Jour. Korean Inst. Mining Geol.
Vol. 21, No. 4, p. 389-400, 1988

韓國 南西部의 德蔭과 全州一金銀鑛床에 對한 岩石地球化學的 硏究

尹定漢* · 田溶元** · 全孝澤**

Lithogeochemistry on the Dukum and Jeonjuil gold-silver deposits in Southern-western part of Korea.

Chung Han Yoon, Yong Won John, Hyo Taek Chon

Abstract : Minor elements such as Ag, As, Au, Bi, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Rb, Sb, Sr and Te were analyzed by atomic absorption spectrophotometry and induced coupled plasma spectrophotometry in order to investigate pathfinders for gold in quartz porphyry, granite porphyry and vein materials in Jeonjuil gold-silver mine, and in altered biotite granites and vein materials in Dukum gold-silver mine.

In Dukum gold-silver mine, it is observed that Au contents have positive relation with As, Co, and Rb contents, but negative relation with Bi contents in altered biotite granites. Au contents have positive relation with Ag, As, Co and Te contents in vein materials.

In Jeonjuil gold-silver mine, it is observed that Cd, Rb, Sr and Te are enriched near ore vein in quartz porphyry and granite porphyry. Au contents have positive relation with As, Cd, Cu, Fe_2O_3 and K_2O in vein materials.

序 論

德蔭鑛山은 全羅南道 羅州郡 公山面 新谷里에 所在하며 1935년 開坑後 1938년 부터 1942년까지 年平均 약 226kg의 金을 生產하였고 1961年 부터 1973년까지는 年平均 約53kg의 金과 921kg의 銀을 生產한 實績이 있으나 現在는 品位가 떨어지고 生產量도 적어서 어려움을 겪고 있다. 덕음광산은 몇편의 보고서와 全 在亨(1973), 金 相煥(1984), 池 楨蔓(1986), 尹 定漢(1988) 等에 依해서 鑛物學的, 地球化學的 및 鑛床學的 硏究가 수행된 바 있다.

全州一鑛山은 全羅北道 完州郡 운주면 장선리에 위치한다. 全州一鑛山은 全 在亨(1982), 金 昇吾(1986) 및 尹定漢등(1988)에 依해서 地球化學的 및 鑛床學的 硏究가 수행된 바 있으나 探鑛을 위한 자세한 岩石地球化學的 硏究가 수행된 바 없다. 따라서 本 硏究에서는 坑內外에서 岩石 및 鑛石試料를 採取하여 完全分析法에 依한 主成分및 微量元素의 化學分析과 鑛石鑛物의 顯微鏡觀察을 通하여 本 硏究地域에서 金銀鑛 探鑛에 有用한 指示元素를 규명하는데 硏究의 目的이 있다.

本 硏究는 1987년 3月 부터 1988년 2月까지 문교부 지원으로 서울대학교 공과대학 자원공학과에서 交流敎授로서 硏究한 論文임을 밝혀둔다.

*全南大學校 工科大學 資源工學科(Dept. of Mineral and Petroleum Engineering. Chonnam Nat'l Univ., 500-757 Korea)
**서울大學校 工科大學資源工學科(Dept. of Mineral and Petroleum Engineering. Seoul Nat'l Univ., 151-742 Korea)

地質

一般 地質

덕음 광산 부근의 地質 :

덕음광산附近의 地質은 中生代 백악기말의 佛國寺統(이 윤승 외 1971)에 속하는 것으로 思料되는 流紋岩과 이를 貫入한 石英斑岩 및 花岡岩等의 火成岩類로 構成되어 있다. (Fig. 1)

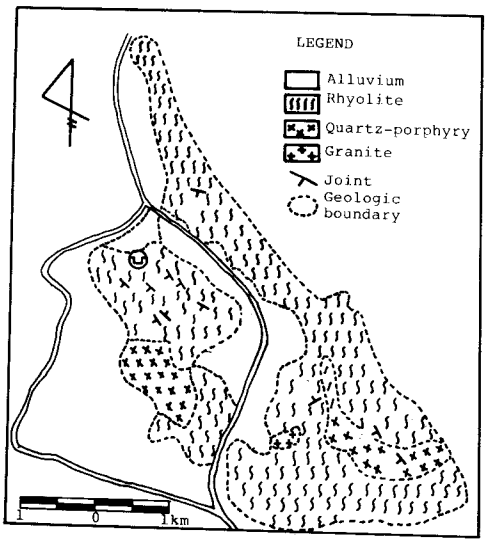

Fig. 1. Geologic map of Dukum mine area.

流紋岩은 鑛化帶 中央部및 東南側에 Dome狀으로 광범위하게 分布되어 있으며 절리가 많이 발달되어 있다. 절리의 走向은 N45~85°SW와 N10~85°SE이고 傾斜는 23-85°NW가 우세하나 NW-SE방향에 걸쳐서 발달되기도 한다. 이 岩의 岩色은 灰白色, 淡灰色 또는 淡紅色을 띠며 流狀構造가 局部的으로 發達되어 있다.

石英班岩은 岩脈狀으로 流紋岩等의 珪長質 岩石을 貫入하고 있으며 수직절리가 發達되어 있다.

黑雲母 花岡岩은 地表에서는 대부분이 風化되어 있고 坑內에서는 대부분이 熱水變質을 받고 있다. 岩色은 淡灰色. 暗灰色, 灰白色을 띠우며 本 鑛山 附近에서는 岩柱狀으로 分布되나 이 윤송(1971)에 依하면 무안 附近으로 가면서 底盤 型態로 產出된다.

全州一鑛山 附近의 地質

全州一鑛山 附近의 地質은 下部로 부터 時代未詳의 옥천변성암류와 이를 貫入한 石英班岩 및 花崗班岩으로 構成되어 있다. (Fig. 2)

변성퇴적암류는 창리층, 문주리층, 오대산층으로 이루어져 있으며 창리층의 分布가 가장 廣範圍하다. 창리층은 주로 黑色 粘板岩과 천매암으로 構成되어 있고 결정질 石灰岩이 가끔 협재되기도 한다. 岩層의 走向과 傾斜는 N50~80°E, 20~50°NW이다. 문주리층은 창리층 上位에 놓여 있으며 이들 岩層의 境界는 不規則하다. 홍 승호등(1978)은 창리층과 문주리층이 不規則한 地質境界를 이루는 것은 문주리층이 창리층과 가끔 설상 또는 교호상을 이루기 때문이라고 하였다. 문주리층은 石英黑雲母 片岩과 砂質천매암으로 構成되어 있다. 오대산층은 문주리층 上位에 놓여 있으며 주로 淡黃色 珪岩으로 構成되어 있으며 역질규암과 石英片岩이 部分的으로 협재되기도 한다.

石英班岩은 上記한 옥천변성퇴적암류를 N25~35E 方向으로 帶狀貫入하고 있다. 全州一 鑛山 後面에는 花崗班岩이 產出되는데 이 양자의 關係는 확실치 않다.

岩石 記載

덕음 광산

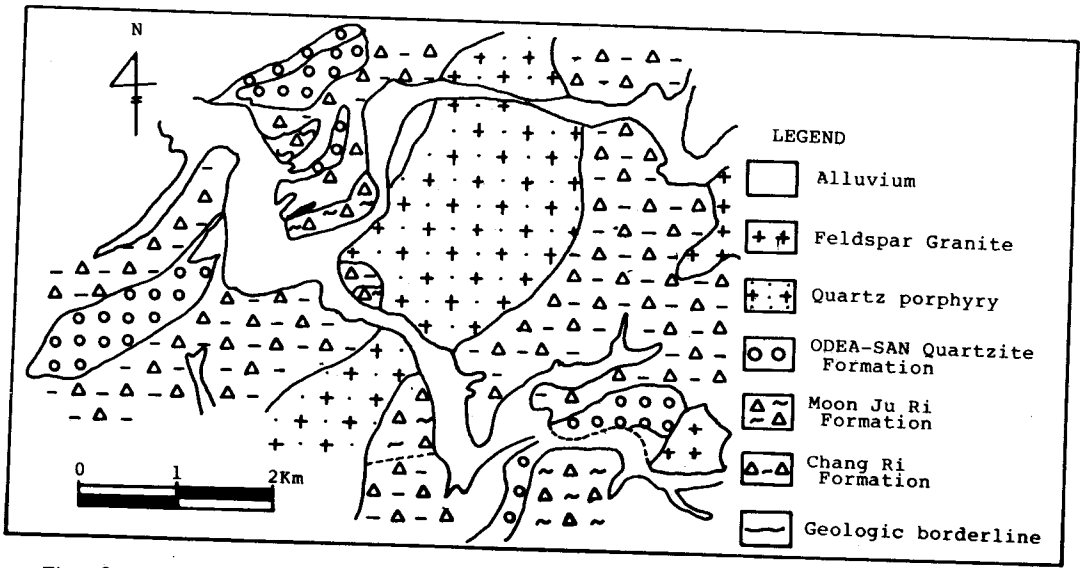

Fig. 2. Geologic map of Jeonjuil mine area.

流紋岩; 顯微鏡 觀察에 依하면 主 構成鑛物로는 石英, 白雲母, 黑雲母 및 카리장석등이고 小量의 不透明鑛物이 散在되어 있다. 石英은 aggregates 또는 shard로 나타나며 카리장석은 spherulite구조를 보여 주기도 한다.

石英班岩; 石英이 斑晶의 대부분을 이루고 있으나 斜長石 및 白雲母가 小量으로 배태되기도 한다. 石基는 미정질의 石英, 斜長石 및 견운모 등이고 그 밖에 미립의 불투명 광물이 小量으로 散在되어 있다. 石英은 약한 파동소광을 나타내며 대부분이 파쇄되어 있으며 石英粒의 크기는 3mm 內外이다. 斜長石은 대부분이 견운모로 변질되어 있으며 변질된 斜長石 주위에 方解石이 2次 鑛物로 散在되어 있기도 하다.

黑雲母 花崗岩; 粒狀組織을 하고 있으며 顯微鏡 觀察에 依하면 主構成鑛物로는 石英, 斜長石, 白雲母및 黑雲母등 이고 副構成 鑛物로는 인회석과 불투명 광물이다. 石英은 파동소광을 보여 주고 있으며 구과상 구조도 보여주며 石英粒 사이에는 斜長石이 융식구조를 보여준다. 斜長石은 대부분이 石英粒 사이에서 신장되어 있거나 불규칙한 모양을 하고 있다. 斜長石의 일부는 견운모 또는 녹니석화 작용을 받았으며 변질작용을 받은 斜長石中에는 불투명 광물이 小量으로 배태되어 있기도 한다.

鑛床

鑛床 槪要

덕음 광상

流紋岩 및 黑雲母花岡岩內에 發達된 열극을 充塡하거나 鑛染시킨 熱水鑛床이며 10여개조의 맥이 발달되어 있으나 採鑛可能한 맥으로서는 천맥, 지맥, 현맥, 홍맥, 우맥, 주맥, 덕맥등의 7개맥이 방향을 달리하면서 분맥되어 있다. 맥의 發達 狀態는 일반적으로 細脈으로 發達되는 도중에 lense狀 또는 판상체의 포켙으로 부존되어 있다.

천맥의 走向과 傾斜는 N15~60°W, 48~66°W로 변화가 심하고 맥폭은 0.5~1.0m, 연장은 350~400m이며 북서측과 남동측 연장상 중단면에서 소멸되지만 本 鑛山에서는 가장 우수한 鑛脈이다. 지맥은 맥폭이 0.3~1.0m, 연장 100~120m이다. 홍맥은 맥폭이 1.0~1.2m이고 연장은 약 300m이며 走向과 傾斜는 N25~30°W, 40~50°SW이며 비교적 견실한 맥이다. 현맥은 走向과 傾斜가 N10~20°W,25~60°SW이며 맥폭은 0.3~0.8m로 비교적 좁고 연장은 100m 內外로 짧은 편이며 비교적 高品位이다. 우맥은 走向과 傾斜가 N40~60°W, 20~30°SW이고맥폭은 0.3m이며 연장은 150~200m이다. 주맥은 走向과 傾斜가 N40~65°W, 20~30°W이고 맥폭은 0.5~1.0m이며 연장은 150~200m이다. 본 연구에서 分析한 結果는 Au; 0~44.4g/t, Ag; 1.85~188g/t이고 Au평균품위는 26.89g/t, Ag 평균품위는 75.14g/t이다.

全州一 鑛床

全州一 鑛床은 옥천변성퇴적암류에 발달된 열극을 충진한 含金銀 石英脈으로서 走向과 傾斜는 NS~20°E 50~60°NW, 맥폭은 0.1~1.6m 사이에서 팽축하며 연장은 약 10km이고 장선구, 삼창구, 동상구 및 완창구등 4~5개의 鑛脈이 發達되어 있다. 충진광상에서 특징적으로 볼 수 있는 빗살구조등이 觀察되고 炭質物이 간혹 협재되기도 한다. 모암은 주로 黃鐵石化作用과 견운모화작용이 우세하다. 김승오(1986)에 依하면 金銀鑛의 品位는 Au : Tr~4.6g/t, Ag; 30~2900g/t이나 본 연구에서 分析한 結果는 Au : 0~51,37g/t, Ag 0.53~107g/t이며 Au 평균品位는 7.18g/t이고 Ag平均品位는 55.0g/t이다.

鑛石 鑛物

덕음 광산

덕음광산에서 産出되는 鑛石鑛物로는 黃鐵石, 黃銅石, 유비철석, 섬아연석, 방연석, Electrum, 휘은석등이다.

黃鐵石은 自形 내지 半自型이며 일반적으로 crack이 發達되거나 심하게 각력화되어 있는데 이들 틈을 섬아연석과 방연석 또는 자형내지 반자형의 石英粒이 충진 또는 교대하면서 맥상 불규칙한 모양의 Rod상, 방사상 또는 장방형의 모양을 가지기도 한다. 방연석에 의해 교대된 황철석은 caries texture를 보이기도 한다. 황동석은 불규칙한 모양을 보이고 섬아연석과 용리구조를 하기도 하고 섬아연석과 함께 대상으로 발달되어 있기도 하다. 섬아연석은 上記한 바와 같이 黃銅石과 함께 용리구조를 이루기도 하고 帶狀으로 평행하게 發達되어 있기도 한다. 섬아연석은 각력화되면서 소습곡구조를 보이는 틈을 미립의 황동석이 충진하기도 한다. 방연석은 미상이며 크기는 평균 0.2mm내외이다. 방연석에 의해서 交代된 황철석과 섬아연석이 잔류물로서 배태되는데 잔류된 섬아연석이 방향성을 띠기도 한다. Electrum은 6μm內外의 크기이며 황철석, 황동석, 섬아연석 및 방연석에 수반되나 특히 섬아연석 및 방연석과 밀접히 관련되어 産出되며 모양은 대부분이 둥글다.

全州一 鑛山

全州一 鑛山에서 産出되는 鑛石鑛物로는 黃鐵石, 황동석, 섬아연석, 방연석, 자연은 및 자류철석등이다.

黃鐵石은 대부분이 타형이나 自然銀에 包有된 黃鐵石은 isomorph로 産出된다. 黃鐵石의 크기는 0.1~3mm이

다. 황철석중에 발달된 틈을 섬아연석과 방연석이 충진 교대 하기도 한다. 黃銅石은 不規則한 모양을 가지며 섬아연석과 용리구조를 이루고 있으며 自然銀에 포획되어 産出되기도 한다. 섬아연석은 上記한 바와 같이 황동석과 용리구조를 이루고 있으며 불규칙한 모양의 섬아연석이 自然銀에 포획되어 産出되기도 하며 크기는 0.1㎜ 內外이다. 自然銀은 불규칙한 모양이며 크기는 0.6㎜ 內外이며 자류철석, 섬아연석, 황철석 또는 황동석등을 포획 또는 충진한다. 자류철석은 후기에 정출한 自形의 석영 또는 섬아연석에 의해서 교대되어 있다.

試料採取및 化學分析

덕음광산에서는 坑內에서 변질된 黑雲母花岡岩과 鑛石및 맥석鑛物들을 採取하였는데 坑外에서는 黑雲母花岡岩이 대부분 風化되어 있기 때문에 新鮮한 試料를 採取하기가 어려웠다.

全州一 鑛山에서는 坑內에서 5Level과 6Level에서 모암과 鑛脈을 대상으로 Chip Sampling을 실시하였으며 坑外에서는 石英斑岩과 花崗斑岩의 시료들을 採取하였다. 採取한 試料中 약 1㎏～2㎏을 Jaw Crusher로 分碎한 후 자기절구를 이용하여 25mesh로 분쇄한 후 四分하고 다시 80mesh로 미분쇄하여 化學分析用 試料를 준비하였다.

Si와 Al 分析用 용액은 NaOH를 使用한 알카리 용융법(ASTM, D.2795－69, 1974)을 적용하였으며 As, Bi, Sb 및 Te 分析用 용액은 포화된 $Mg(NO_3)_2$용액과 岩石 試料를 混合 加熱, 灰化시킨후 NCl과 KI용액으로 分解시키는 方法(Pahlavanpour, 1979)을 利用하였으며, 그밖의 主成分 및 副成分 및 微量元素 分析用 용액

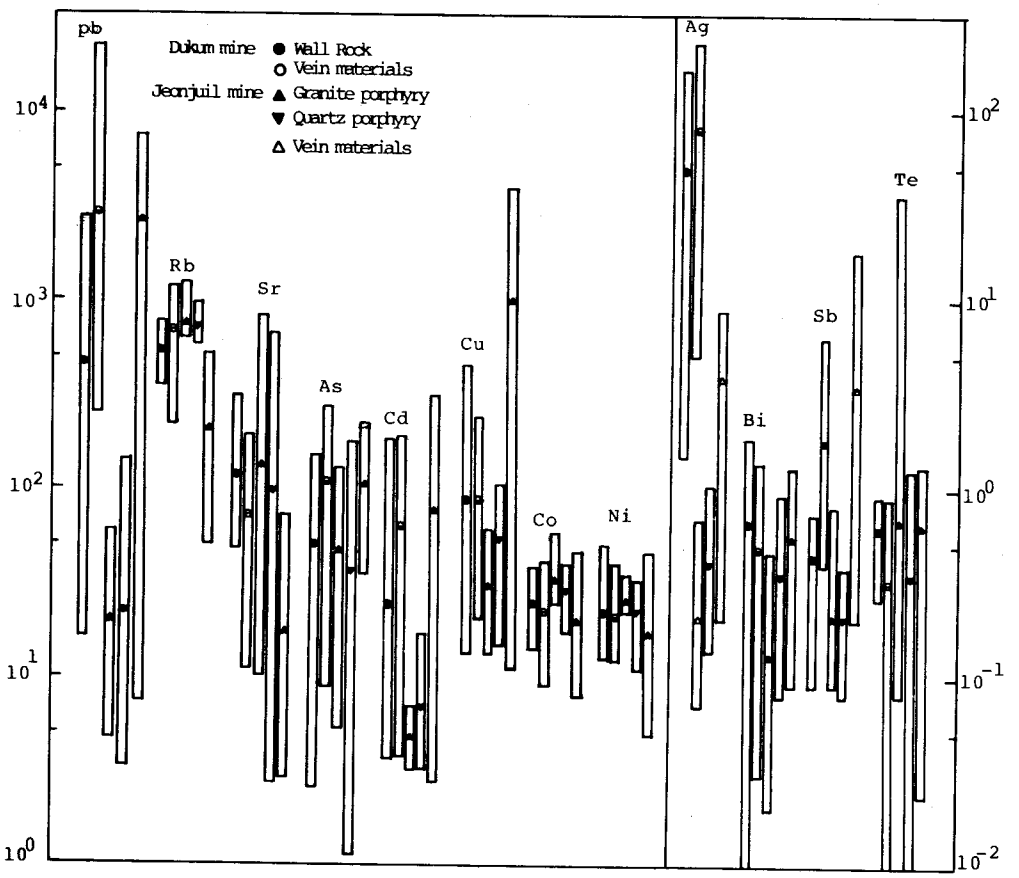

Fig. 3. Mean and range of trace element contents of wall rock, granitoids, and vein materials in Dukum and Jeonjuil mine.

은 粉末試料에 HNO_3, $HClO_4$, HF를 2 : 1 : 5의 비율로 섞은 混合酸을 加해 metal block에서 加熱해서 分解하였다. 分解 건조된 시료를 6M HCl 수용액으로 용해하여 100倍로 희석하였다.(Applied Geochemistry Research Group, 1982) 分析對象 元素中 As, Bi, Sb 및 Te 分析은 Inductively Coupled Argon Plasma Spectro Photometer(이하 ICAP라 칭한다)와 Hydride Generator를 이용하였고 Si, Al, Ca, Mg, Ti, P, Ba, Be, Cd, Cr, Sr, Zr等의 원소는 ICAP를 利用하여 分析하였으며 그밖의 元素含量分析은 Atomic Absorption Spectrophotometer로 分析하였다. 化學分析 過程中에 必要한 Quality Control은 Reference material, 試料의 2회 分析 (Duplication) 및 Blank等을 便用하여 수행하였다.

結果 및 考察

德蔭鑛山의 母岩이며 坑內에서 變質을 받은 黑雲母花崗岩의 Au含量은 20~39 ppb 범위이나 대부분은 25~33ppb 범위이며 平均含量은 30ppb이다 Ag含量은 10~185ppm 범위이나 대부분이 10~75ppm 범위이며 平均含量은 약 50ppm이다 Au와 Ag는 특징적인 關係를 나타내지 않으나(Fig. 4. A) Ag含量은 Au含量이 27~33ppb 범위內에서 集中分布하고 있다. Ag와 Au와도 특징적인 관계를 나타내지 않고 分散圖示된다(Fig. 4. A). Cd는 180ppm 정도로 높은 含量을 가진 試料도 있지만 대부분은 30ppm 미만이다(Fig. 3). Cd 平均含量은 25.02ppm이지만 坑外에서의 新鮮한 花崗岩中의 Cd含量은 1ppm 미만이다. Au와 Cd含量과 關係도 특징적인 分布경향을 나타내지 않고 分散 圖示된다(Fig. 4. A). Sr는 48.1~307.00ppm이고 Sr 平均含量은 118.72ppm (Fig. 3)이지만 坑外의 新鮮한 花崗岩中의 Sr 含量은 약 51ppm으로 花崗岩類의 Sr平均含量보다 역시 낮은 경향을 보여준다. Au와 Sr含量과의 關係(Fig. 4. A)는 특징적인 分布 경향을 나타내지 않고 分散 分布되지만 Au含量 25~32ppb사이에 集中分布된다. Co 含量은 14,40~38.06ppm 범위이고 Co 平均含量은 25.07ppm (Fig. 3)이고 갱외의 新鮮한 花崗岩中의 Co 平均含量은

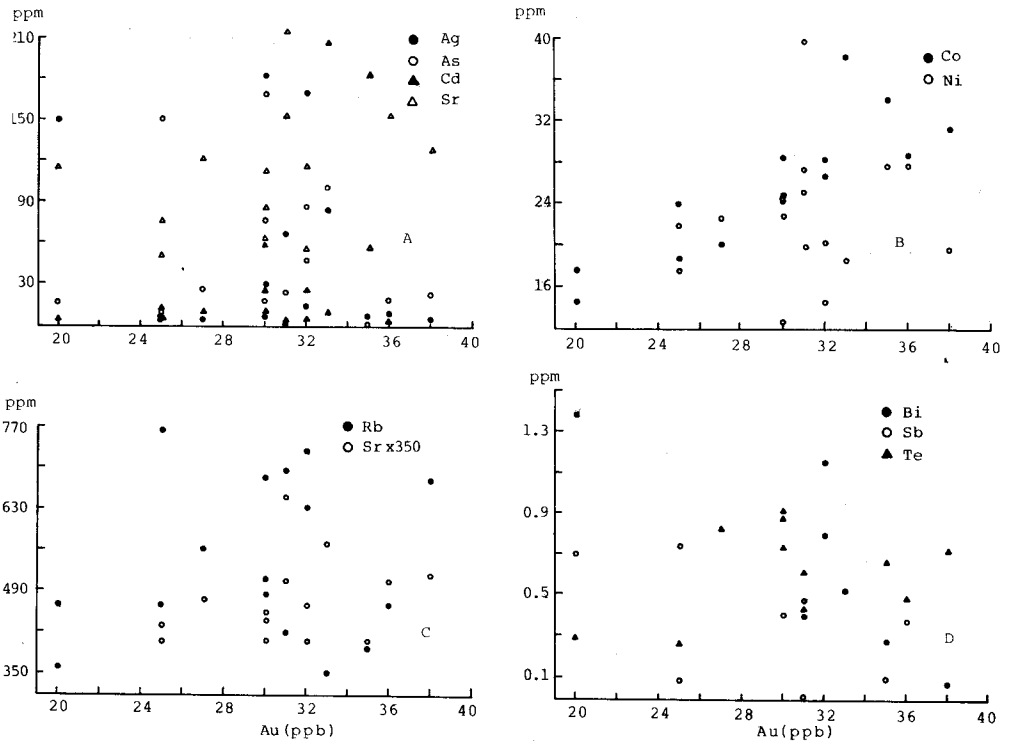

Fig. 4. Scatter diagram for various elements and Au in altered biotite granite of Dukum mine.

약 1ppm으로 花崗岩中의 Co 平均含量과 비슷하다. Au와 Co 含量과의 關係(Fig. 4. B)는 Co含量이 增加함에 따라서 Au含量이 增加하는 경향을 나타낸다. Ni含量은 12.57~39.70ppm이고 평균함량은 22.32ppm(Fig. 3)이고 坑外 新鮮한 花崗岩中의 Ni 平均含量은 약 8ppm으로 花崗岩中의 Ni 平均含量 보다 높은 경향을 보여준다. Au와 Ni含量과의 關係(Fig. 4. B)는 Au含量 增加에 關係없이 거의 一定한 含量을 유지한다.

Rb含量은 350~766ppm이고 평균함량은 544.73ppm (Fig. 3)이고 坑外에서의 新鮮한 花崗岩中의 Rb 平均含量은 271ppm으로 富化되어 있다 Au와 Rb含量과의 關係(Fig. 4. C)는 몇개의 시료를 除外하면 Au함량이 增加함에 따라 Rb含量이 增加하는 경향을 보여준다. Bi 含量은 0.01~1.85ppm이고 평균함량은 0.67ppm(Fig. 3)이며 Au와 Bi含量과의 關係(Fig. 4. D)는 Au含量이 增加함에 따라서 감소하는 경향을 보여준다. 이는 Boyle(1979)의 실험결과와는 배치되는 결과인데 Au와 Bi와의 負의 상관관계를 나타내는 것은 新鮮한 花崗岩이 아니고 熱水 變質을 받으면서 Au가 富化되었기 때문인 것으로 사료된다. Sb含量은 0.09~0.74ppm이고 평균함량은 0.42ppm으로 Au와 Sb와의 關係(Fig. 4. D)는 특징적인 경향을 보이지 않고 分散 圖示된다. Te含量은 0.26~0.91ppm이고 평균함량은 0.62ppm(Fig. 3)이며 Au와 Te와의 關係(Fig. 4. D)는 특징적인 경향을

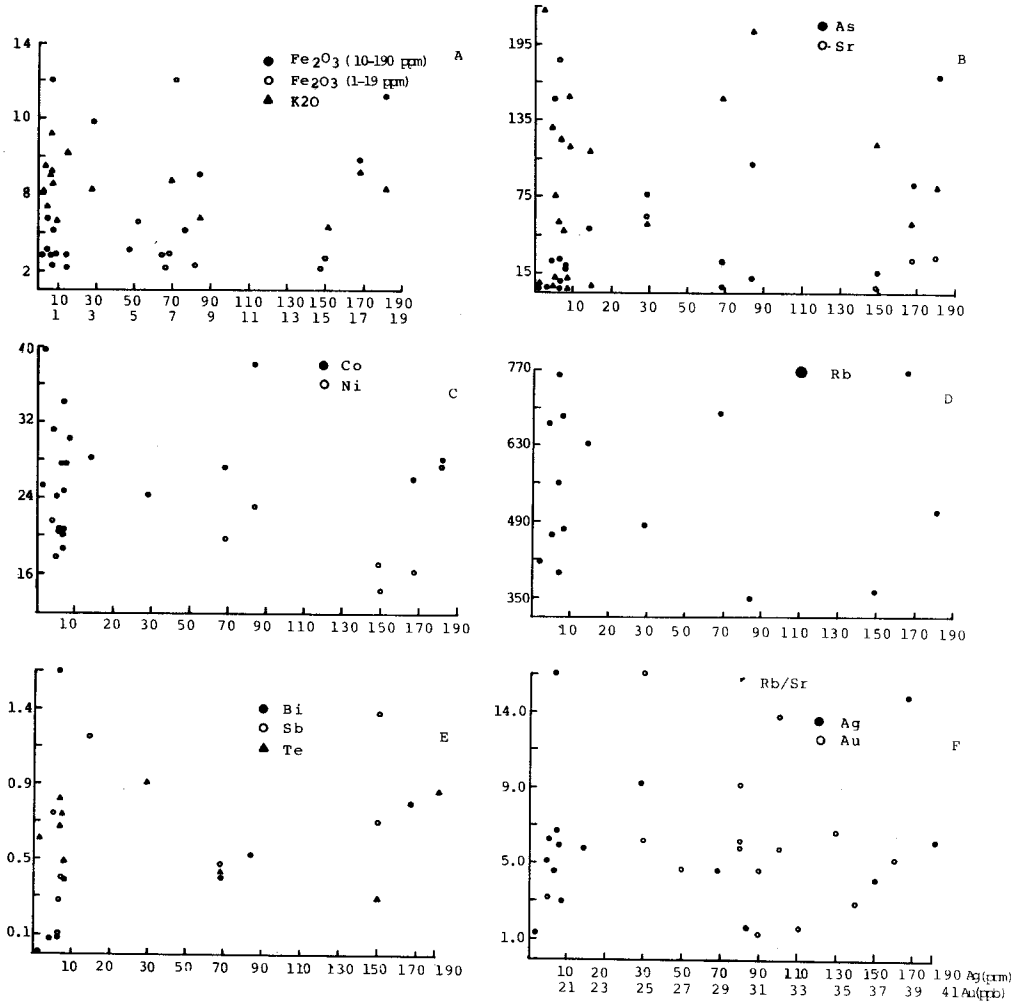

Fig. 5. Scatter diagram for various elements and Ag in altered biotite granite of Dukum mine.

보이지 않고 分散分布된다. Ag含量과 Fe_2O_3, K_2O, As, Cd, Sr, Co, Ni, Rb, Bi, Sb 및 Te와는 특징적인 경향을 보이지 않고 分散 圖示된다(Fig. 5. A. B. C. D. E). Rb/Sr ratio와 Au함량과의 관계는 分散되나 Ag 含量과 Rb/Sr 비는 대체로 2.0~7.0범위에서 分散 圖示된다(Fig. 5. F)

이상에서 살펴 본 바와 같이 Au는 Co와 Rb, 및 As는 대체로 正의 상관관계를 갖지만 Bi와는 負의 상관관

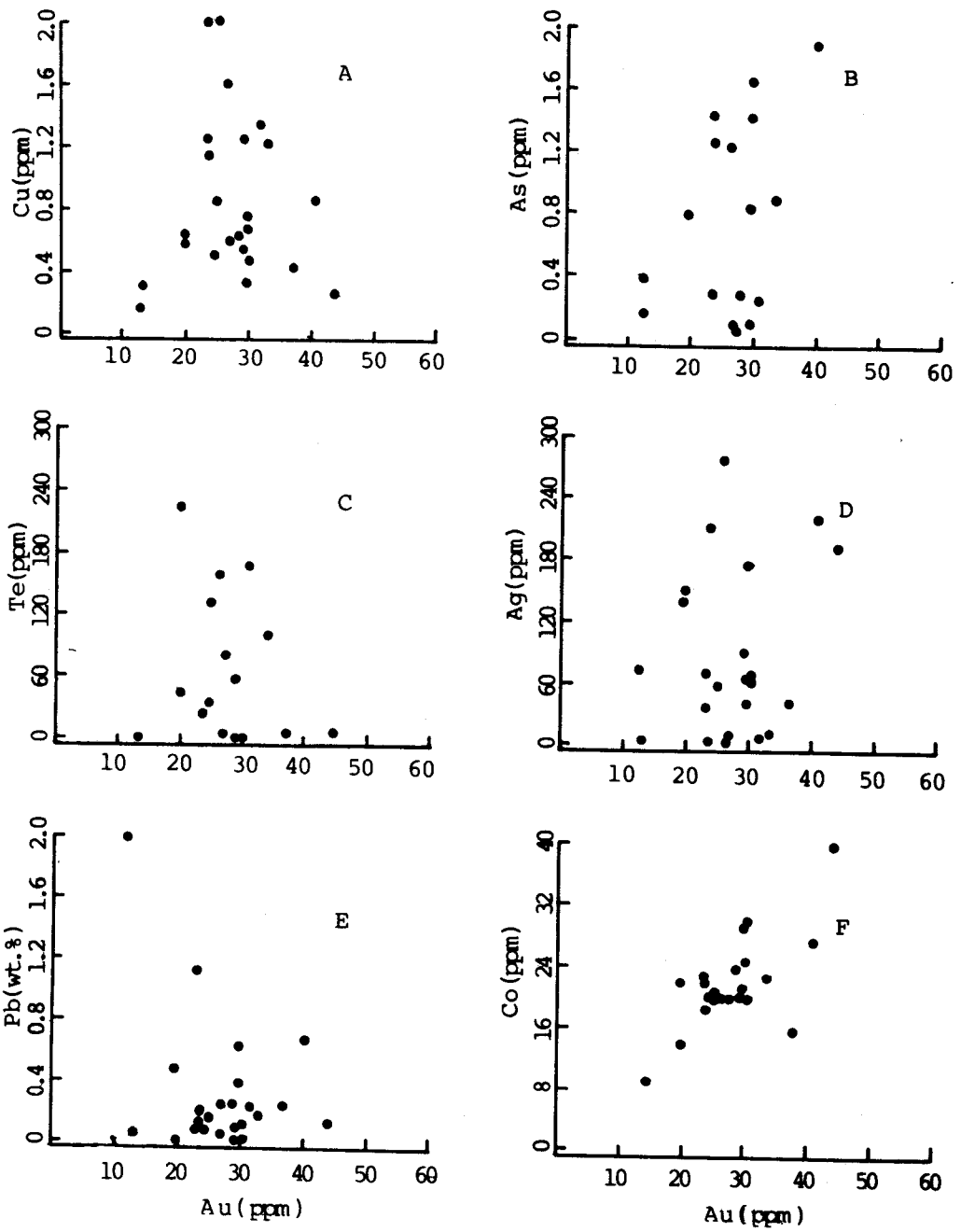

Fig. 6. Scatter diagram for Cu, As, Te, Ag, Pb, Co, and Au in vein materials of Dukum mine.

계를 보여준다. Au는 일반적으로 As, Bi, Sb 및 Te와 밀접히 관련되어 배태되는 것으로 알려져 있는데 (Boyle, 1979) 본 연구에서는 Sb와 Te는 分散 圖示된다. Ag는 다른 원소와 특징적인 분포경향을 나타내지 않는다. 덕음광산의 광맥 구성물질을 分析한 결과 Au 함량과 As, Te, Co, 및 Ag含量과는 Au含量이 增加함에 따라서 대체로 증가하는 경향을 보여준다(Fig. 6. B. C. D. F) Au와 Cu含量과는 Au含量 20~40ppm사이에 集中 圖示된다(Fib. 6. A) Pb는 Au含量이 增加함에 따라서 약간 增加하는 경향을 보여주나 뚜렷하지는 않다

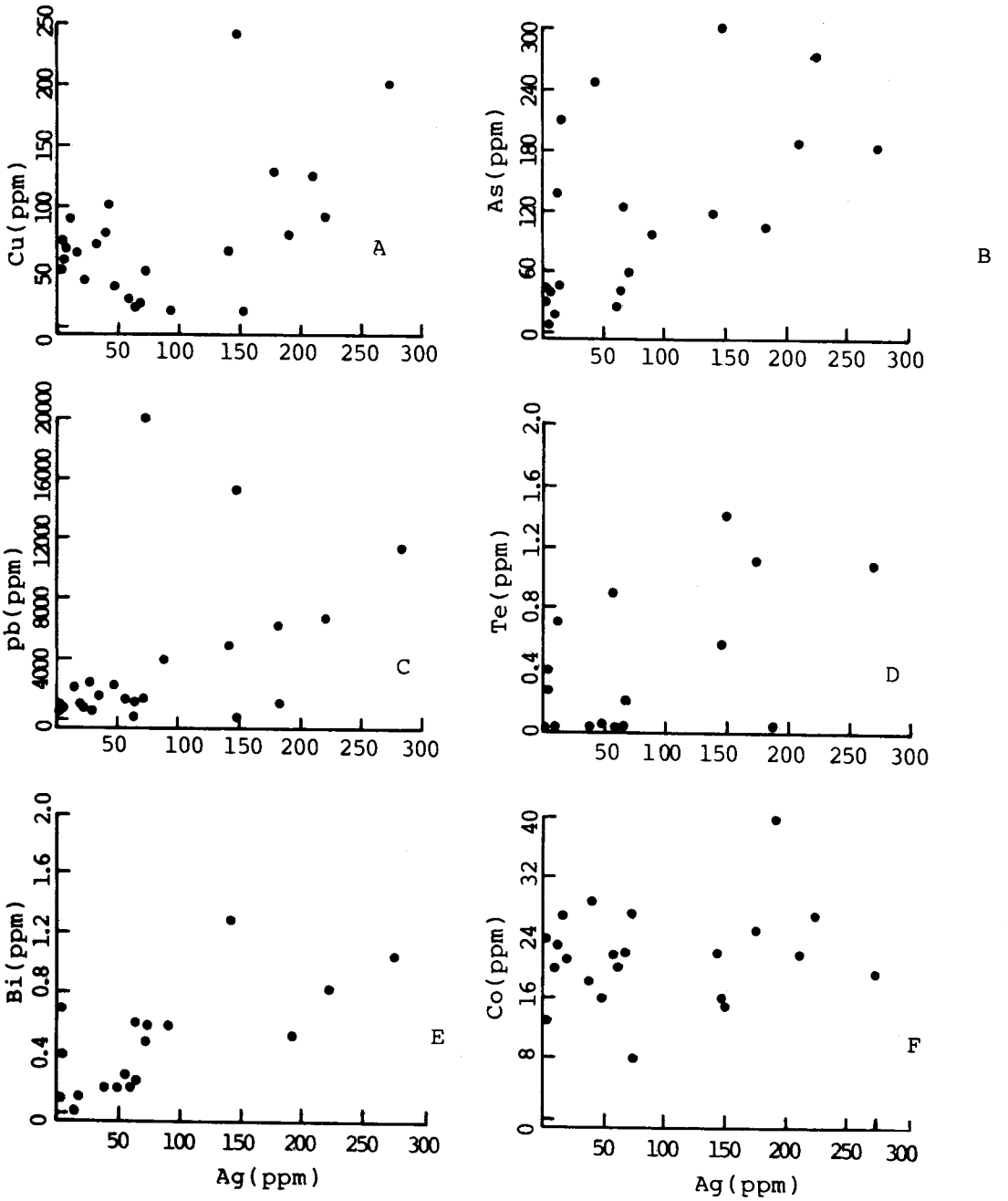

Fig. 7. Scatter diagram for Cu, As, Pb, Te, Bi, Co and Ag in vein materials of Dukum mine.

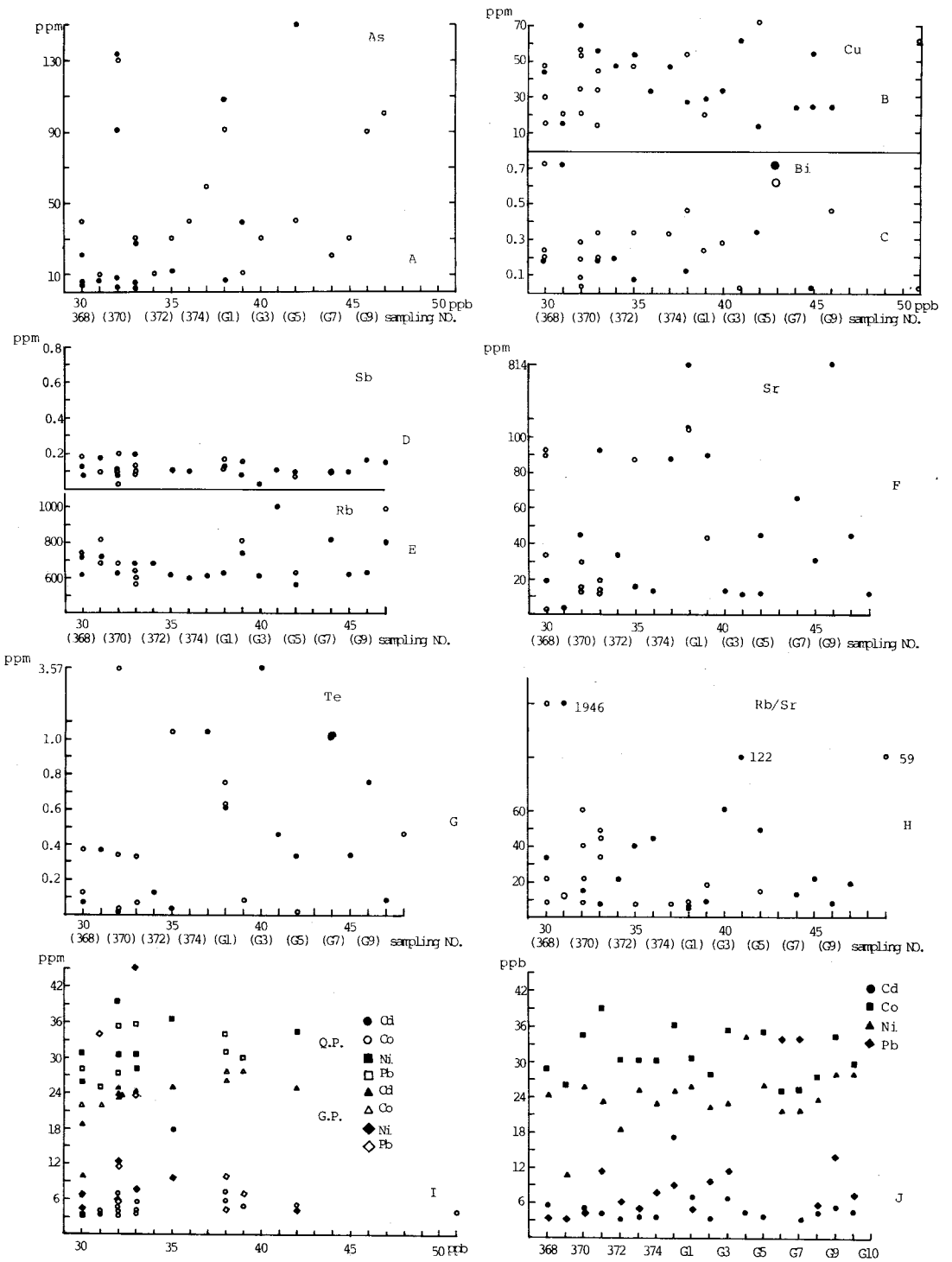

Fig. 8. Scatter diagram for various elements and Au in quartz porphyry and granite porphyry distributed in Jeonjuil mine. Q, P. : quartz porphyry. G. P. : granite porphyry

Solid circle : contents of As, Cu, Sb, Sr, Rb, and Te.
Open circle : contents of As, Cu, Sb, Sr, Rb, and Te. in Sampke site.

(Fig. 6. E). Ag含量과 Pb, Te 및 Bi 含量은 Ag含量이 增加함에 따라서 增加하는 경향을 보여준다(Fig. 7. C. D. E) Ag含量과 Cu및 As含量과의 關係(Fig. 7. A. B)는 Ag含量이 증가함에 따라서 약간 증가하는 경향을 보여주나 대체로 分散圖示된다. 이상의 결과로 보아 Au와 Ag를 포함하는 광물은 주로 Electrum 및 휘은석 등으로 배태됨을 시사하는데 이는 광석현미경에서 관찰한 결과와 비교적 잘 일치하고 있으며 금은광은 주로 유비철석 방연석등과 밀접히 관련되어 배태됨을 시사하고 있는데 이는 광석현미경 관찰결과와 잘 일치되고 있다.

全州一 鑌山 附近에 分布되는 石英斑岩과 花崗斑岩中의 微量元素와 Ag및 Au含量 關係를 살펴보면 다음과 같다. 石英斑岩과 花崗斑岩中의 Co含量 범위는 각각 17.58~39.18ppm과 24.69~51.36ppm이고 평균함량은 29.65ppm과 33.19ppm으로 花岡岩의 Co平均含量 1ppm보다 富化된 경향을 보이고 있으며 Au含量과의 關係(Fig. 8. I.)는 특징적인 경향을 보여주지 않고 分散圖示된다. Cd含量은 각각 3.25~17.67ppm과 3.24~7.05ppm이고 평균함량은 각각 6.94ppm와 4.83ppm으로 花岡岩의 평균함량 0.2ppm 보다 富化된 경향을 보여준다. Au와 Cd함량과의 關係는 石英斑岩中의 Cd含量도 正의 相關關係(Fig. 8. I.)를 갖는데 비해서 花崗斑岩中의 Cd含量은 특징적인 분포경향을 보이지 않고 分散圖示된다. 광맥 근처에서 Co含量 變化는 인지되지 않으나 Cd含量은 광맥 근처에서 약간 증가하는 경향을 나타낸다(Fig. 8. J.). Ni含量은 各各 10.86~32.86ppm과 21.79~34.53ppm이고 平均含量은 各各 22.72ppm과 25.69ppm(Fig. 3)으로 花崗岩中의 Ni含量 0.5ppm보다 富化되어 있다. Au와의 關係(Fig. 8. I.)는 예외적인 경우도 있지만 一般的으로 Au함량이 증가함에 따라서 Ni含量도 增加하는 경향을 나타내는데 광맥근처에서 石英斑岩中의 Ni含量은 증가하는 경향을 보여주지만 花崗斑岩에서 Ni含量은 광맥 근처에서 감소하는 경향을 보여준다(Fig. 8. J.). Pb는 各各 3.30~146ppm과 4.78~59.34ppm이고 평균含量은 各各 22.82ppm과 21.10ppm (Fig. 3)으로 花岡岩中의 Pb 平均含量 20ppm과 비슷하다 Au와의 相關關係(Fig. 8. I.)는 특징적인 경향을 나타내지 않고 分散 圖示된다. 광맥 근처로 가면서 점증하나 花崗斑岩中의 Pb含量은 비정상적으로 높은 함량이다. Bi는 뚜렷하지는 않지만 일반적으로 Au含量이 증가함에 따라서 증가하는 경향을 보여준다(Fig. 8. C.). Cu含量은 특징적인 分布경향을 보이지 않고 分散圖示된다(Fig. 8. B.).

Sb含量은 모두 0.21ppm과 0.09~0.79ppm이고 평균含量은 모두 0.21ppm으로서 花崗岩 평균 0.2ppm과 同一하다. Au와의 關係(Fig. 8. D.)는 특징적 變化경향을 보이지 않고 제한된 범위에서 分散 圖示되며 광맥 근처에서 낮아지는 경향을 보인다(Fig. 8. D.) Rb含量은 各各 576~968ppm과 624~1266ppm이고 平均含量은 各各 717ppm과 747ppm으로 花崗岩中의 Rb平均含量 150ppm보다 富化되어 있다. Au含量 變化에 따른 Rb含量 變化는 특징적인 경향을 보이지 않고 分散圖示되고 광맥 가까이에서 약간 증가하는 경향을 보인다(Fig. 8. E.) Sr含量은 各各 2.71~682ppm과 10.28~814ppm이고 평균含量은 98.63ppm과 130.79ppm으로 花崗岩平均含量 285ppm보다 결핍되어 있다(Fig. 3) Au含量과의 關係는 특징적인 경향을 보이지 않고 分散 圖示되고 제한된 범위(30~39ppb)에서 分布되며(Fig. 8. F.)광맥 근처에서는 증가하는 경향을 보인다(Fig. 8. F.). Te는 各各 0.01~1.24ppm과 0.08~3.57ppm이고 平均含量은 各各 0.35ppm과 0.68ppm으로 花崗岩中의 Te含量 0.001ppm(Parker. 1967)보다 富化되어 있다(Fig. 3). Au 함량과의 關係(Fig. 8. G)는 특징적인 경향을 보이지 않고 광맥근처에서는 뚜렷이 富化되는 경향을 보인다 (Fig. 8. G). Rb/Sr比는 5~1946까지 다양하나 대부분은 5~60사이이다(Fig. 8. H.). Au와는 특징적인 관계를 보이지 않으며 광맥 근처에서는 오히려 감소하나 광맥에서 약간 떨어진 곳에서는 일반적으로 Rb/Sr比가 증가한다(Fig. 8. H.). As含量은 各各 1.1~182ppm과 5.32~133.52ppm이고 平均含量은 各各 36.29ppm과 47.82ppm으로 花崗岩中의 As含量 1.5ppm보다 富化되어 있다(Fig. 3). Au含量과는 특징적인 상관관계를 보이지 않고 대체로 Au 30~39ppb사이에서 分散圖示되며 광맥 근처에서 石英斑岩中의 As含量은 增加하는 경향을 보여주나 花崗斑岩은 반대로 광맥 근처(사료번호 384. G_1 G_2 G_3)에서는 낮고 멀어짐에 따라서 증가하는 경향을 보여준다(Fig. 8. A.).

全州一 鑌山의 갱내에서 채취한 試料를 分析한 結果 Au와 As, Cd, Cu, Fe_2O_3. K_2O 含量과의 關係는 대체로 正의 相關關係(Fig. 9. A. B.)를 나타내고 Co와는 완만한 正의 相關關係(Fig. 9. A)를 보이며 Pb, Zn, 및 Ag와는 특징적인 경향을 보이지 않고 分散 圖示된다 (Fig. 9. B. C) Ag含量과 As, Cu 및 Fe_2O_3와는 正의 相關關係(Fig. 9. D. E)를 보이고 Cd와는 Ag含量이 0~2.0ppm 사이에서는 正의 相關關係(Fig. 9. E.)를 나타내지만 Ag含量이 2.0ppm이상에서는 分散 圖示된다. 이

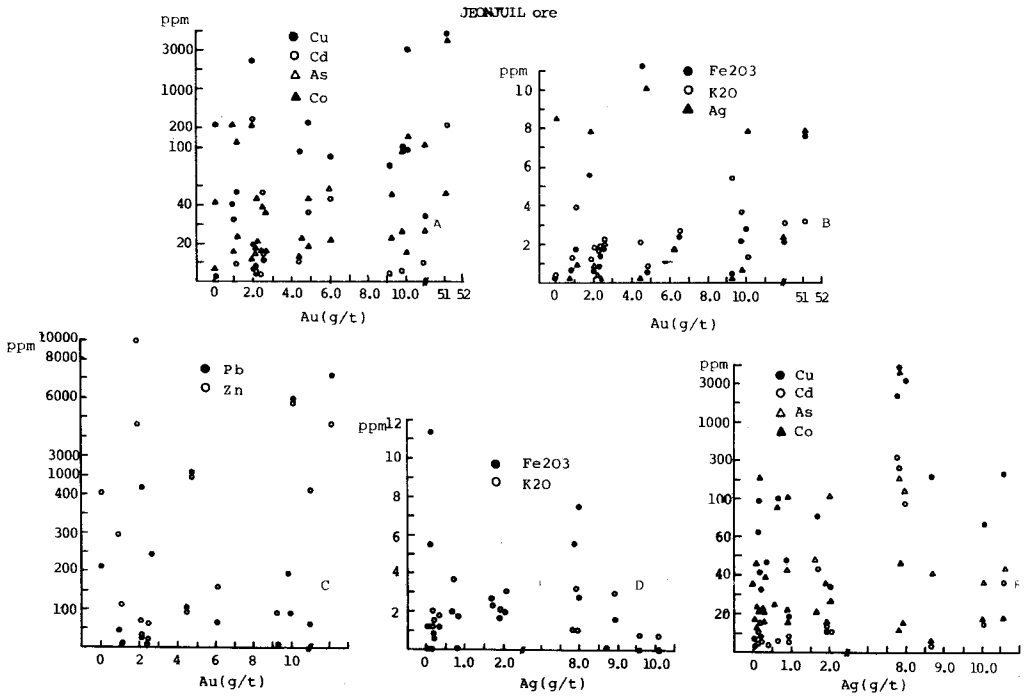

Fig. 9. Scatter diagram for various elements and Au, Ag in vein materials of Jeon juil mine.

상의 關係로 보아 Au와 Ag광물은 Electrum상태로 산출된다기 보다는 自然金, 自然銀 또는 휘은석등으로 배태됨을 시사하는데 이는 광석현미경 觀察結果와 일치되고 있다. Au와 Ag가 Cu, Fe, Cd와 正의 相關關係를 나타내는 것으로 보아 Au 및 Ag鑛物이 黃鐵石, 자류철석, 黃銅石 및 섬아연석과 밀접한 關係를 갖고 産出됨을 시사하는데 이는 대체로 광석현미경 觀察結果와 일치되고 있다.

結論

덕음광산과 全州一 鑛山에서의 鑛石鑛物은 觀察한 結果와 덕음광산의 갱내에서 모암인 흑운모 화강암과 광맥 구성광물, 그리고 全州一 鑛山 附近에 分布되는 石英斑岩, 花崗斑岩 및 광맥구성광물을 分析 硏究한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 덕음광산에서 産出되는 鑛石鑛物은 黃鐵石, 黃銅石, 유비철석, 方鉛石, 閃亞鉛石, Electrum, 自然銀 및 휘은석 等이며 Electrum은 黃鐵石, 閃亞鉛石 및 方鉛石과 密接히 수반되어 産出된다.

2) 全州一 鑛山에서 産出되는 鑛石鑛物은 黃鐵石, 黃銅石 자류철석, 閃亞鉛石, 方鉛石, 自然銀 및 휘은석等이며 Electrum은 드물게 觀察되며 自然銀 및 휘은석은 황철석, 자류철석 및 閃亞鉛石等과 밀접히 관련되어 産出된다.

3) 덕음광산의 모암인 黑雲母花崗岩에서 Co, Rb및 As含量은 Au含量이 增加함에 따라서 增加하는 경향을 보이고 Bi含量은 Au含量과 負의 相關關係를 보이나 기타 元素 含量은 分散 圖示되는 것으로 보아 덕음광상에서 변질된 흑운모화강암을 對象으로 探鑛할 경우에 Co, Rb, As 및 Bi等의 元素가 有用한 指示元素가 될 것으로 판단된다.

4) 全州一 鑛山 附近에 分布되는 石英斑岩과 花崗斑岩中의 Cd, Ni, Bi含量은 Au含量이 增加함에 따라서 增加되고 Cd, Rb, Sr, Te等의 元素含量은 鑛脈 近處(試料番號 : 384, G_1)로 가면서 富化되는 경향을 보이고 Ni, Pb 및 As含量은 石英斑岩에서만 鑛脈 근처 (시료번호 : 384)로 가면서 富化되는 경향을 보이므로 Cd, Ni, Pb, Rb, Sr, Te 및 As等의 元素가 全州一 鑛床探査에 有用한 指示元素가 될 수 있을 것으로 판단된다.

5) 鑛脈 주변의 모암에서 K_2O의 含量이 富化되고 편광현미경에서 견운모가 多量 觀察되는 것으로 보아 견운모화작용 내지 Potassic alteration을 가장 심하게 받은 것으로 사료된다.

謝辭

本 研究는 1987년 3月 부터 1988년 2月까지 交流敎授로서 研究할 수 있도록 研究費 一部를 支給해 준 交敎部와 연구시설을 이용할 수 있도록 아낌없는 지원해 주신 서울대학교 공과대학 자원공학과 敎授님들께 감사를 드리며 아울러 도면작성등을 하는데 매우 열심히 도와준 전남대학교 자원공학과 정일봉, 국남표, 오혜숙씨에게도 감사한다.

參考文獻

金相煥(1984) 덕음광산 부근의 지질과 금은광의 지구화학적 연구 : 전남대학교 석사학위 논문, 30. p.

金昇吾(1986) 전주일금은광산의 산출광물과 광상성인에 관한연구 ; 전남대학교 석사학위 논문, 32. p.

金在亨(1973) 금은광맥주변의 수은원소에 관한 지구화학적 연구 : 대한광산학회지, Vol. 10 p. 273~279

金在亨(1982) 전주일광산의 지구화학 탐사에 관한 연구 ; 대한광산학회, Vol. 19. p. 75-82.

이윤종, 권영일, 이인기(1971) 한국지질도 망운도폭, 과학기술처, 국립지질조사도 25p.

전효택, 이덕원, 홍영국, 김문영, 전용원(1986) 국내 일부 선캠브리아시대 화강암류의 주석함량 : 대한광산학회지, Vol. 23, p. 62~71.

전효택, 이덕원(1987) 울진지역 주석광화작용과 관련된 화강암류의 다원소 지구화학 : 대한광산학회지, Vol. 24, p. 8~20.

전효택(1983) a. 우리나라에 분포하는 중생대 화강암류중 미량원소의 지구화학적 특성과 광화작용과의 관련성연구 ; 1982/83년도 한국과학재단 박사학위 소지자 해외연구 (미발표)

전효택(1983) b, 월악산화강암체의 암석지구화학적 특징과 광화작용과의 관련성 : 대한광산학회지 Vol. 20. p. 199-208.

전효택(1984) 국내화강암중의 As, Sb, Bi, Te함량과 지시원소로서의 이용가능성 ; 대한광산학회지, Vol. 21 p. 169~176.

지정만, 양동윤(1986) 덕음광산 은광물의 입도와 조직 ; 광산지질, Vol. 19, Special issue, p. 227-237.

윤정한, 전용원(1988) 국내 일부 금은광상의 광화작용과 지구화학 ; 한국과학재단 일반연구(미발표)

홍승호, 최위찬(1978) 한국지질도 금산도폭 : 자원개발연구소, 29p.

Applied Geochemistry Research Group(1982) Hydrofluoric, nitric and Perchloric acid attack for rock Soil, or Sediments (revised) ; Imperial Collage. London.

ASTM. D2795-69(1977) Analysis of Coal and Coke ash : 1977 Annual Book of ASTM Standard(Coal and Coke), Part 27.

Boyl, R. W. (1961) The geology, geochemistry, and origin of the gold deposits of the Yellowknife district, Canada Geol, Survey Mem. 310, 193 p.

Boyl, R. W. (1963) Diffusion in Vein Genesis, Problems of post-magmatic ore deposition Symp, Prague, Czech. ; Vol. 1 p. 377-383.

Boyl, R. W. (1979) The Geochemistry of gold and its deposits, : Canada Geol. Survey Bull. 280, 584 p.

El Bouseily, A. M. and El Sokkary, A. A. (1975) The relation between Rb, Ba, and Sr in granitic rocks ; Chemical Geol. Vol. 16, p. 207-19.

Fisher, N. H. (1945) The fineness of gold with Special reference to the Morobe Goldfield, New Guinea : Econ, Geol. Vol. 40. p. 449-495, 537-563.

Pahlavanpour, B. (1979) Plasma emission spectrometry for determing germanium, tin, arsenic, antimomy, bismuth, selenium and tellurium in Geochemical Samples ; Ph. D. thesis, Univ, of London.

Parker. R. L. (1967) Composition of the Earth's Crust. U. S. Geol. Prof. Paper 440-D.

Shcherbina. V. V. (1956) Geochemical Significance of Quantitative Au-Ag ratio, : Geochemica. 3, p. 65-73.

Taylor S. R. (1964) Abundance of Chemical elements in the Continental Crust ; a new table. Geochin. Cosmochim. Acta 28. 1273-1284.

Taylor S. R. (1966) The application of trace element data to problems in Petrology ; Physics and Chem, of the Earth 6, p. 135-213.

Taylor S. R. (1969) Trace element Chemistry of andesites and associated Calc-alkaline rocks : Proc. Andesite Conf., Oregon Dept. Geol. Min, Resources Bull. 65. p. 43-63.