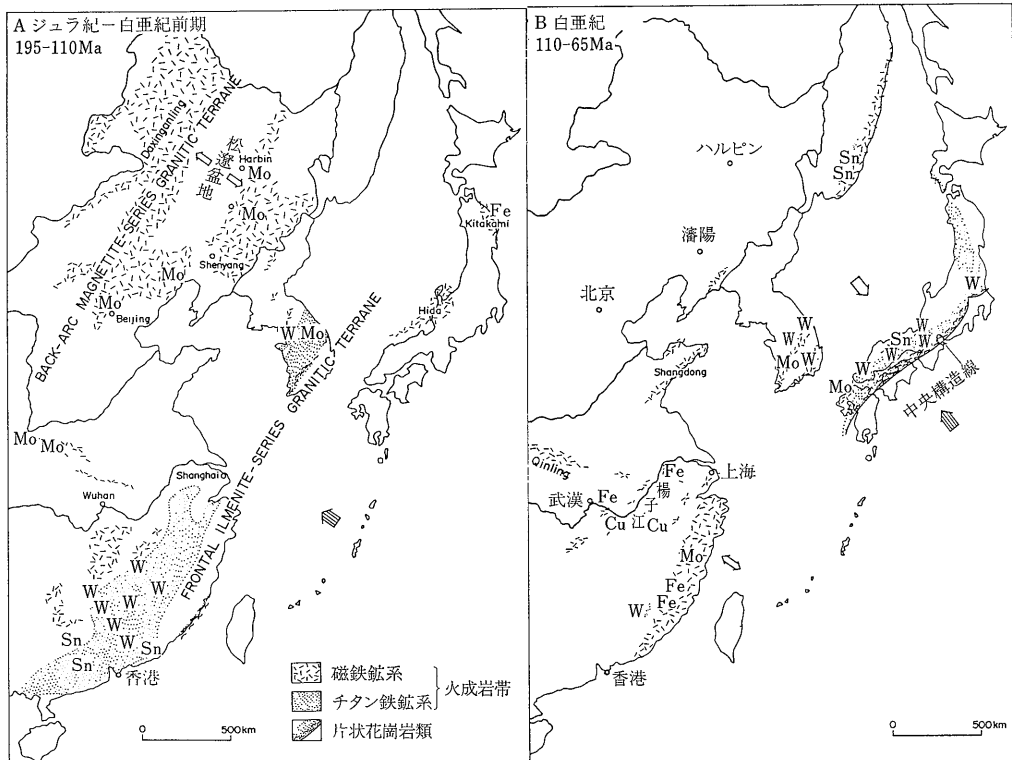
写真10 ソウル市 高麗大学の本部棟。

第1表 鉛亜鉛鉱山の1986年生産量

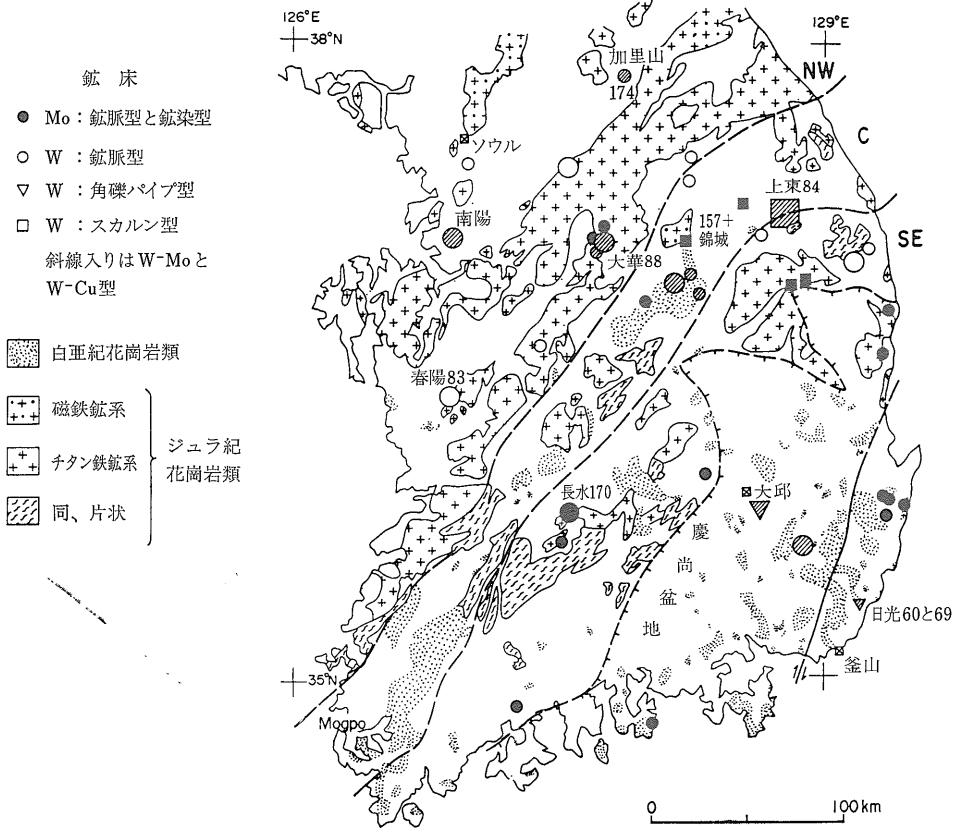
蓮花	7,699トン Pb	23,133トン Zn
第二蓮花	2,411	31,337
第三宝	4,764	11,160
將軍	5,760	5,203
その他	3,093	3,731
計	23,727	74,564



第1図 東アジアにおける中生代火成活動対比図と韓国における K-Ar 年代の北西—南東プロット. Ishihara (1984) 原図.



第2図 東アジアにおける中生代火成岩類と関連鉱床の分布. Ishihara (1984) 原図.



第3図 韓国の花崗岩類と関連タングステン-モリブデン鉱床の分布。Ishihara (1984) 原図。数字は鉬化物質を用いた同位体年代 (Shimazaki et al. 1987, Kim 1985 などによる)。

が佛国寺期に相当する (第1図)。

早燕山—大宝期花崗岩類は わが国の花崗岩地帯にみられるような帯状配列を示す。すなわち 太平洋側に火山岩を伴わないチタン鉄鉬系花崗岩類が 内陸側に火山岩を伴う磁鉄鉬系花崗岩類が分布する (第2図)。チタン鉄鉬系花崗岩類の前縁には韓国で片状花崗岩が分布し この事実がこれが圧縮場で生成し かつこの部分がその後著しく隆起したことを示している。内陸部の磁鉄鉬系火成岩類は 中国東北部でとくにその分布が広いが これは松遼盆地が当時発達しつつある縁海の性格を有し 張力場であったためにマントルからの熱・マグマの上昇が激しかったことによるものと考えられる (Ishihara 1984)。一方 晩燕山—佛国寺期花崗岩類は火山岩類を伴う磁鉄鉬系から構成され その相棒のチタン鉄鉬系は日本の山陽—領家帯の花崗岩類とみられる。

韓国のこれら花崗岩類の研究は近年日韓共同研究 (例 Tsusue ed., 1981; 1987) などによって著しく進歩している。Hong (1987) はそれらの特徴を次のようにまとめ

た。

大宝期花崗岩類は侵食が進み 北東—東西南方向の巨大なバソリスとしてみられ メソ〜カタゾーンの深部が現われている。石英閃緑岩〜花崗岩の幅広い組成を持ち 同時代の火山岩は一部に伴うのみである。片理構造がしばしば見られ ミグマタイトを伴うことがある。水平節理が発達し ベグマタイト 石英脈なども多い。シュリーレンや変成岩の捕獲岩も豊富に産する。壁岩との接触面は整合的であることが多い。

組織は中〜粗粒 斑状変晶を伴うことが多く 文象組織は稀である。カリ長石は微斜長石 一部パーサイト 石英は肉眼的にははっきり認められ 鏡下では波動消光を示す。しばしば白雲母を伴い 柘榴石やミルメカイトが認められることもある。帯磁率は $100 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ 以下であるが 北部では 100×10^{-6} 以上 (磁鉄鉬系) も一部で認められる (第3図)。

佛国寺花崗岩類は小規模バソリス〜ストック状に産出し慶尚盆地では同時期の火山岩と密接で エピゾーン花

崗岩に属する。 トナル岩-花崗岩の幅広い組成を有し一部では斑禰岩も伴う。 片理構造はみられず 節理は垂直系が多い。 アプライト 石英脈は豊富で 火山岩や堆積岩の捕獲岩も多く含まれる。 壁岩との境界はシャープでホルンフェルス化を伴う。

組織は細-中粒 斑状 石英は粒間に産して肉眼的に認め難く 文象組織やミアロチック組織も見られ 浅成で急冷型の花崗岩と思われる。 カリ長石は微パーサイトか正長石で 石英の波動消光は稀である。 一般に初生白雲母を欠くが 電気石が見られることがある。 帯磁率は平均 $306 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ ($n=247$) 磁鉄鉱系の値を示す。 Sr 初生値は 0.7040-0.7070 である。

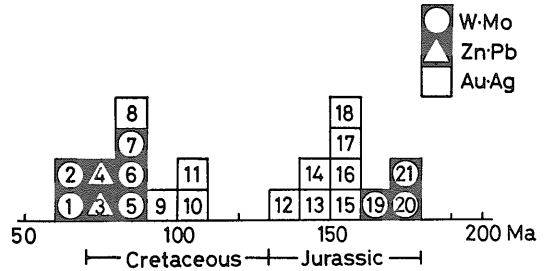
鉱床生成期

韓国の鉄とウランを除く主要金属鉱床は花崗岩活動に関係しているから 大宝期と佛国寺期の鉱床生成期がある。 慶尚盆地の鉱床は生成時代に関してまぎれが少ないが それ以外の地域では大宝期花崗岩活動に佛国寺期花崗岩活動が重複しているために 鉱床生成期は過去何回か変更された。 すなわち古くは主要鉱化は佛国寺期と思われたが ジュラ紀花崗岩の発見が相次いだ1970年代には大宝花崗岩近傍の鉱床は大宝期と想定された。

最近 鉱床構成鉱物の年代決定もかなり蓄積され 主要鉱床について生成期がかなりはっきりしてきた。

第3図は W Mo 鉱床に判明している変質または鉱脈鉱物の放射性年代を記入したものである。 大宝花崗岩類や先カンブリア紀基盤に分布する鉱床のうち 加里山 長水はジュラ紀の 青陽と大華は白亜紀の年代を示している。 これまでの結果から規則性を指摘するには測定数が少なすぎるが モリブデン単味の鉱床としては最大の長水がジュラ紀であることが判明 (Shimazaki et al., 1987) したので 錦城と合わせて 古い方に Mo が新しい花崗岩類でWが増加する と言えるかも知れない。 これは西南日本に見られる傾向と逆である。

一方 金鉱床は主として先カンブリア紀基盤とそれに貫入する大宝花崗岩類に分布するから これまでジュラ紀の生成と思われていた (Park 1981)。 近年の年代測定結果 (Shimazaki et al. 1986) は 金鉱床が 150Ma と 100Ma 付近に2つのピークを示し 前者の大宝期のものは W-Mo 鉱化作用より若い が 後者の佛国寺期のものは同期の W Mo Zn-Pb 鉱床よりも古い (第4図) と言う興味深い結果が得られている。



第4図 韓国の鉱床構成鉱物の同位体年代 (Shimazaki et al. (1987) 原図。 1. 山内 W-Mo 2. 日光 Cu-W 3. 第二蓮花 Zn-Pb 4. 新礼美 Zn-Pb-Mo 5. 上東 W-Mo-Bi 6. 大華 W-Mo 7. 青陽 W Au-Ag 8. 玉房 9. 無極 10. 林川 11. 居昌 12. 日宝 13. 宝蓮 14. 錦岩 15. 天宝 16. 泰昌 17. 浩美 18. 南倉 19. 錦城 Mo 20. 長水 Mo 21. 加里山 W-Mo

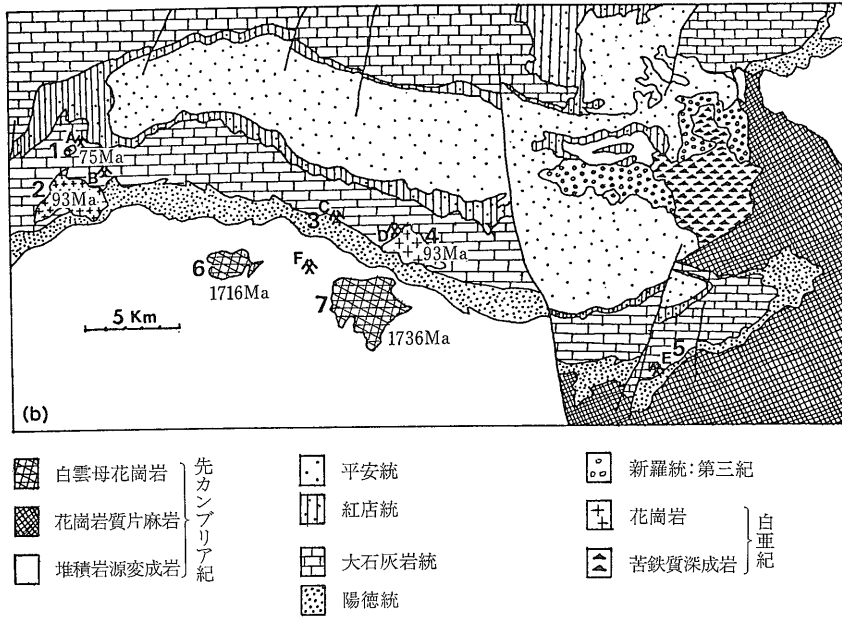
上東タンゲステン鉱山の近況

韓国中東部の太白山脈南部には上東 蓮花など著名な鉱山が知られており (第5図) 鉱物資源の宝庫である。 この地域は江原道 慶尚北道の境界付近に相当し 太白山 (1561m) で代表される千数百メートルの山並が連なる (写真11)。 上東鉱山は1916年以来操業を続け なお鉱量の1/3以上を残しつつ積極的な探鉱を行っている。 既存鉱床から西北西方に約 5 km 離れた処女地域において 最近 地表下650~1,100の深度でスカルン鉱床を発見している。

昨年8月当時 従業員1,050名 (内地質家4人) 鉱石処理量2,350 t/日 0.515% WO₃, 0.036% Mo (内輝水鉛鉱として0.024% 灰重石中に0.012%) 0.045% Bi であった。 選鉱と製錬は山元で行い (写真12-15) 超硬合金工場など加工部門の主力 中央研究所 本部などは慶北達城郡嘉面龍溪洞にある。 在外事務所はロッテルダム ロンドン ニューヨーク 東京の4カ所である。

韓国の地質は基本的には シニアン方向の構造を持つ先カンブリア紀変成岩類から構成される。 それらはソウルを通る京畿陸塊 南方の小白山脈の小白山陸塊に分布し 両者間に著名な沃川地向斜が発達する。 その南西部は沃川変成区で先カンブリア界か古生界かで凝義がある所であり 北東部が古-中生代の堆積岩類からなる非変成区であり 通常太白山盆地と呼ばれている。 太白山鉱化地帯はこの盆地の南縁に当たる (第5図)。

古-中生層はカンプロロルドビス紀の朝鮮層群と石炭紀-三畳紀の平安-紅店統に2大別され 前者が鉱床母岩となり 後者は韓国で有数の石炭鉱床を産する。 朝鮮層群は下部の陽徳統 上部の大石灰岩層に分けられ



第5図 太白山地域の地質略図。
Moon (1987) 金 (1986) による。花崗岩質岩体 (K-Ar 年代): 1. 新礼美 (75Ma) 2. 梨木 (93Ma) 3. 上東 (潜頭 86Ma) 4. 於平花崗閃緑岩 5. 石英斑岩 6. 内徳花崗岩 7. 籠巨里花崗岩 鉱床: A 新礼美 (Zn-Pb) B 梨木 (Zn-Pb) C 上東 (W-Mo) D 巨道 (Fe-Cu) E 蓮花 (Zn-Pb) F 順鏡 (Sn)。

る。陽徳統は下部の^{ジャンサン} 荘山珪岩 上部の^{ミョウボン} 猫峯層に分けられ 後者の泥岩に含まれる不純石灰岩層を交代して上東鉱山の主要スカルン鉱体は産出する。大石灰岩層も時には砂泥質の挟みを有し 細分化される。その最下部の石灰質岩を交代して 上盤鉱体がみられる。鉱床は主鉱体 (M1) その下盤側にみられる F 鉱体として上盤鉱体からなる。M1 と F 鉱体が大規模で 走

行 N70-80°E 25-35°NW の母岩の層理面に沿って (第6図) 走向 傾斜延長ともに 1.2km の拡がりを持つ。鉱体の厚さは M1 で平均 6 m F 鉱体で 0.3-0.8 m である。上盤側の H1 鉱体は下限を猫峯粘板岩 上限を豊村石灰岩で規制された不規則形状の鉱体で その厚さは 10-100m に変化する。

M1 および F 鉱体では構成鉱体にゾーニングがみられ 中心から外側へ 石英-雲母帯 角閃石帯 輝石-柘榴石帯である。鉱化は石英-雲母帯でよく 平均品位は 6% WO₃ に達する。坑内の各種スカルンの産状からスカルン化はまず 柘榴石-輝石±珪石灰スカルンが

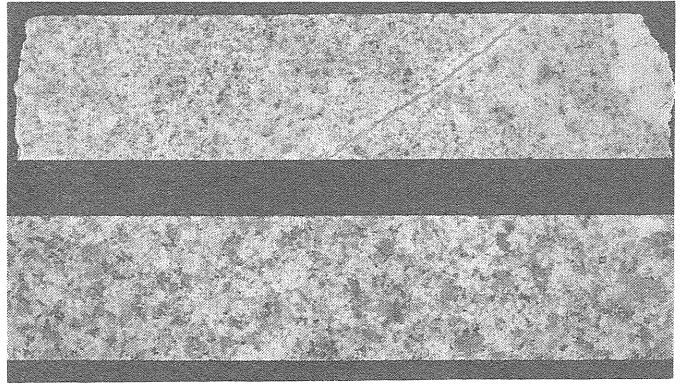


写真11 太白山地域の山並と北 (左側) へ 30° 傾斜する太白山地堆積岩の南翼。手前の露岩は猫峰層。



写真12 上東鉱山入口。

写真16 上東鉱床の深部で坑内掘り試験により発見された潜頭花崗岩類。コアの直径は42mm。上は832試錐650m 下は863試錐805m。



生成し、これが後期の輝石-柘榴石スカルンに交代され、引続き角閃石スカルン、最後に石英-雲母スカルンの形成があったものと解釈されている (Moon 1987)。

ところで上東鉱山と言えば、もう5年前になろうか、タングステン鉱体の下部で網状モリブデン鉱体、加えて

潜頭花崗岩も発見したとのニュースが日本に流れてきたことがある。今回ボーリングコアが見学できることを楽しみにしていたが、幸いにも詳細な研究結果と共に充分拝見することができた。

ボーリングは主に坑内から掘られ、多くのボーリングが壯山珪岩中で網状輝水鉛鉱-石英鉱化を捕促している。20本の着鉱ボーリングについて、カットオフ 0.2% MoS₂ として鉱量計算すると、1,600万トン 0.4% MoS₂ が得られるという。それに含まれる MoS₂ 量は6.4万トンである。上東鉱山は1916-1987年間に約20万トン (70% WO₃) の精鉱を生産している。上東鉱山の灰重石はミネラライトでしばしば黄色発光を示し、ポウエライト分子を含んでおり、精鉱は約2% Moを含む。これらを考慮すると上東鉱化圏全体として W/Mo ≒ 2 が得られる。韓国では鉱脈鉱床においても W と Mo との分離が悪く (第3図)、両者が共に稼行できる鉱床がいくつか存在するが、最大規模の上東鉱山においても、下部網状鉱体の発見によって W/Mo 共存型になったといえる。

一方、花崗岩は3本のボーリングでしか捕促されていない。最も鉱体に近いものは鉱体下650mに潜在して

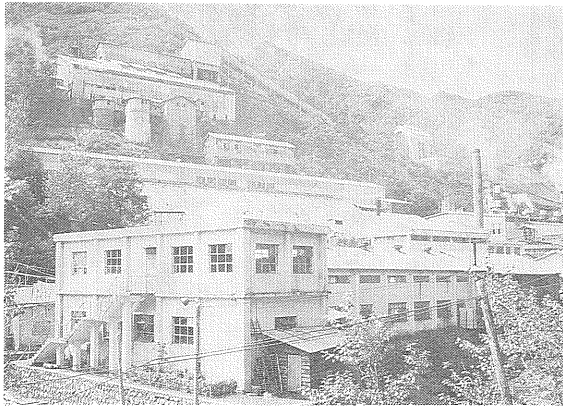


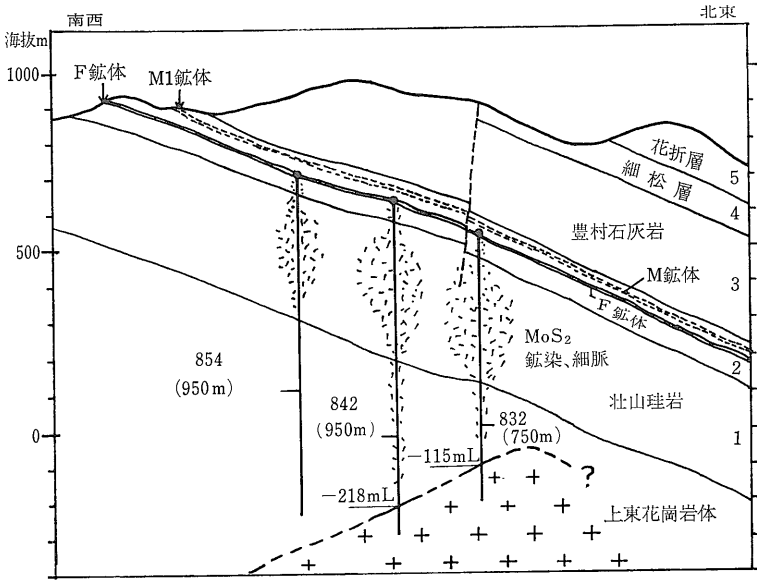
写真13 上東鉱山の選鉱設備。



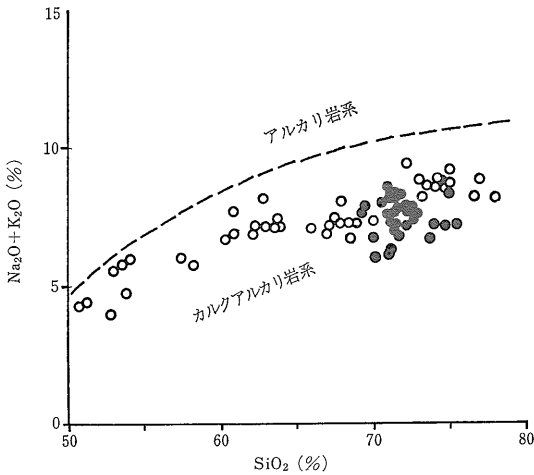
写真14 同 巨大なクラッシャー室。



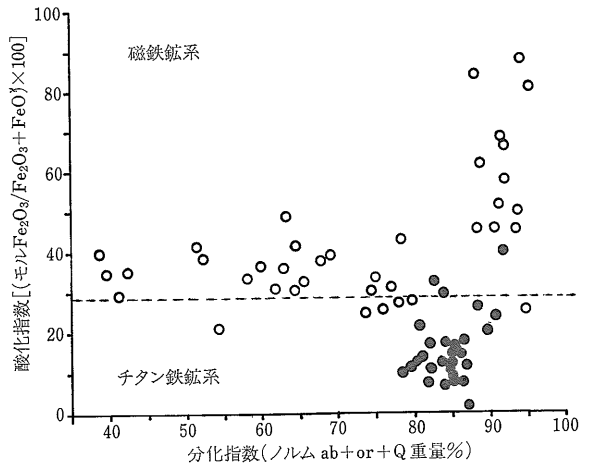
写真15 上東鉱山の化学工場。



第6図 上東鉱床の北東—南西断面図. 金 (1986) 原図.



第7図 上東842,832花崗岩(●)と沃川帯白亜紀花崗岩(○)のアルカリ—シリカ図. 金(1986)原図. 白円は巨道岩体14個. 梨木岩体10個. 中部沃川帯8個その他.



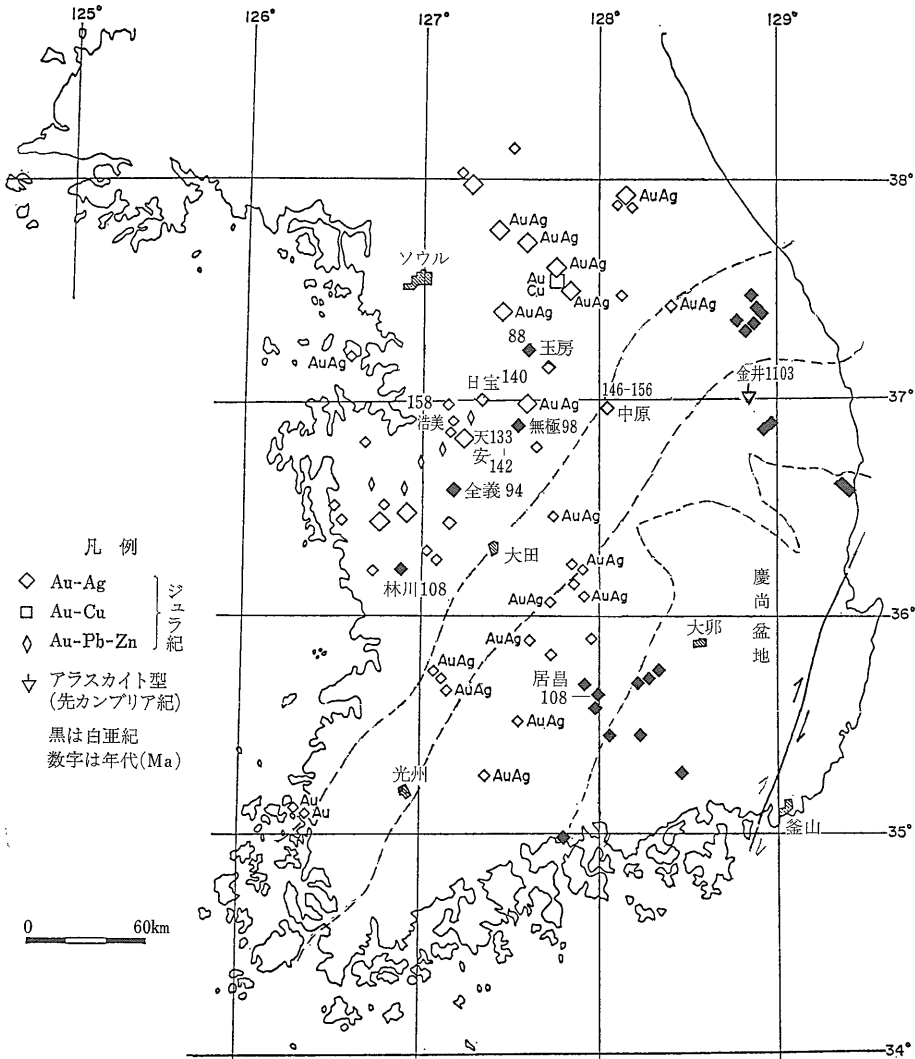
第8図 上東842,832花崗岩(●)と沃川帯白亜紀花崗岩(○)の酸化指数. 金(1986)原図. 破線は磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系を分ける目安 $Fe_2O_3/FeO=0.5$ に相当する.

いた(第6図). 見かけは山口県藤ヶ谷鉱床下で発見された花崗岩ほど細粒ではなく、また神岡鉱床の「グラボ」のように斑状でもなく、中粒の優白色花崗岩(写真16)である。筆者が見学したものは多少とも変質していた。金(1986)によると842孔(第6図)の花崗岩(91mほど掘進)には全てその様な岩石が記載されており832孔では99mの花崗岩部分のうち25mに斑状組織が記載されている。

モード分析によれば842花崗岩は1-6%の白雲母を含む白雲母花崗岩である。一方832花崗岩は8-15%の白

雲母を含み、これは明らかに変質作用の影響を受けている。第6図の推定は恐らく正しく832花崗岩は H_2O を含めた揮発性成分が集まり易い岩体頂部に近い部分と思われる。

最も新鮮な842花崗岩の孔底付近についてみると SiO_2 71.5-74.5% K_2O 4.3-5.5% Na_2O 2.2-3.1% K_2O/Na_2O は平均1.6で K_2O に富む特色を有する。しかしアルカリ総量—シリカ図では、梨木、巨道など近傍および沃川帯他地域の白亜紀花崗岩と比較して、特にアルカリに富む傾向を示さない(第7図)。



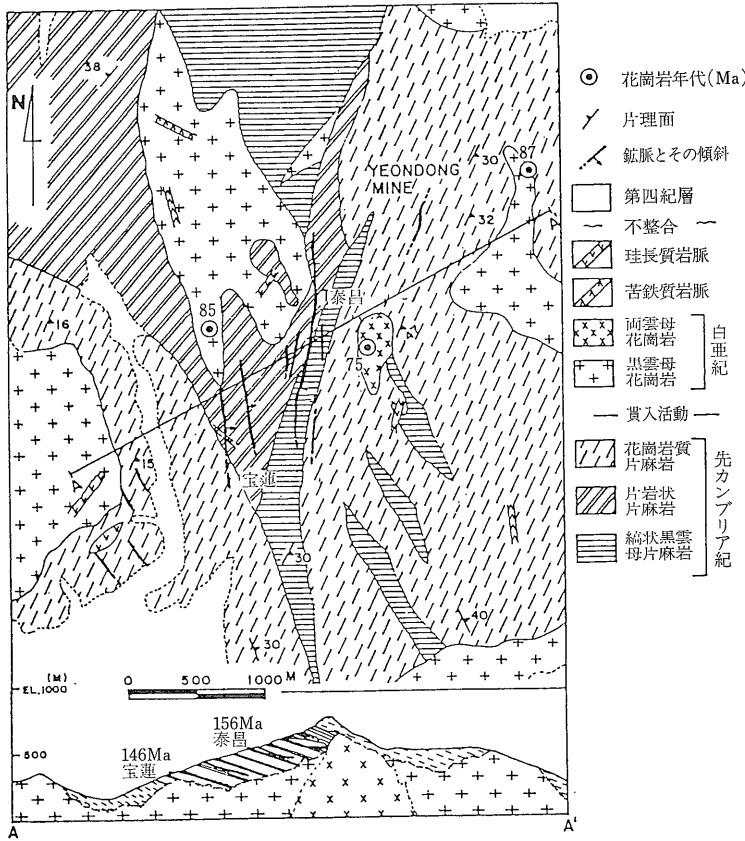
第9図 韓国の金鉱床の分布。 Park (1981) 原図。 ジュラ紀鉱床のうち その後の年代決定で白亜紀と判明したもののみ白亜紀記号とした。 C帯は Ishihara et al. (1981) 参照 (ほぼ沃川帯に相当する)。

他の花崗岩体との違いは Fe_2O_3/FeO に表れている。
 842花崗岩の新鮮な部分は $Fe_2O_3/FeO=0.22$ (平均)
 著しく還元的でチタン鉄鉱系 (その上限は 0.5) の値を示す。一方その他の花崗岩体は磁鉄鉱系の Fe_2O_3/FeO 比を示している (第8図)。842花崗岩の低い Fe_2O_3/FeO 比は832花崗岩においても特に上昇することなくこれら上東花崗岩類がマグマ期 引き続き後マグマ期の冷却過程で還元的雰囲気におかれていたことを暗示している。

코리아半島の金鉱床

韓国に関する近年の今一つの話題は 金鉱床の開発と研究に関するものである。その開発については半島北部の雲山鉱床などについて 北朝鮮の対日貿易赤字解消策として 昨年初夏に大きく新聞報道されて話題となった。코리아半島全体の産金量は その北部を中心に年間最高27.7トン (昭和13年) に達する実績を有し (高島・岸本 1987)。金鉱業が半島にとって魅力的な開発テーマであることがわかる。

코리아半島の金鉱床は古くから採掘された砂金鉱床を除くと 코리아型と称される含金石英脈がその主体をな



第10図 中原地域の地質図. Shelton et al (1988). 原図

す。コリア型金鉱床とは加藤(1937)によると次の様である。「コリア半島には深成および中深成の金鉱脈は甚だ多く、その大多数は花崗岩、正片麻岩および注入片麻岩中にあり、まれには結晶片岩、古生層、中生層中にもある。いずれも花崗岩と因果の関係を持つ含金石英脈であって、時にペグマタイト質の脈に移化することもある。主として(1)黄鉄鉱を伴うもの、(2)方鉛鉱・閃亜鉛鉱・硫砒鉄鉱を混有するもの、(3)黄鉄鉱を多量に随伴するもの、(4)硫化物を殆ど伴わないものがある(中略)。いわゆるコリア型含金石英脈は花崗岩質、マグマの残漿を代表するものであり、深所生成の鉱脈である。したがってペグマタイト脈やアラスカ岩脈と、並んで産するなどの姉妹関係にある。また直接ペグマタイト(全州鉱山、全羅南道)やアラスカ岩(金井鉱山、慶尚北道)に自然金が鉱染していることもある。」

以上のようにコリア型金鉱床は花崗岩に関係する深成型の鉱脈であり、その生成時代は主にジュラ紀の大宝山花崗岩類に関係するものと思われていた(Park 1981)。しかし近年の半島南部における鉱化年代決定によって白亜紀の金鉱化作用が明らかにされ(Shimazaki et al.

1987) また浅成型鉱脈が存在することがはっきりしてきた(Sugaki et al. 1986)。第9図はPark (1981)による金鉱床の時代的区分に、最近の年代決定のデータを入れて現時点での金鉱床生成期を明らかにしたものである。

C. S. So, K. L. Shelton らは上記金鉱床に見られるバリエエタイを侵食レベルの相違として捕らえている。すなわち、ジュラ紀生成の鉱脈は侵食が進み、深部相が露出しているもので、白亜紀のものは浅熱水性のもので、まだ残存していると考えるのである。そして金鉱床を後述するように中熱水性、コリア型、浅熱水性に3分した。以下に若干の実例を示す。

中熱水性型：中原地域 (Shelton et al, 1988)

これはソウルの南東110kmにあり(第9図)北から蓮洞、泰昌、宝蓮の3鉱床からなる。鉱床付近には京畿陸塊に属する縞状黒雲母片麻岩、花崗岩質片麻岩などが白亜紀花崗岩類に対するルーフとして産出する(第10図)。しかし、鉱脈変質帯の白雲母は156.2Ma(泰昌)、145.5Ma(宝蓮)のK-Ar年代を示し、主鉱脈を切る斑状花崗岩

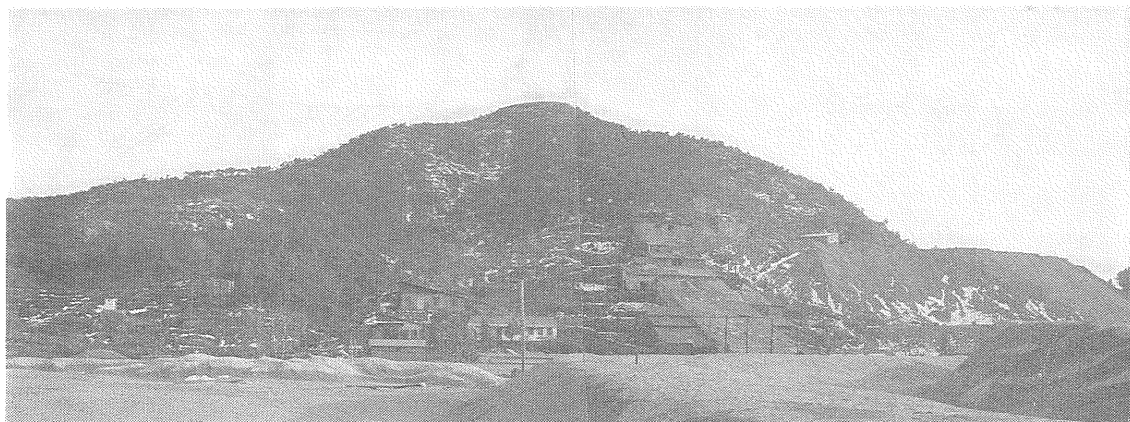


写真17 徳蔭金山の坑外風景。 蘇七燮撮影。

は 115.0Ma の Rb-Sr 年代を示し ジュラ紀の生成年代が明らかである。

鉱脈は片麻岩類の片理面に沿う緩傾斜断面を充填する含金石英脈であり 泰昌鉱床では N0~15°E 10-25°E の 3 鉱脈からなり 走向方向に 0.7km 傾斜方向に 200m 脈幅 0.1~1 m (平均0.25m) の規模を持つ。品位は 166-737g/t Au 25-83g/t Ag であり Au/Ag は平均 6 であり 著しく金に富む。富鉱部に黄鉄鉱 黄銅鉱 磁硫鉄鉱が縞状に見られるが 一般に硫化物に乏しい。母岩の変質は絹雲母化 プロピライト化緑泥石化である。

硫体包有物の研究から金は 375-290°C 低い塩濃度 (2-3%NaCl 相当) ~10モル%CO₂ を含む鉱液から 1.2-1.5kb (深度>5-6km) の静水圧下で沈澱したものと思われる。鉱液に含まれる水 (δ¹⁸O=5.0~7.7‰ δD=-78~-113‰) は母岩と反応して著しく進化したものであり 潜在する大宝花崗岩の熱により深所で地表水が循環したものと解釈されている (Shelton et al. 1988)。

コリア型：天安地域

この鉱化域はソウル南南東 80km 同じく京畿陸地に位置している。原生代初期の変成岩類にジュラ紀 白亜紀の花崗岩類が貫入し 鉱脈はこれらの割れ目をみたくして 6 鉱床として知られている (第11A図)。1938年-42年の最盛期の生産量は 600kg 現在稼業中の大興および天寶^{チオンボ}鉱山の鉱量は 20 万トン 6g/t (金量 1.2トン) である。

両雲母花崗岩は 170.3Ma 黒雲母花崗岩は 125.8Ma の Rb-Sr 全岩-鉱物年代を示す。鉱脈に近い各鉱床のペグマタイト中の白雲母の K-Ar 年代は天寶 142.4Ma 大興 133.1Ma 日宝 139.8Ma ジュラ紀-白亜紀境界

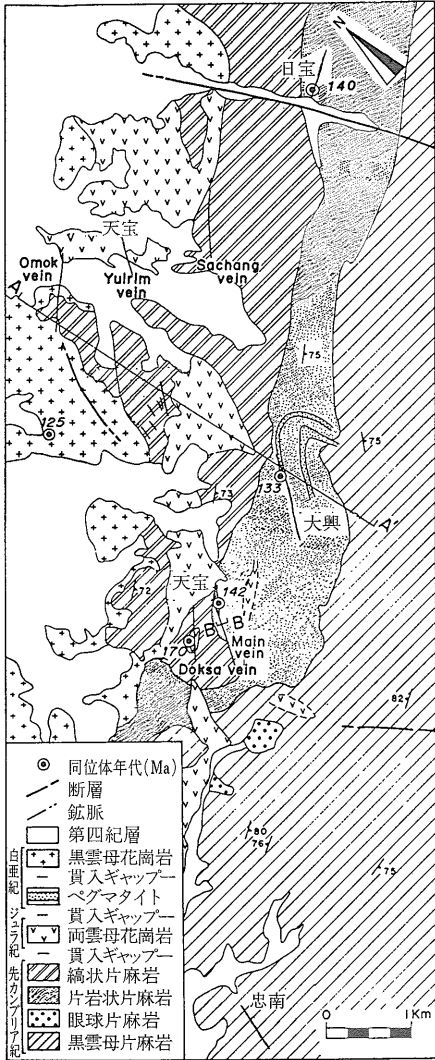
付近の値を示す。金鉱化作用もこのペグマタイト年代に非常に近いものと思われる。

鉱脈は含金石英脈で 一部にペグマタイト脈や母岩にも鉱染がみられる。鉱脈は N-S と N65°E の 2 系統共に 60-80°SE 傾斜する。脈幅は 0.1から1.2m 走向延長は最大 1.5km に達する。2 時期の石英脈が黄鉄鉱 硫砒鉄鉱 閃亜鉛鉱 方鉛鉱 エレクトラムを伴い これら硫化物は盤際に多く中心で少ない傾向がある (第11C図)。天寶鉱床では上部で少量の黄鉄鉱と硫砒鉄鉱が 下部で閃亜鉛鉱と方鉛鉱が多量になると共に金品位が増加し 上下変化が認められる。

鉱化作用は硫化物石英脈 I II 期と鉱化後の III 期炭酸塩脈とからなり それぞれは角礫化で分けられている。硫化物石英脈の I II 時期の鉱化作用は いずれも 400°C 付近で鉱物の沈澱が始まり 200°C 以下に低下したものであるが エレクトラム (50モル%Ag 以下) 方鉛鉱 閃亜鉛鉱などは 255-170°C 塩濃度 3-9 重量% NaCl 相当の鉱液から沈澱した。最末期の不毛脈 (III 期) からは 240-115°C 3-4 重量% NaCl 相当が得られている。硫体包有物の沸騰の証拠から I II 期の鉱化作用は <100-300b (深度 1 km 以下) と推定される。

浅熱水性型；金旺^{テムワン}鉱山 (Sugaki et al. 1986)

この鉱山はソウルの南東約 100km にあって 北東方 2 km には無極金山 (第 9 図) がある。金旺 無極共に似た性質を持ち かつてはコリア型金鉱床の典型と見なされた。付近には大宝花崗岩類が広く分布するが 鉱床付近は白亜紀優白質花崗岩類が分布し これらは石英斑岩脈に貫入される。鉱床はこの白亜紀花崗岩類を母岩とし その K-Ar 鉱物年代は 112Ma である。しかし無極鉱山の鉱化変質岩は 98Ma である。

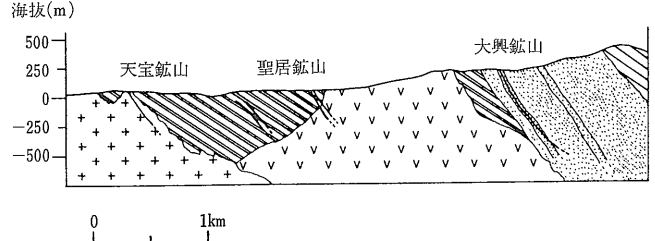


第11A図 天安地域の地質図. So & Shelton (1987 b) 原図.

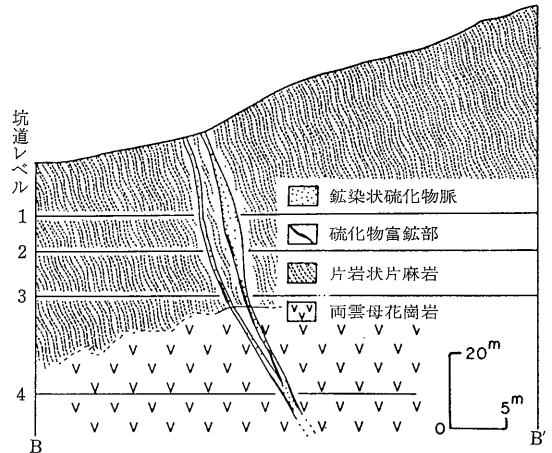
鉱床は裂か充填性石英脈 8脈からなり N-S 80° WかEの走向 傾斜を有する. 脈幅は10~80cm 構成鉱物は石英のほか 黄鉄鉱 硫砒鉄鉱 黄銅鉱 閃亜鉛鉱 方鉛鉱 Ag-Sb サルフェソールト 自然銀 エレクトラム 方解石 絹雲母 緑泥石 カオリンからなる. 金・銀鉱物はしばしば0.5-5cmの縞状に濃集する. 銀鉱物の比率が高く 一般に銀は金の100~300倍であり 韓国の金鉱床としては特異なものである.

安定同位体研究

韓国の金鉱床にみられる硫化物の硫黄同位体比は比較的に重い値を示す. 第12図に黄鉄鉱の $\delta^{34}S$ を示すが



第11B図 天安地域の A-A' 断面図, So & Shelton (1987 b) 原図.



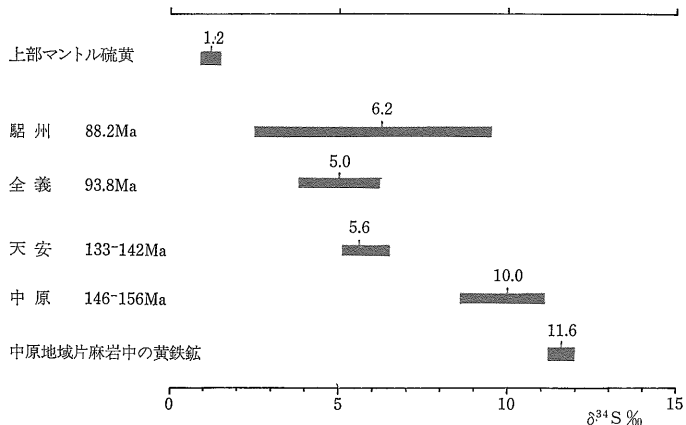
第11C図 天安地域の B-B' 断面図. 天安鉱山主脈の垂直変化に注目. So & Shelton (1987 b) 原図.

平均して5~6%であり マントル起源の $\delta^{34}S$ と比べてかなり重い. これにはいくつかの解釈が可能である.

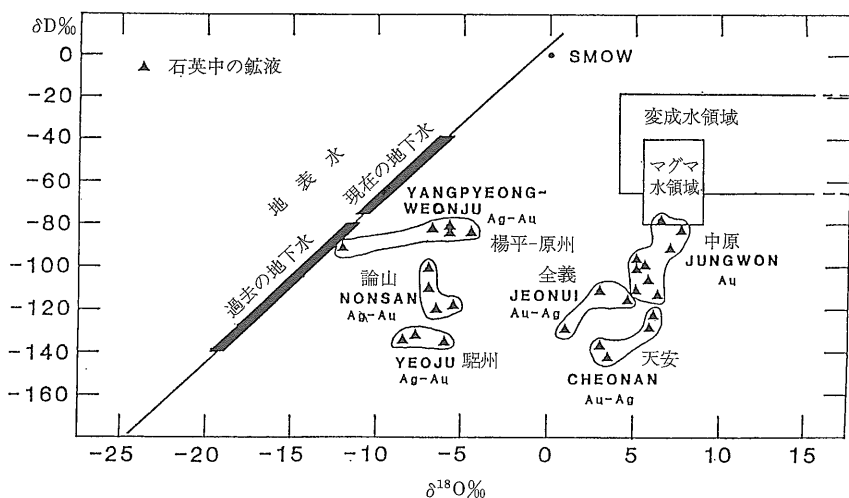
So et al. (1987) は $\delta^{34}S=1\%$ の初生値を持つ含水花崗岩質マグマは1 Kb 800°C $\log f_{O_2}=-12$ の条件下で 5%の液相を生じると考え 硫黄は深所起源で 恐らく白亜紀花崗岩に由来するものと主張した. 一方これより先 Sato et al. (1981) は 白亜紀花崗岩類は磁鉄鉱系に属することから もともと5%前後の重い値を保持していたものと考え 同様に火成起源を提案している.

一方 中原地域の鉱床の黄鉄鉱は平均10%の大きい値を示す. 鉱床母岩の片麻岩中の黄鉄鉱からは同様に高い値 平均11.6%が得られており(第13図) この鉱床の硫黄は母岩から多量にもたらされた可能性がある. 鉱床が深成であることも硫黄の移動を容易ならしめた原因と思われる.

鉱脈の石英から得られる酸素同位体比 $\delta^{18}O$ は 平均



第12図 韓国金鉱床産黄鉄鉱の硫黄同位体比。 原データは So & Shelton (1987a, b) So et al. (1987) Shelton et al. (1988) による。



第13図 韓国金鉱床生成時の鉱液の水素 酸素同位体比。 Shelton et al. (1988) 原図。

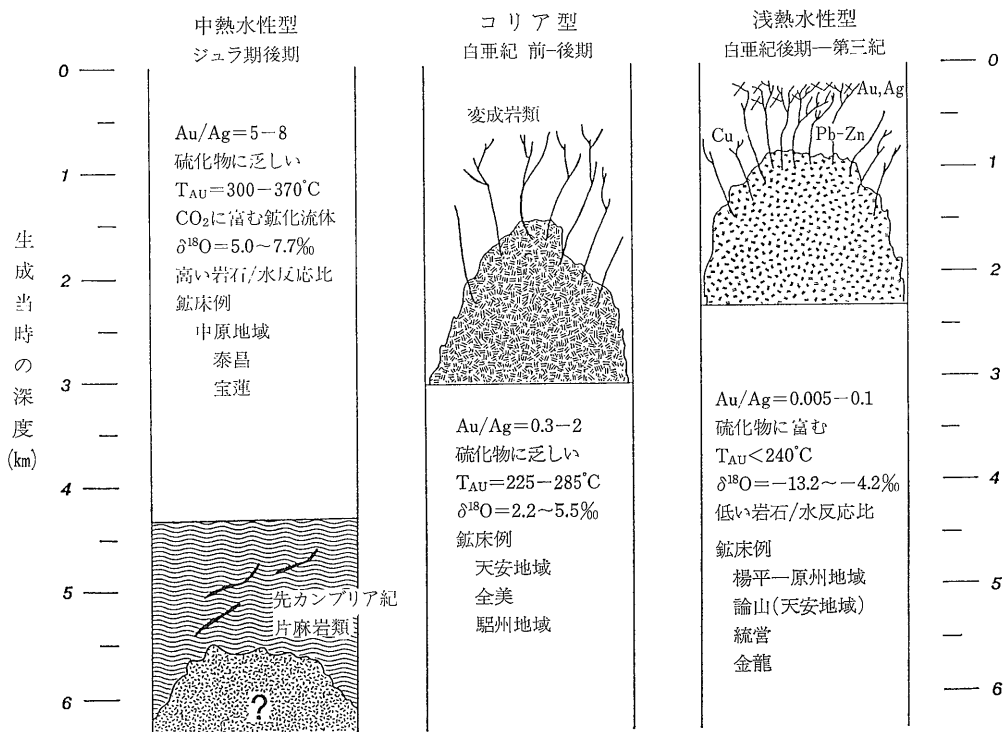
値で 中原地域 13.1% (n=9, Shelton et al. 1988) 天安 13.5% (n=4, So & Shelton 1987a) 全義 13.3% (n=23, So et al. 1987) 駱州 3.2% (n=4, So & Shelton, 1987b). 石英中の液体包有物の温度を用い 上記石英と平衡にあった鉱液を求めると 第13図に示すように -12~8 ‰ すなわち過去の地下水からマグマ 変成水に至る幅広い変化を示す. なお第13図の縦軸は同一石英の流体包有物の水素同位体比である.

第13図で地表水から最も離れる ¹⁸O シフトが大きいものは中原地域の鉱床である. すなわちここでは地表水が深部まで廻り 潜在するジュラ紀花崗岩などと充分に反応したことが想定される. この高い岩石/地表水反応比は 既述の硫黄同位体 地質や年代的背景と調和的である.

逆に ¹⁸O シフトが最も少ないものは白亜紀の浅熱水性鉱床である. この事実は これら鉱床が浅成であるた



写真18 韓国の鉱床の地球化学的研究を精力的に進めた高麗大学 蘇七燮教授.



第14図 韓国金鉱床の生成模式図と特徴。 Shelton et al. (1988) 原図。

めに ここでは低い岩石/地表水反応比しか得られなかったことを示している。 コリア型の鉱床は上記2者の中間的な性質を示す。

まとめ—鉱床の分類

Shelton et al. (1988) は韓国の金鉱床を総括し 第14図のような生成深度別の3つの型に分類した。

中熱水性型はジュラ紀 5-6 km 以深で生成し 主に片麻岩中 片理面と平行な断層に胚胎する。 石英脈幅は 0.1-1 m 脈構造は単純で 鉱化は一回である。 硫化物に乏しく Au/Ag 比は 5-8 金は自然金である。 脈際変質は弱く 絹雲母化 プロピライト化 緑泥石化からなる。 硫体包有物による生成温度は 300-370°C 鉱液は CO₂ に富み 金は鉱液の沸騰により沈澱した。 このタイプは本誌 379号で紹介したカリフォルニアのマザーロードに比較しうるものである。

一方 コリア型は白亜紀 深度 750-1,250m で花崗岩・変成岩類中に産出する。 火山岩や断層に関係している。 鉱脈は幅 0.1-1.2m 単純脈と縞状構造を持つ複数ステージの鉱脈からなる。 石英にエレクトラム(40-50mモル% Ag) 輝銀鉱が含まれ 全体として Au/Ag 比は 0.3~2 である。 脈際変質は中程度の珪化 絹雲

母化 粘土化 プロピライト化からなり 生成温度は 225-285°C CO₂ 濃度は低かったものと思われる。 金は鉱液の沸騰と温度低下により沈澱した。

浅熱水性型は白亜紀後期—第三紀 深度 750m 以浅で花崗岩 火山岩 堆積岩 変成岩類を母岩として生成した。 カルデラ 火山頸付近で断層や水蒸気爆発角礫を充す。 鉱脈は幅 25cm 以下 小規模 網状に産出することもある。 多数回の石英 炭酸塩脈からなり 硫化物に富み Au-Ag と Cu-Pb-Zn とのゾーニングがみられる。 エレクトラムは 55-70モル% Ag である。 脈全体としての Au/Ag 比は 0.005-0.1 である。 強度の珪化 酸性変質 カリウム質変質 プロピライト化などがみられる。 生成温度は 240°C 以下 CO₂ 濃度は低かった。 金は鉱液の沸騰 希釈などにより沈澱した。

謝辞：この小文をおこすに当たり韓国動力資源研究所の朴魯榮博士 文建柱博士 高麗大学蘇七燮教授 には特にお世話になった。 記して厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

Hong, Y. K. (1987) Geochemical characteristics of Precambrian, Jurassic and Cretaceous granites in Korea.

- J. Korean Inst. Mining Geol., v. 20, p.35-60.
- Ishihara, S. (1984) Granitoid series and Mo/W-Sn mineralization in East Asia. Rept. Geol. Surv. Japan, no. 263, p.173-208.
- Ishihara, S., Lee, D. S. and Kim, S. Y. (1981) Comparative study of Mesozoic granitoids and related W-Mo mineralization in southern Korea and southwestern Japan. Mining Geol., v. 31, p.311-320.
- Jin, M. S. (1985) Geochemistry of the Cretaceous to early Tertiary granitic rocks in southern Korea. Part 1 Major elements geochemistry. J. Geol. Soc. Korea, v. 21, p.297-316.
- Jin, M. S. (1986) Ca, Na, K, Rb, Zr, Nb and Y abundances of the Cretaceous to early Tertiary granitic rocks in southern Korea and their tectonic implications. Mem. Prof. S. M. Lee's 60th Birthday, p.195-209.
- Kaneda, H., Shimazaki, H. and Lee, M. S. (1986) Mineralogy and geochemistry of the Au-Ag ore deposits of the South Korean Peninsula. Mineral. Deposita, v. 21, p.234-243.
- 韓国動力資源研究所 (1987) 動力・資源, 6月号 84p.
- 加藤武夫 (1937) 新篇鉱床地質学 757p. 富山房.
- 金光浩 (1986) 上東花崗岩の岩石学と岩石化学的研究・慶北大学校碩士学位 80p.
- Kim, O. J. (1971) Geologic structure and ore deposits of Sangdong scheelite mine. Soc. Mining Geolts. Japan, Spec. Issue, no. 3, p.144-149.
- Moon, K. J. (1987) Skarn type W, Cu, Pb-Zn deposits in the Hambaek Basin. XVI Pacific Sci. Congr. Specialized Tour Guide, Sect. 13, p.31-41.
- Moon, K. J. (1987) Host-rock litho-geochemistry applicable to exploration in the Hambaeg syncline (Hambaeg basin). Korea. J. Geochem. Expl., v. 28, p.119-132.
- Park, N. Y. (1981) Geology and mineral deposits of Korea. Rept. Geol. Surv. Japan, no. 261, p.93-106.
- Sato, K., Shimazaki, H. and Chon, H. T. (1981) Sulfur isotopes of the ore deposits related to felsic magmatism in the southern Korean Peninsula. Mining Geol., v. 31, p.321-326.
- Shelton, K. L., So, C. S. and Chang, J. S. (1988) Gold-rich mesothermal vein deposits of the Republic of Korea: Geochemical studies of the Jungwan Au-Ag area. Econ. Geol., v. 83 (印刷中).
- Shikazono, N. and Shimizu, M. (1986) Compositional variations in Au-Ag series minerals from some gold deposits in the Korean Peninsula. Mining Geol., v. 36, p.545-553.
- Shimazaki, H., Lee, M. S., Tsusue, A. and Kaneda, H. (1986) Three epochs of gold mineralization in South Korea. Mining Geol., v. 36, p.265-272.
- Shimazaki, H., Shibata, K., Uchiumi, S., Lee, M. S. and Kaneda, H. (1987) K-Ar ages of some W-Mo deposits and their bearing on metallogeny of South Korea. Mining Geol., v. 37, p.395-402.
- So, C. S. and Shelton, K. L. (1987a) Stable isotope and fluid inclusion studies of gold- and silver-bearing hydrothermal vein deposits, Cheonan-Cheongyang-Nonsan mining district, Republic of Korea: Cheonan area. Econ. Geol., v. 82, p.987-1,000.
- So, C. S. and Shelton, K. L. (1987b) Fluid inclusion and stable isotope studies of gold-silver-bearing hydrothermal vein deposits, Yeosu mining district, Republic of Korea. Econ. Geol., v. 82, p.1309-1318.
- So, C. S., Chi, S. J., Yoo, J. S. and Shelton, K. L. (1987) The Jeoneui gold-silver mine, Republic of Korea: A geochemical study. Mining Geol., v. 37, p.313-320.
- Sugaki, A. and Kim, O. J. and Kim, W. J. (1986) Gold and silver ores from the Geumwang mine in South Korea and their mineralization. Mining Geol., v. 36, p.555-572.
- Suh, K. S. and Park, H. I. (1986) Mesozoic igneous rocks in the Bupyeong district. J. Korean Inst. Mining Geol., v. 19, p.179-192.
- 高島 清・岸本文男 (1987) 雲山鉱山とその周辺の金鉱床——朝鮮民主主義人民共和国の一端——. 地質ニュース10月号 p.28-41.
- Tsusue, A. ed. (1981) An issue devoted to studies of granitic magmatism and associated mineralization in Japan and Korea. Mining Geol. v. 31, no. 4, p.191-343.
- Tsusue, A. (1987) Granite provinces and associated ore deposits in South Korea. A comparison of granitic and metallogenetic provinces in South Korea and those in Southwest Japan. Rept. Overseas Field Res., Ministry. Education, 198p.