

沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究

—平昌~酒泉地域에 있어서의 鑛化作用—

尹 碩 奎* · 蘇 七 燮** · 金 奎 漢***

Geology and Mineral Resources of the Ogcheon Zone: Mineralization in the Pyeongchang-Jucheon Area, Kangwon-Do, Korea

Suckew Yun, Chil Sop So and Kyu Han Kim

Abstract: A group of 16 Zn+Pb±Ag deposits distributed in the Pyeongchang-Jucheon area, Kangwon-do, South Korea, were semi-regionally investigated. These deposits are contact metasomatic and/or hydrothermal replacement types hosted in the carbonate-dominated Cambrian Machari Formation and Ordovician Ibtanri Formation, and also in the carbonate interbeds of the Precambrian argillic metasediments.

Comparing some key aspects of the individual deposits, it is found that the ore deposits hosted in the Machari and Ibtanri Formations are mostly of steeply-dipping chimneys with or without skarn minerals and are rich in Ag and Pb>Zn in metal grade whereas those occurring in the carbonate interbeds of the Precambrian argillic metasediments are gently-dipping conformable lenticular orebodies mostly with skarn minerals and are generally poor in Ag and Zn>Pb.

The skarn mineralization in the area appears to have occurred during the lower Cretaceous (118.7Ma) to mid-Cretaceous (107.8Ma) time assumed from the K-Ar dates of the Dowon and Pyeongchang granites which are closely associated with the skarn ore deposits. The Rb/Ba/Sr ratios of these granites indicate that they are of strongly differentiated anomalous granites, and the Nb vs. Y and Rb vs. Y+Nb plots fall on the field of volcanic arc setting.

The contact aureoles are zoned, giving the sequence in order of increasing distance from igneous contact: garnet-wollastonite, garnet-wollastonite-clinopyroxene and garnet-clinopyroxene in such as the Pyeongchang and Yeonwol 114 areas. Electron microprobe analyses reveal that garnets and clinopyroxenes are generally low in Fe and Mn. Garnets are grossular to intermediate grandite except for those from the Ogryong exoskarn which are richer in andradite, pyrope and spessartine fractions. This indicates that the oxidation state of skarn-forming environment at Ogryong was higher than at the other deposits. Clinopyroxenes are mostly salitic except for those from the Ogryong exoskarn which involve considerable amounts of hedenbergite and johansenite fractions.

The $\delta^{18}\text{O}$ value of Jurassic biotite granite at Ogryong is higher (+10.21‰) than that of Cretaceous one at Chodun (+8.41‰). The $\delta^{13}\text{C}$ values of carbonate rocks range from -0.89‰ to 0.68‰ and the $\delta^{18}\text{O}$ values range from +11.91‰ to +19.34‰ indicating that these carbonate rocks are of marine origin. However, the $\delta^{13}\text{C}$ values of skarn calcite and vein calcite are -4.80‰ and -12.92‰, and the $\delta^{18}\text{O}$ values are +5.56‰ and +10.32‰, respectively, indicating that these calcites are of hydrothermal origin. The $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfide minerals range from +4.4‰ to +8.7‰ suggesting that the sulfurs are of magmatic origin.

* 延世大學校地質學科

** 高麗大學校地質學科

*** 梨花女子大學校科學教育科

序 論

本研究는 延世大學校 自然科學研究所를 通하여 1984 年度에 새로히 始作된 文敎部 特性化 研究課題로서 “沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究”의 第1次年度 實施分中 鑛物資源에 關한 小分野이다.

本研究에서는 當年度의 全體研究地域中 特히 金屬鑛床의 密集地帶인 平昌—酒泉地域을 中心으로 (Fig. 1) 總 16個의 鑛山 (Fig. 2)을 對象으로 하였던 바 이들 鑛山中 代表的인 것 몇몇 (平昌鑛山, 寧越 114號酒泉鑛山 및 桃源—성안鑛山)에 對하여는 直接 野外調查와 室內研究를 遂行하였고 其他鑛山에 對하여는 既存調查資料 (主로 朴魯榮外, 1978; 吳敏秀外, 1979; 朴魯榮外 1979)를 活用함으로써 可能한 限 廣範圍한 對象鑛山을

包含시켜 廣域的인 綜合檢討를 하는데 力點을 두었고, 關係火成岩의 K-Ar年齡測定과 化學分析, 몇몇 鑛山에

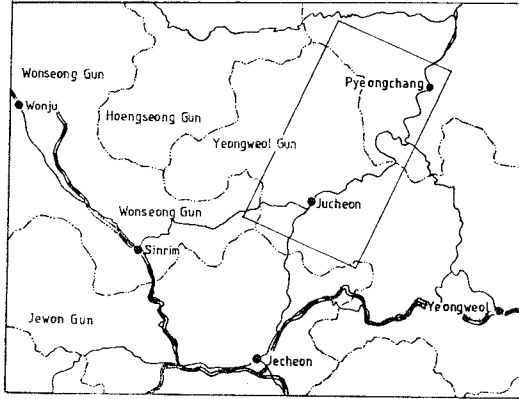


Fig. 1 Location of the Pyeongchang-Jucheon area.

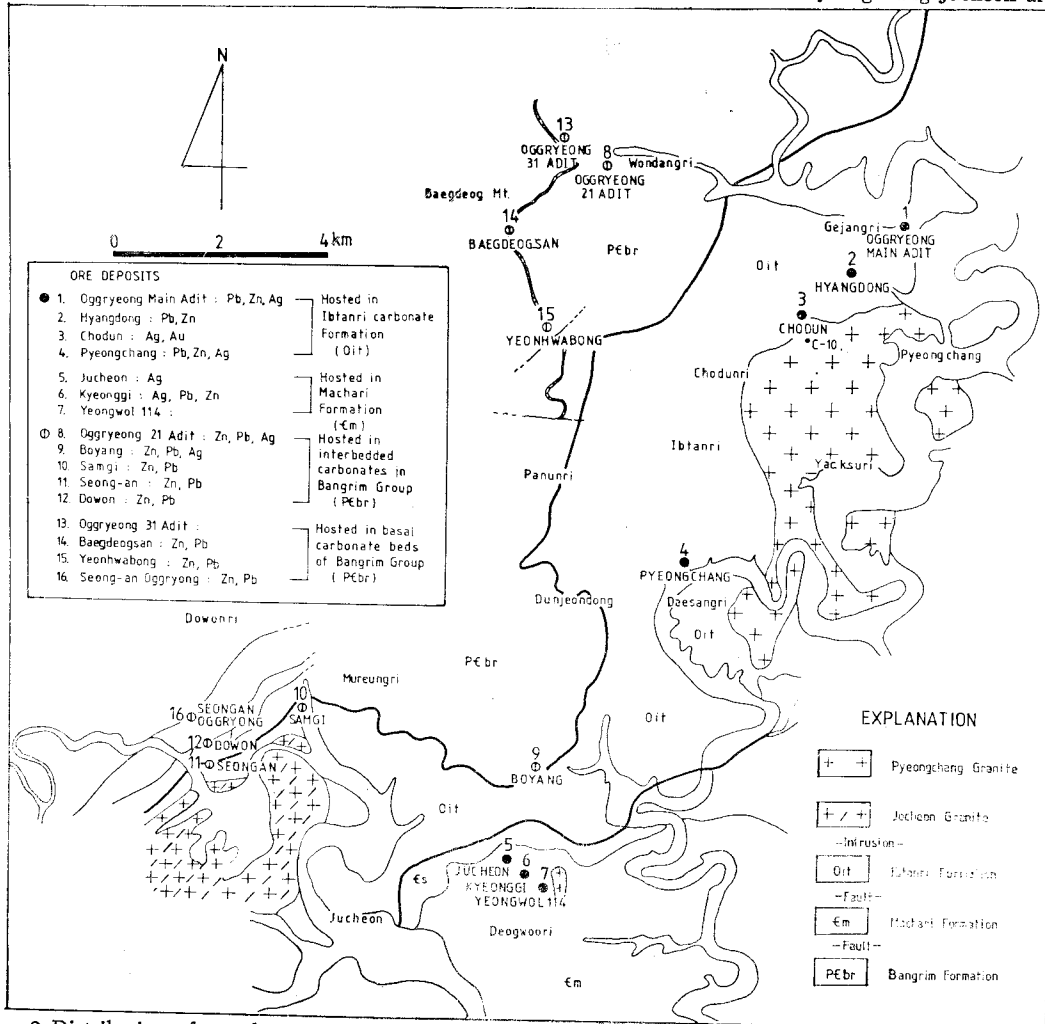


Fig. 2 Distribution of ore deposits and comparison of economic metals in the four groups of the deposits, sub-divided by their host rocks, in the Pyeongchang-Jucheon area.

對한 局地的 地質調査와 鑛床의 스키른 鑛物에 對한 EPMA 分析 및 스키른과 鑛石鑛物에 對한 O, C 및 S 의 安定同位元素의 分析 等을 主로 하는 研究方法을 適用하였다.

廣域地質

本地域은 所謂 太白山堆積盆(Yun, 1978)의 西緣帶로서 沃川의 北北東 方向의 構造的 配列을 이루고 있는 先캄브리아紀의 芳林層群(孫致武, 1971)을 基盤으로 하여 이를 東西 兩側으로 花崗岩化(鄭昌熙外, 1979)하여 地域 西北部를 크게 占有하고 있는 花崗片麻岩 複合體와 이 複合體에 依하여 overthrust로 덮히는 入彈里層이 地域 北東에서 西南方向으로 連續된다(Fig. 2). 入彈里層의 地質時代에 對하여는 中部 오르도비스紀로 發表(鄭昌熙外, 1979)된 바 있으나 林魯榮外(1978)는 이를 캄브리아紀의 豊村 및 花析層으로 對比하였는데 이는 平昌面 大上里에 所在하는 平昌鑛山에서의 試錐코아에서 特徵인 魚卵狀石灰岩(oolitic limestone)이 發見되었고(豊村石灰岩에 흔히 나타남) 이 보다 東側의 上位層으로 볼 수 있는 烏屯鑛山附近에서의 石灰岩層의 蟲蝕構造를 잘 나타내고 있는 事實에 根據한 것으로 보인다.

地域 東南部에는 上記 入彈里層을 斷層으로 接하며 紅店層으로 解釋(金玉準外, 1985)되는 三方山層과 이것이 다시 斷層으로 接하는 캄브리아紀의 磨嵯里層(崔裕久外, 1977)이 分布한다.

火成岩類로서는 地域 東北部에 白堊紀(118.7~107.8 Ma)의 平昌花崗岩(Fig. 2)과 西南部에 堤川花崗岩의 一員으로 보이는 片狀花崗岩(李大聲外, 1985)이 入彈里層을 貫入하였고 地域 西南部의 西側에는 侏羅紀(164Ma)의 黑雲母花崗岩(Yun and Silberman, 1979)이 先캄브리아紀의 花崗片麻岩 및 芳林層群(松峰層 및 松桂里層, 元鍾寬外, 1974)을 貫入하였으며(Fig. 2), 地域 中南部端에는 白堊紀(?)의 花崗閃綠岩(金壽永·金善億, 1985)의 小岩體(Fig. 2)가 磨嵯里層을 貫入하였다.

鑛山의 母岩과 關係火成岩

本地域에서 鑛床을 胚胎한 母岩으로서는 主로 炭酸鹽質岩層으로 構成된 入彈里層과 磨嵯里層이 가장 重要하고 다음은 芳林層群의 層間狹層으로서의 또는 基底岩層으로서의 炭酸鹽 岩層들이다. 即 Fig. 2에서 보는 바와 같이 本研究에서 取扱한 16個 鑛山中 玉嶺本

坑鑛床(1), 杏洞鑛床(2), 烏屯鑛床(3), 및 平昌鑛床(4)이 入彈里 炭酸鹽岩層內에 胚胎되었고, 酒泉鑛床(5), 鏡基鑛床(6) 및 寧越 114號 式掘鑛床(7)이 磨嵯里 炭酸鹽岩層內에 胚胎되었으며, 玉嶺21坑鑛床(8), 寶陽鑛床(9), 三奇鑛床(10), 성안鑛床(11) 및 桃源鑛床(12)이 芳林層群內의 層間炭酸鹽岩層에, 그리고 玉嶺坑鑛床(13), 白德山鑛床(14), 連花峰鑛床(15) 및 성안玉龜坑鑛床(16)이 芳林層群의 基底部 炭酸鹽岩層에 胚胎되었다.

이러하여 炭酸鹽質 母岩(入彈里層 및 磨嵯里層)에 7個鑛床이, 그리고 片岩層(芳林層群)內의 炭酸鹽岩 狹層에 9個鑛床이 알려져 있는데 數的으로는 後者가 많으나 品位와 鑛量面에 있어서는 前者가 훨씬 優勢하다 이들 중 平昌鑛山 附近과 성안鑛山 附近에서 採取된 入彈里層 炭酸鹽岩의 試料를 EPMA分析한 結果 Table

Table 1 Chemical composition of carbonate rocks of Ibtanri Formation in the Pyeongchang and Seongan mines.

Sample	T-78-2-5	(T-78-2-5)'	D-2	(D-2)'
CaO	30.63	30.81	49.86	54.72
MgO	20.84	20.96	0.77	0.85
MnO	0.05	0.05	0.24	0.26
FeO	0.01	0.01	—	—
SiO ₂	0.80	—	8.48	—
Al ₂ O ₃	0.13	0.13	0.30	0.33
CO ₂	47.76	48.04	39.95	43.84
Total	100.22	100.00	99.60	100.00

Number of ions on the basis of 3(O)

Ca	0.5494	0.9757
Mg	0.5201	0.0211
Fe	0.0001	—
Mn	0.0007	0.0037
Al	0.0013	0.0032
C	1.0721	0.9966

Mol. %

Calcite	51.33%	97.52%
Magnesite	48.59%	2.11%
Siderite	0.01%	—
Rhodocrosite	0.07%	0.37%
	100.00%	100.00%

* SiO₂ : 8.48%

T-78-2-5: Pyeongchang mine, D-2: Seongan mine. (T-78-2-5)'. (D-2)': SiO₂ excluded as free quartz and normalized.

Table 2 K-Ar ages of granitic rocks from the Pyeongchang-Jucheon area.

Sample No.	Material used, and rock type	K ₂ O (%)	Rad. ⁴⁰ Ar (%)	Rad. ⁴⁰ Ar (%)	Age (×10 ⁶ YR)		Period
T7813	Whole rock, Granite porphyry	3.54	86.12	4.272249×10 ⁻¹⁰	68.28	8.28	(T) ?
P181	Biotite-Granite	6.24	60.29	1.208289×10 ⁻⁹	108.34	1.51	M.C.
D34B	Biotite	4.98	90.93	9.596786×10 ⁻¹⁰	107.84	1.34	M.C.
D34M	Muscovite	9.74	54.21	1.880592×10 ⁻⁹	108.04	1.11	M.C.
D17B	Biotite	7.17	97.04	1.41154×10 ⁻⁹	118.7	2.0	M.C.
D17M	Muscovite	9.72	94.3	2.06875×10 ⁻⁹	118.7	2.0	M.C.
PC1	Biotite-Granite	8.41	92.0	2.067×10 ⁻¹⁰	164.0	5.0	M.J.

T7813: Drill core from Pyeongchang mine, P181: Granitic mass near Pyeongchang mine, D34B-D17M: Two mica granite from Seongan-Ogryong, PC1: Biotite granite near Seongan Ogryong. K-Ar ages were measured by S. Kim at the Korea Institute of Energy and Resources, Seoul, except for sample PC1, which is adopted from Yun and Silberman(1979).

I에서 보는 바와 같이 평昌鑛山의 것은 固溶體로서의 端種成分이 方解石 51.33%, 마그네사이트(magnesite) 48.59%, 菱鐵石 0.01% 및 菱鎂矽石 0.07%로서 Mg 함량이 매우 높은 dolomite임을 보여주고 있으며 성안鑛山의 것은 方解石 97.52%, 마그네사이트 2.11% 및 菱鎂矽石 0.3%로서 거의 純粹한 石灰岩임을 보여 준다.李大聲 (1985)에 依하면 入彈里層이 入彈里 附近에서는 매우 dolomitic하나 그 보다 西쪽인 板雲里 附近에서는 거의 純粹한 石灰岩質임을 보여주고 있어서 本層의 下部인 東側은 dolomitic하나 上部는 石灰質인 것으로 概略的인 推測이 可能하다. 그러나 芳林層群內의 炭酸鹽質岩 및 磨嵯里層의 炭酸鹽岩類에 對한 보다 廣範한 試料採取와 化學分析이 앞으로의 課題로 남아 있다.

鑛床의 關係火成岩으로서는 入彈里層을 東北方向으로 貫入한 白堊紀의 平昌花崗岩(Fig. 2)이 島屯, 平昌鑛床에 近接하여 露出됨으로써 이들과의 成因의 連結性을 考慮할 수 있고 地域 南部에서는 時代未詳의 花崗閃綠岩이 小岩株로서 磨嵯里層을 貫入하여 스카른화를 하였으며(寧越 114號) 地域 西南隅에서는 侏羅紀의 黑雲母花崗岩이 先靑브리紀의 花崗片麻岩 및 芳林層群을 貫入하여 炭酸鹽岩 狹層을 스카른화 시켰다(玉龍坑鑛床). 이로부터 東南 1km 內外의 거리에 所在하는 桃源 및 成安鑛床은 上記의 黑雲母花崗岩에 關聯된 것인지 아니면 成安鑛山 地域의 南側에 貫入한 片狀花崗岩에 關聯된 것인지 不明하다.

이들 花崗岩類의 K-Ar年齡은 Table 2에서 보는 바와 같이 平昌花崗岩(P181)은 108Ma로서 白堊紀中紀, 玉龍坑鑛床에 關聯된 黑雲母花崗岩(PC1)은 164Ma로서 侏羅紀임을 알 수 있으나 玉龍坑鑛床의 內成스카른에 近接한 試料(D34B-M, D17B-M)는 108.7~118.7Ma로서 黑雲母花崗岩의 貫入時期와 스카른化의 時期사이

Table 3 Chemical composition and C.I.P.W. norms of granitic rocks from the Pyeongchang, Ogryong and Yacksuri areas.

Sample	P C-1	Y S-1	T-7813
SiO ₂	69.90	73.3	66.34
Al ₂ O ₃	14.50	13.9	14.71
Fe ₂ O ₃	0.44	1.01	0.87
FeO	1.87	0.77	1.44
CaO	1.12	1.26	4.51
MgO	2.03	0.86	1.19
K ₂ O	3.90	3.70	3.94
Na ₂ O	3.05	3.15	0.07
MnO	0.09	0.05	0.05
TiO ₂	0.17	0.14	0.32
P ₂ O ₅	0.11	0.03	0.13
CO ₂	1.03	0.64	0.52
H ₂ O ⁺	1.14	0.60	5.89
H ₂ O	0.10	0.08	—
Total	99.45	100.49	99.45
Norm			
Quartz	31.49	36.72	39.29
Orthoclase	23.35	21.88	23.27
Albite	26.01	26.64	0.57
Anorthite	4.95	6.07	21.56
Corundum	3.49	3.49	2.42
Hypersthene	7.28	2.56	4.02
Magnetite	0.65	1.46	1.25
Ilmenite	0.32	0.29	0.60
Apatite	0.27	0.07	0.30
Pyrite	0.77	—	0.38

T-7813: Pyeongchang drill core, OR-1: Ogryong (Yun and Silberman, 1979), YS-1: Yacksuri (Park et al., 1978)

Table 4 Trace element analysis of granitic rocks. (in ppm)

Sample No.	C-10	T-78-1-3	D-17	PC-1
Ca	39	681	774	1,200
Be	2.6	4.7	1.8	—
La	<5	15	16	—
Mo	2.6	4.4	3.0	3
Nb	9	21	13	—
Pb	99	127	103	147
V	10	44	13	—
Zn	19	46	21	—
Sc	4	4	3	—
Ga	17	15	12	—
Y	30	25	22	—
Zr	60	100	140	—
Sn	3.3	6.3	4.2	—
Sr	36	91	202	168
Rb	238	224	131	45
Li	7	26	20	—

C-10: Pyeongchang granite near Chodun mine
 T-78-13: Ditto from the Pyeongchang mine (Boring core)
 D-17: Downon granite from the Ogyong adit, Seongan mine
 PC-1: Downon granite from the fresh portion.

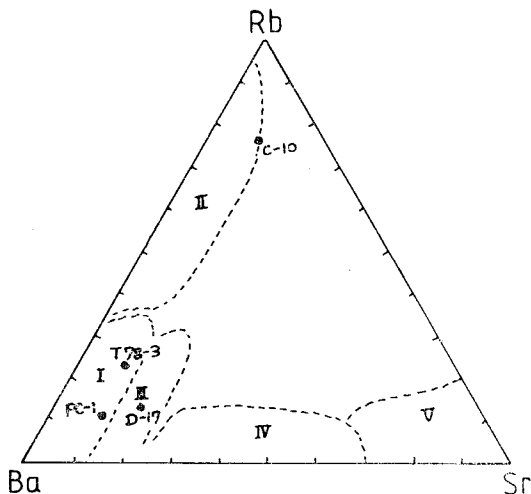


Fig. 3 Ternary plot of Rb/Ba/Sr ratios in igneous rocks from the Pyeongchang-Jucheon area.
 I. Normal granite, II. Strongly differentiated granite, III. Anomalous granite, IV. Granodiorite, V. Diorite

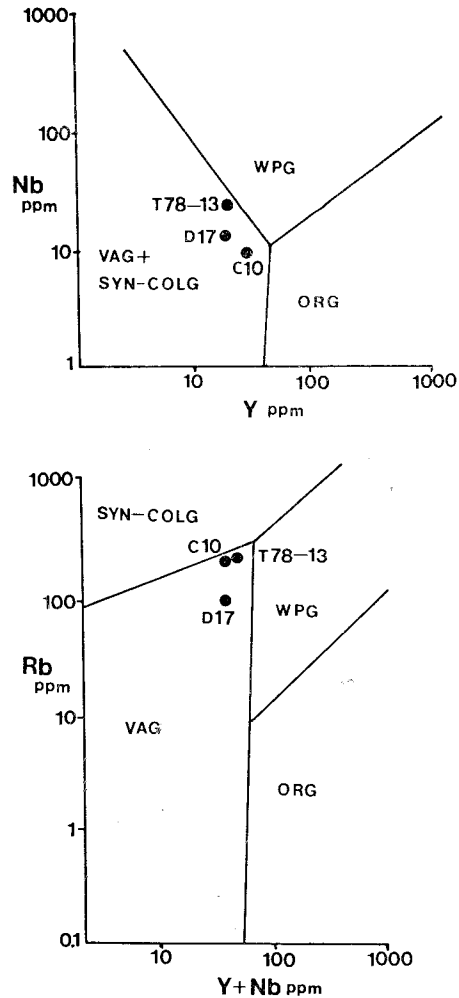


Fig. 4. Nb-Y and Rb-Y+Nb discriminant diagrams for tectonic setting of granitic intrusions in the Pyeongchang-Jucheon area. WPG: Within plate granite, VAG: Volcanic arc granite, ORG: Ocean ridge granite. Field boundaries in the diagrams were taken from Pearce et al. (1984).

에 45m.y.의 間隙을 보여주고 있어 이들 年代測定에 對하여는 앞으로 再檢을 必要로 한다. 또한 平昌鑛床 試錐孔 試料(T7813)인 花崗斑岩의 K-Ar 年齡이 68Ma 로 나타남으로써 이 地域에 있어서의 鑛化가 白堊紀末 乃至 第三紀初에 까지 持續되었음을 가르키고 있다.

Table 3에 이들 花崗岩類中 성안玉龍坑附近의 黑雲母花崗岩(PC-1), 藥水里附近의 黑雲母花崗岩(YS-1) 및 平昌鑛山 試錐孔에서 나온 花崗斑岩(T7813)의 化學成分과 노름(norm)值를 提示하였는바 侏羅紀(大寶)인 PC-1과 白堊紀(佛國寺)인 YS-1을 比較하면 後者가 石

英+K長石의 量이 前者보다 크고 鐵苦土鑛物의 量이 적은 點은李大聲(1971)에 依한 沃川帶에서의 兩 花崗岩類의 全般的 傾向과 잘 一致한다. 斜長石의 量에 있어서는 兩者가 거의 비슷한데 이는 Table 3에 있어서 는 모오드(mode)가 아니고 노름으로 表示되어 있으므로 再檢討의 餘地가 있다. 花崗斑岩으로 命名된 T-7813 은 노름으로 石英 39%, K-長石 24% 및 斜長石 22% 이므로 Streckeisen의 分類圖(1967)에 있어서 花崗岩의 領域에 도시되기는 하나 그의 DI値는 63.13으로서 매우 낮은 값이다.

鑛床에 接近한 몇몇 花崗岩 試料에 對한 微量元素의 分析値는 Table 4에서 보는 바와 같이 試料番號 C-10 을 除外하면 Sr이나 Rb에 비해 Ba이 顯著하게 富化(681~1,200ppm)되어 있으며 이를 Bouseily and Sokkary (1975)의 三角圖(Fig. 3)에 plot하면 이들은 強하게 分化된 異狀花崗岩들임을 보여주고 있다.

Pearce et al. (1984)에 依하면 花崗岩類의 몇몇 微量元素 相互間의 含量比를 圖示함으로써 花崗岩貫入의 tectonic setting을 區別할 수 있는데 平昌-酒泉地域의 花崗岩類는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 그들의 Nb-Y 및 Rb-Y+Nb plots에 있어서 火山弧의 領域에 떨어지나 within plate-setting 또는 syncollision-setting 에 매우 가까운 位置에 있음을 볼 수 있다.

主要鑛床

本地域에는 既述한 바와 같이 最大限 16個所의 鉛·亞鉛·銀鑛床이 알려져 있다. 그들의 母岩, 關係火成岩, 鑛床의 類型, 主要한 鑛石鑛物과 脈石鑛物, 含有金屬의 種類와 品位等 核心的 特徵을 要約한 Table 5에서 보는 바와 같이 于先 그들이 胚胎된 母岩에 따라서 鑛床의 形態와 含有金屬의 種類 및 品位에 差異를

보여준다.

1. 入彈里層 및 磨嵯里層을 母岩으로 하는 鑛床 (Table 5, 1~7) :

炭酸鹽岩인 入彈里層 및 磨嵯里層을 母岩으로 하는 鑛床들은 熱水交代性 鑛筒 乃至 렌즈狀脈으로서 母岩의 層里를 切斷하여 比較的 急傾斜를 이루어 水平方向에 비해 垂直方向으로 延長되는 것이 많다. 例를 들어 玉嶺本坑鑛體는 250m 길이 까지, 그리고 酒泉鑛床은 200m길이 까지 내려간 鑛筒이다. 이들 鑛床의 主要金屬은 鉛亞鉛·銀으로서 이들의 品位는 Pb 1~33%, Zn 1~22%, Ag 17~3,000 gr/t로서 鉛이 亞鉛보다 高品位인 鑛床이 많고 一般的으로 銀의 品位가 높다.

2. 芳林層群의 炭酸鹽質岩 狹層을 母岩으로 하는 鑛床 (Table 5, 8~16) :

泥質變成堆積岩을 主要로 하는 芳林層群內에는 層群中 間과 層群基底에 炭酸鹽質岩의 狹層이 介在되어 있으며 이들 狹層이 굳어준데 스퀴르 鑛化를 받아 前記 入彈里層과 磨嵯里層內의 鑛床들과 類似한 金屬을 含有하나 鑛床의 形態와 含有金屬의 相互比率 및 品位에 있어서 差異를 보인다.

即 성안鑛床, 蓮花峰鑛床等 一部를 除外하면(이들은 中傾斜로 300~350m까지 下部로 延長됨), 大部分의 鑛床들은 母岩의 層里에 調和的으로 發達하며 比較的 脈幅이 좁고(1~3m), 렌즈狀 스퀴르 鑛體로서 傾斜方向에 비해 走向方向으로의 延長이 크다. 含有金屬의 品位는 Pb Tr~8%, Zn 0.05~10%, Ag 0~500 gr/t 으로서 入彈里層 및 磨嵯里層의 鑛床에 비해 低品位일 뿐만 아니라 鉛보다 亞鉛의 品位가 높으며 銀의 品位는 寶陽鑛床의 경우(Ag 400~500gr/t)를 除外하면 훨씬 낮다.

一般的으로 鑛化溶液의 根源으로 부터 멀어짐에 따라 亞鉛, 鉛, 銀의 順으로 鑛化定着된다는 事實을 適

Table 5 List of ore deposits in the Pyeongchang-Jucheon area.

	Mine	Host rocks	Related igneous rocks	Deposit type	Ore and gangue minerals	Ore grade
1.	Ogryeong main adit	Ibtanri carbonate beds	Acidic dikes	Chimneys 250m high, replacement.	Galena, Sphalerite, Chalcopyrite, Pyrite, Calcite,	Pb 1~33% Zn 9~22% Ag 23~41 gr/t
2.	Haengdong	Ibtanri carbonate beds	Acidic dikes	Lenticular Pipe, 15m long with unknown depth, replacement.	Ditto Pyrrhotite.	Pb 1~13% Zn 2.5~3.5%

Table 5 Continued.

	Mine	Host rocks	Related igneous rocks	Deposit type	Ore and gangue minerals	Ore grade
3.	Chodun	Ibtanri carbonate beds	Biotite granite	Lenticular vein, 150m long, fissure filling.	Pyrrhotite dominated, Galena, Magnetite, Sphalerite, Pyrite, Mn-Mineral	Au 0~4 gr/t Ag 17~78 gr/t Zn 0~7% Fe 42~53%
4.	Pyeongchang (Dongyeong)	Ibtanri carbonate beds	Granite Porphyry	Lenticular vein, 50m deep, replacement.	Galena, Sphalerite, Pyrite, Calcite.	Pb 15~20% Zn 10~20% Au 5~18gr/t Ag 250~450gr/t Ag 300 gr/t
5.	Jucheon	Machari limestone	Granodiorite, Granite Porphyry	Chimneys, 200m high, replacement	Native silver, Galena, Sphalerite, Pyrite, Calcite, Quartz.	Pb 7~8% Zn 4~5%.
6.	Kyeonggi	Machari limestone	Granodiorite, Granite Porphyry	Lenticular vein, 10~50cm wide, fissure filling.	Galena, Sphalerite, Chalcopryrite, Pyrite, Calcite Quartz.	Ag 800~1,000 gr/t Pb 8~15% Zn 5~10% Au 5~10gr/t
7.	Yeongwol 114 prospect	Machari limestone	Granite Porphyry	Contact skarn	Molybdenite, Chalcopryrite, Garnet, Clinopyroxene, Wollastonite.	Mo 0.08% Cu 0.002%
8.	Ogryong 21 adit	Interbedded carbonates in Bangrim schist.	Unknown	Inclined replacement lodes, 267m long.	Galena, Sphalerite, Pyrrhotite, Pyrite, Rhodochrosite. No skarns.	Pb Tr-2.66% Zn 2.3~3.1% Ag 10 gr/t
9.	Boyang	Interbedded carbonates in Bangrim schist.	Unknown	Replacement lode in fissure intersection, 0.8~1m wide, 10~30m long.	Galena, Sphalerite, Pyrrhotite, Pyrite.	Pb 7~8% Zn 10% Ag 400~500 gr/t
10.	Samgi	Interbedded carbonates in Bangrim schist.	Unknown	Skarn, Specularite bodies and bedded replacement lodes.	Galena, Sphalerite, Chalcopryrite, Pyrite, Specularite with skarns, Calcite, Quartz.	Pb 0.04% Zn 0.05%

Table 5 Continued.

	Mine	Host rocks	Related igneous rocks	Deposit type	Ore and gangue minerals	Ore grade
11.	Seongan	Interbedded carbonates in Bangrim schist.	Unknown	Inclined skarn orebodies, 350m deep	Galena, Sphalerite, Pyrrhotite, Pyrite Magnetite, Garnet, Pyroxene	Pb 0.3% Zn 0.5% Metal ratio in production Zn; Pb=6:4
12.	Dowon	Interbedded carbonates in Bangrim schist.	Unknown	Skarn bed and veins.	Galena, Sphalerite, Chalcopyrite, Pyrite, Hematite, Garnet dominated skarns.	Pb 0.12% Zn 0.86% Ag 15 gr/t
13.	Ogyeong 31 adit	Carbonate interbed near basal carbonate bed.	Gneissic granite	Contact skarn ore along carbonate bed.	Galena, Sphalerite, Pyrrhotite, Pyrite, Calcite, Quartz, Garnet, Epidote, Pyroxene?	
14.	Baegdeog-san	Basal carbonate bed of Bangrim schist.	Gneissic granite	Contact skarn, 1.2~2m in wide 100m long.	Ditto	Pb Tr-1.7% Zn 0.3~2.3% Ag 0~11 gr/t
15.	Yeonhwabong	Basal carbonate bed of Bangrim schist.	Gneissic granite	Contact skarn 1~3m long	Pyrrhotite dominated skarns with galena and sphalerite	Pb 0.1~1.4% Zn 1.5~5.2% Ag 0~147 gr/t
16.	Seongan Ogyong adit	Basal carbonate bed of Bangrim schist.	Two mica granite	Contact skarn, conformable	Galena, Sphalerite, Pyrrhotite,	Pb 0.3% Zn 0.5% Ag 1 gr/t

用한다면 入彈理層 및 磨嵯里層의 鑛床들은 大部分 熱水交代性 鑛筒으로서 스카르에 隨伴되는 일이 적으며 이는 鑛化溶液의 根源으로 부터 좀 떨어진 位置에서 鑛化된 것으로 보이는 反面에 芳林層群內의 그것들은 거의가 스카르에 密接히 隨伴되는 鑛體들로서 鑛化溶液의 根源으로부터 가까운 距離에서 鑛化되었으므로 亞鉛이 優勢하고 鉛과 銀의 品位가 낮은 것으로 解釋된다.

平昌鑛山

平昌鑛山은 平昌面 大上里에 所在하는 鉛亞鉛銀鑛山으로서 入彈理層의 苦灰質石灰岩(Table 1)에 胚胎된 렌즈狀 交代鑛床으로 代表된다. 鑛床은 N5~10°W의 構造線에 따라 60~70°SW의 傾斜로 8~10m 延長되며 富鑛帶의 脈幅은 0.3~1m이다. 鑛石鑛物은 方鉛石, 閃亞鉛石을 主로 하고 黃鐵石이 隨伴되며 脈石으로서 方解石을 包含한다. 試錐 柱狀圖(朴魯榮外, 1979)에서는 石灰岩과 花崗斑岩(試料番號 T-7813)과의 接觸部에 좀

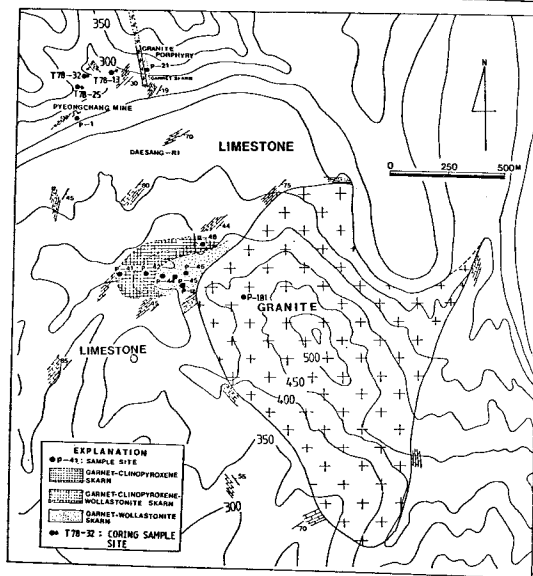


Fig. 5 Geologic map of the Pyeongchang mine area.

은 스텀라帶(主로 綠簾石)가 形成되었음을 보여준다.

鑛石品位는 富鑛帶에서 Pb 15~20%, Zn 10~20%, Au 5~18gr/t, Ag 250~450gr/t이나 試錐에 依한 鑛體 深部に 있어서는 Pb Tr~22%, Zn 0.02~25%, Au Tr~1.7gr/t, Ag 2~945gr/t으로서 品位의 變動이 甚하다.

鑛山 東側에는 N5°W方向의 花崗斑岩이 岩脈狀으로 露出되는데 (Fig. 5) 이는 既述한 試錐 core에서의 花崗斑岩의 地表露頭인 것으로 判斷되며 K-Ar年齡이 68.28 Ma로 나타난 岩石이다 (Table 2).

本鑛山의 東南 約 1km 地點에 平昌花崗岩의 西南部가 露出되는데 이 花崗岩 (Table 2의 P-181)의 花崗岩

Table 6 Electron microprobe analyses of garnets from Pyeongchang mine.

	P1 1	T78-3 2	P41 3	P44 4	P45 1
SiO ₂	37.94	36.02	37.59	45.05	38.64
TiO	1.44	0.38	0.80	0.00	0.30
Al ₂ O ₃	16.52	7.24	14.68	35.87	18.72
Fe ₂ O ₃	7.90	20.81	11.34	0.04	5.62
MnO	0.16	0.20	0.10	0.02	0.09
MgO	0.10	0.04	0.08	0.00	0.20
CaO	35.41	34.90	34.77	19.26	36.67
Total	99.47	99.59	99.36	100.24	100.24

Number of cations on basis of 24 oxygens

Si	5.90	5.90	5.91	6.21	5.91
Al	0.10	0.10	0.09	0.00	0.09
	(6.00)	(6.00)	(6.00)	(6.21)	(6.00)
Ti	0.17	0.05	0.09	0.00	0.03
Al	2.82	1.20	2.54	5.82	3.20
Fe ⁺³	0.86	2.57	1.23	0.00	0.65
	(3.85)	(3.82)	(3.86)	(5.82)	(3.88)
Fe ⁺²	0.06	0.00	0.11	0.00	0.00
Mn	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01
Mg	0.02	0.01	0.02	0.00	0.05
Ca	5.90	6.12	5.86	2.84	6.01
	(6.00)	(6.16)	(6.00)	(2.84)	(6.07)

Mole percent end members

Pyr	0.39	0.16	0.32	0.00	0.75
Sp	0.36	0.45	0.23	0.08	0.19
Gr	72.04	32.58	64.15	99.85	81.99
Ad	27.21	66.81	35.30	0.07	17.17

* Total iron as Fe₂O₃

P1 from main adit, T78-32 from drillhole, T78-3, P41, P44 and P45 from granite contact.

Table 7 Electron microprobe analyses of clinopyroxenes from Pyeongchang mine.

	P1 1	T78-32 2	P41 4	P42 5	P44 6	P45 7	P12 3
SiO ₂	51.69	50.77	52.32	52.69	50.18	53.42	53.29
Al ₂ O ₃	0.47	0.66	1.49	0.40	0.22	0.45	0.15
FeO	13.71	15.22	8.80	10.54	19.14	7.63	8.15
MnO	0.17	0.17	0.07	0.11	0.21	0.10	0.24
MgO	10.03	8.99	11.78	11.81	6.12	13.28	13.34
CaO	24.26	23.98	25.07	24.41	23.90	25.56	24.50
TiO ₂	0.02	0.04	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01
Total	100.35	99.83	99.64	99.98	99.78	100.44	99.68

Number of cations on basis of 6 oxygens

Si	1.98	1.97	1.99	1.97	1.99	1.97	2.00
Al	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00
	(2.00)	(2.00)	(2.00)	(1.98)	(2.00)	(2.00)	(2.00)
Al	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01
Fe ⁺²	0.44	0.49	0.33	0.63	0.24	0.28	0.26
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	0.57	0.52	0.67	0.39	0.74	0.66	0.75
	(1.02)	(1.02)	(1.01)	(1.03)	(0.99)	(0.98)	(1.03)
Ca	0.99	1.00	0.99	1.01	1.02	1.01	0.98

Mole percent end members

Di	56.31	51.02	66.41	38.22	75.40	70.30	73.92
Hd	43.15	48.44	33.24	61.10	24.29	29.46	25.32
Jo	0.54	0.54	0.35	0.68	0.31	0.24	0.76

體의 西側에 一部 스텀라帶가 確認되었다 (Fig. 5). 花崗岩體側으로 부터 石灰岩으로 向하여 柘榴石-珪灰石帶, 柘榴石-斜輝石-珪灰石帶 및 柘榴石-斜輝石帶의 順으로 zoning이 可能하다. 平昌鑛山 및 平昌花崗岩 接觸部の 스텀라 鑛物中 柘榴石과 斜輝石의 EPMA分析 值를 보면 柘榴石의 경우 (Table 6) 그로슈라 (grossular) mole%가 32.58~99.85%로서 主成分을 이루고 안드라다이트 (andradite)가 17.17~66.81%로서 副次的이며 스페사틴 (spessartine)과 파이롤 (pyrope)은 各各 0.08~0.45%과 0.05~0.75%로서 微量이 含有될 뿐이다. 柘榴石의 化學成分은 花崗岩體로 부터 멀어짐에 따라 (試料番號 P45에서 P41로 向하여) 안드라다이트 含量은 增加하는 反面 그로슈라가 減少하는 傾向을 보여준다. T78-32를 除外하면 全體적으로 안드라다이트 成分이 낮은 것은 oxidation state가 낮았음을 말해주고 있다. 斜輝石은 (Table 7) 다이옵사이드 (diopside)가 51.02~70.30%로서 主成分을 이루고 헤덴버거자이트 (hedenbergite)는 24.29~48.44%로서 副次的이며 요한센나이트 (johansenite)는 0.24~0.76%로서 微量이

含有될 뿐이다. 花崗岩體로 부터 石灰岩側으로 向한 斜輝石의 成分變化의 傾向은 뚜렷하게 나타나지 않는다.

酒泉鑛山 및 寧越 114號 地域

酒泉鑛山은 寧越郡 酒泉面 酒泉里에 所在하는 鉛·亞鉛·銀鑛山으로서 磨嵯里層의 碳酸鹽岩에 胚胎된 鐵筒形의 交代鑛床이다. 鑛體의 規模는 幅 0.6~3m, 延長 5~30m로서 約 200m까지 下部로 連續되며 走向은 N10~30E, 傾斜는 80NW로 急傾斜한다.

鑛石鑛物로는 方鉛石, 閃亞鉛石 및 自然銀과 黃銅石이 隱伴되며 脈石으로서는 黃鐵石, 磁硫鐵石 및 方解石을 包含한다. 大切坑水準에서 140m下部의 鑛體의 平均品位(吳敏秀外, 1979)는 Pb7~8%, Zn4~5%, Ag 3,000%이다.

本鑛山 坑口에서 東側 約 1.3km 地點에 南北으로 延長된(約 1km) 렌즈形의 花崗閃綠岩體(金壽永, 金善

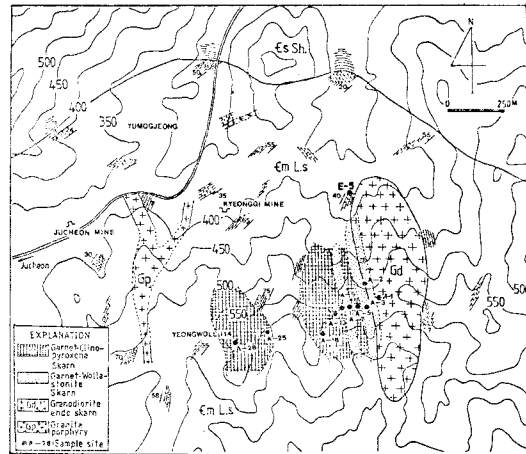


Fig. 6 Geologic map of the Jucheon mine and Yeongwol 114 prospect area.

Table 8 Electron microprobe analyses of garnets from Yeongwol 114.

	A5 1	A7 2	A13 3	A18 4	A28 5
SiO ₂	39.62	38.83	38.65	39.25	38.30
TiO ₂	0.25	0.28	0.46	0.30	0.29
Al ₂ O ₃	20.10	20.51	20.47	19.78	19.70
Fe ₂ O ₃	3.15	3.02	2.72	3.15	3.95
MnO	0.18	0.06	0.06	0.01	0.23
MgO	0.08	0.12	0.22	0.16	0.06
CaO	37.20	37.06	37.43	36.71	37.12
Total	100.58	99.98	100.01	99.36	99.65
Number of cations on basis of 24 oxygens					
Si	5.99	5.91	5.88	6.00	5.88
Al	0.01 (6.00)	0.09 (6.00)	0.12 (6.00)	0.00 (6.00)	0.12 (6.00)
Ti	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03
Al	3.56	3.50	3.43	3.56	3.32
Fe ⁺³	0.36 (3.97)	0.35 (3.88)	0.31 (3.79)	0.36 (3.95)	0.46 (3.81)
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03
Mg	0.02	0.03	0.05	0.04	0.01
Ca	6.02 (6.06)	6.04 (6.08)	6.10 (6.16)	6.01 (6.05)	6.10 (6.14)
Mole percent end members					
Pyr	0.30	0.45	0.81	0.60	0.22
Sp	0.38	0.12	0.13	0.02	0.49
Gr	89.54	89.90	89.77	89.35	86.83
Ad	9.78	9.53	9.29	10.03	12.46

* Total iron as Fe₂O₃

Table 9 Electron microprobe analyses of clinopyroxenes from Yeongwoll 114.

	A2 1	A3 2	A5 3	A9 4	A13 5	A18 6	A25 7	A28 8
SiO ₂	51.13	52.79	53.05	52.93	53.68	53.50	54.82	53.11
Al ₂ O ₃	0.25	1.10	0.44	0.21	0.30	0.10	0.27	0.26
FeO	12.93	7.36	8.87	7.95	4.50	7.08	7.40	6.59
MnO	0.46	0.05	0.29	0.09	0.06	0.07	0.05	0.19
MgO	9.94	13.39	12.33	13.08	15.64	14.32	13.51	14.11
CaO	24.85	24.77	24.90	25.43	25.57	25.13	23.94	25.72
TiO ₂	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	99.57	99.51	99.88	99.69	99.75	100.20	100.00	99.98

Number of cations on basis of 6 oxygens

Si	1.98	1.98	1.99	1.99	1.98	1.99	2.03	1.98
Al	0.01 (1.99)	0.02 (2.00)	0.01 (2.00)	0.10 (2.00)	0.01 (1.99)	0.00 (1.99)	0.00 (2.03)	0.01 (1.99)
Al	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ⁺²	0.42	0.23	0.28	0.25	0.14	0.22	0.23	0.21
Mn	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	0.57 (1.01)	0.75 (1.01)	0.69 (0.99)	0.73 (0.98)	0.86 (1.00)	0.79 (1.01)	0.75 (0.99)	0.78 (1.00)
Ca	1.03	0.99	1.00	1.02	1.01	1.00	0.95	1.03

Mole percent end members

Di	56.95	76.33	70.58	74.38	85.97	78.14	76.38	78.78
Hd	41.55	23.51	28.48	25.33	13.86	21.65	23.46	20.62
Jo	1.50	0.16	0.94	0.29	0.17	0.21	0.16	0.60

億, 1985)가 露出되는데 이 岩體 西側에 넓은 스카른 帶가 形成되어 (Fig. 6) 輝水鉛-銅의 鑛化가 微弱하게 이루어져 있다(寧越 114). 스카른은 花崗閃綠岩體로부터 石灰岩側으로 向하여 柘榴石-珪灰石의 內成스카른帶, 柘榴石-珪灰石 및 柘榴石-斜輝石의 外成스카른帶의 順으로 帶狀分布를 이룬다. 이들 스카른鑛物中 柘榴石 및 斜輝石의 EPMA分析值를 보면 (Table 8, 9) 柘榴石의 化學成分은 그로슈라의 mole %가 86.83~89.90%로서 主成分을 이루고 안드라다이트가 9.53~12.46%로서 副次的이며 파이롤 및 스페사틴은 各各 0.22~0.81% 및 0.02~0.49%로서 極微量이다. 花崗岩으로 부터 石灰岩쪽으로 向하여 微弱하나마 그로슈라 成分이 減少하고 (試料番號 A5에서 A28로) 안드라다이트 成分이 增加하는 傾向을 보이는데 이것은 既述한 平昌鑛山의 경우와 마찬가지로이다. 全體的으로 안드라다이트 成分이 낮은 것은 oxidation state가 낮은 環境에서 이루어졌음을 말해주고 있다. 또 한편 斜輝石의 化學成分은 다이올사이드의 mole%가 56.95~85.97%로서 主成分을 이루고 테덴버어자이트는 13.86~41.55%로서 副次的이며 요한체나이트는 0.16~1.50%

밖에 含有되지 않는다. 火成岩側으로 부터 石灰岩側으로 向하여 (試料番號 A2에서 A28로 向하여) 다이올사

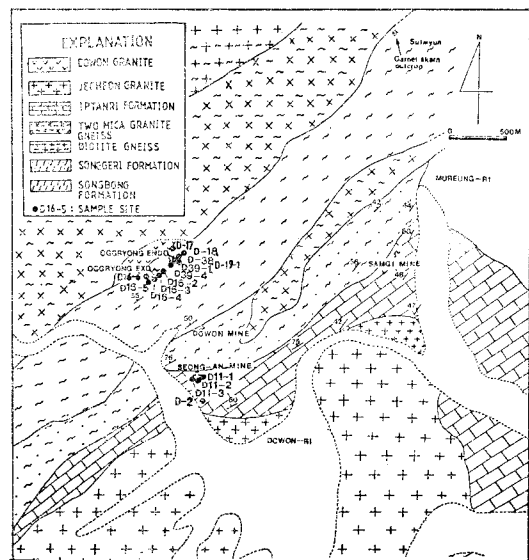


Fig. 7 Geologic map of the Dowon-Mureung area.

Table 10 Electron microprobe analyses of clinopyroxenes and garnets from Seong-an mine.

	D11-1 1	D11-2 2	D11-3 3
SiO ₂	52.01	51.32	51.53
Al ₂ O ₃	0.54	0.27	0.24
FeO	10.12	12.60	12.38
MnO	0.25	0.52	0.45
MgO	11.03	9.86	10.28
CaO	24.48	24.92	25.47
TiO ₂	0.02	0.03	0.00
Total	98.45	99.52	100.35
SiP ₂	38.57	39.09	37.05
TiO ₂	0.62	0.29	1.45
Al ₂ O ₃	18.98	19.31	13.63
Fe ₂ O ₃	4.70	4.76	12.13
MnO	0.32	0.26	0.21
MgO	0.16	0.04	0.11
CaO	36.81	36.87	35.79
Total	100.16	100.62	100.37

Number of cations on basis of 6 oxygens
(clinopyroxenes) and 24 oxygens (garnets)

Si	2.00	1.98	1.97
Al	0.00	0.01	0.01
	(2.00)	(1.99)	(1.98)
Al	0.02	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.32	0.40	0.40
Mn	0.01	0.02	0.01
Mg	0.63	0.57	0.59
	(0.98)	(0.99)	(1.00)
Ca	1.00	1.03	1.04
Si	5.90	5.94	5.82
Al	0.10	0.06	0.18
	(6.00)	(6.00)	(6.00)
Ti	0.07	0.03	0.17
Al	3.22	3.34	2.16
Fe ⁺³	0.54	0.54	1.43
	(3.85)	(3.91)	(3.76)
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00
Mn	0.04	0.03	0.03
Mg	0.04	0.01	0.03
Ca	6.03	6.00	6.02
	(6.11)	(6.04)	(6.02)

Mole percent end members

Di	65.48	57.90	58.81
Hd	33.68	40.37	39.72
Jo	0.84	1.73	1.45
Pyr	0.60	0.15	0.42
Sp	0.68	0.55	0.46
Gr	83.16	84.78	58.48
Ad	15.56	14.52	40.64

* Total iron as Fe₂O₃

이드의 mole%는 증가하고 反面 헤텐버어자이트의 그것은 減少함을 보여준다.

輝水鉛-銅스카른帶(寧越 114)의 北側 500m 地點에 는 舍金銀·鉛·亞鉛鑛脈(경기鑛山)이 알려져 있는데 鑛石鑛物은 方鉛石, 閃亞鉛石, 黃銅石 및 黃鐵石이고 脈石은 石英과 方解石이다. 鑛山資料에 依하면 品位는 Pb 8~15%, Zn 5~10%, Ag 800~1,000%, Au 5~10%이며 10~50cm의 脈幅으로서 南北으로 延長된다 (金壽永·金善億, 1985). 本地域은 花崗閃綠岩體를 中心으로 하여 이 岩體에 近接한 스카른帶는 高溫性인 輝水鉛-銅으로, 그리고 가장 멀리는 低溫性인 銀으로 鑛化되었고 그 中間에 鉛·亞鉛으로 鑛化됨으로써 하나의 金屬帶狀分布를 보여주고 있는데 이 現象에 對하여는 앞으로 보다 詳細한 研究가 要望된다.

성안鑛山

성안鑛山은 寧越郡 水周面 桃源里에 所在하는 鉛·亞鉛스카른鑛床으로서 代表되며 鑛床은 入彈里層의 石灰質岩(Table 1의 D-2)에 胚胎된다(Fig. 7). 本坑鑛體는 走向 N70°E, 傾斜 25~38°NW로 2枚의 鑛層이 平行하게 發達한다. 鑛石鑛物은 方鉛石, 閃亞鉛石이 主이고 脈石鑛物은 磁硫鐵石, 磁鐵石, 黃鐵石 및 스카른鑛物이다. 鑛石의 品位는 未詳이나 1977年度의 生産實績值로 計算하면 Pb:Zn=38:62로서 鉛에 比해 亞鉛이 優勢함을 알 수 있다.

스카른鑛物中 斜輝石과 柘榴石의 EPMA分析值는 Table 10에서 보는 바와 같이 斜輝石은 다이옵사이드의 mole%가 57.90~65.48%로서 主成分이고 헤텐버어자이트의 그것은 39.72~40.37%로서 副次的이며 요한세나이트의 그것은 0.84~1.73%에 不過하다. 柘榴石은 그로슈라의 mole%가 58.48~84.78%로서 主成分이며 안드라다이트의 그것은 14.52~40.64%로서 副次的이며 파이룬과 스페사틴은 0.15~0.60%와 0.46~0.68%로서 極히 微量이다.

성안玉龍坑

玉龍坑鑛體는 성안鑛山에서 北側으로 約 1km떨어진 位置에 松峰里層의 石灰岩 狹層에 胚胎된 鉛亞鉛스카른鑛床으로 代表된다(Fig. 7). 鑛床은 松峰里層이 鈣紀의 黑雲母花崗岩의 貫入을 받아 接觸交代作用을 일으켜 松峰里層內에 外成스카른을 形成하였을 뿐만 아니라 花崗岩內에 內成스카른도 形成하였다.

스카른鑛體는 地表露頭에서 幅이 5m內外이고 延長은 約 1km이다. 鑛石鑛物은 方鉛石 및 閃亞鉛石이고 脈石鑛物은 磁硫鐵石, 黃鐵石 및 스카른鑛物이다. 鑛體의 品位는 露頭에서 採取한 試料에 依하면 Pb 0.3%, Zn 0.53%, Ag 1%으로서 鉛보다 亞鉛이 높은 便이다.

Table 11 Electron microprobe analyses of clinopyroxenes and garnets from Ogrong endoskarn.

	D38 1	D39-1 2	D39-4 3		D18 1	D38 2	D39-1 3	D39-4 1
SiO ₂	49.28	50.02	49.74	SiO ₂	37.59	35.93	37.65	37.04
Al ₂ O ₃	0.13	0.21	0.42	TiO ₂	0.90	0.00	0.83	1.22
FeO	20.26	17.71	19.70	Al ₂ O ₃	12.64	4.04	14.68	12.18
MnO	2.88	3.57	2.85	Fe ₂ O ₃	11.71	25.20	10.13	13.43
MgO	3.89	5.08	4.08	MnO	0.69	1.39	1.08	1.03
CaO	23.29	23.51	23.01	MgO	0.01	0.00	0.01	0.01
TiO ₂	0.00	0.03	0.03	CaO	36.30	33.09	35.44	35.44
Total	99.73	100.13	99.83	Total	99.84	99.65	99.82	100.26

Number of cations on basis of 6 oxygens (clinopyroxenes) and 24 oxygens (garnets)

Si	1.99	1.99	1.99	Si	5.95	5.41	5.91	5.87
Al	0.01	0.01	0.01	Al	0.05	0.59	0.09	0.13
	(2.00)	(2.00)	(2.00)		(6.00)	(6.00)	(6.00)	(6.00)
Al	0.00	0.00	0.01	Ti	0.11	0.00	0.10	0.15
Fe ⁺²	0.68	0.59	0.66	Al	2.26	1.07	2.54	2.01
Mn	0.10	0.12	0.10	Fe ⁺³	1.40	2.38	1.20	1.60
Mg	0.23	0.30	0.24		(3.77)	(3.45)	(3.84)	(3.76)
	(1.01)	(1.01)	(1.01)	Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.01	1.00	0.99	Mn	0.09	0.18	0.14	0.14
				Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
				Ca	6.16	5.34	5.96	6.02
					(6.25)	(6.00)	(6.10)	(6.16)

Mole percent end members

Di	23.02	29.82	24.34	Pyr	0.04	0.00	0.04	0.04
Hd	67.30	58.30	65.99	Sp	1.48	3.21	2.41	2.25
Jo	9.68	11.88	9.67	Gr	59.07	33.51	64.55	52.81
				Ad	39.41	63.28	33.00	44.90

* Total iron as Fe₂O₃

스카른鑛物은 柘榴石, 斜輝石, 파이록스만자이트 (pyroxmangite), 綠簾石等이고 이 밖에 斜長石, 石英, 方解石等이 隨伴된다. 柘榴石과 斜輝石의 化學成分은 內成스카른의 경우(Table 11)는 斜輝石中の 헤텐버어 자이트의 mole%가 58.30~67.30%(試料番號 D39-1 D38)로서 主成分이고 다이옵사이드의 그것은 23.02~29.82%(D38, D39-1)로서 副次的이며 요한세 나이트의 그것은 9.68~11.88%(D38, D39-1)로서 相當한 量이 含有된다. 柘榴石은 그로슈라의 mole%가 33.51~64.55%(D38, D39-1)로서 主成分을 이루고 안드라다이트의 그것은 33.00~63.28%(D39-1, D38)로서 副次的이며 스페사틴은 1.48~3.21%(D18, D38)로서 若干 含有되나 파이록스는 거의 無視할 程度이다. 한편 外成스카른의 경우(Table 12)는 斜輝石中の 다이옵사이드의 mole%가 23.54~67.93%(D16-5, D16-3)로서 主成分

이고 헤텐버어 자이트의 그것은 30.43~52.06%(D16-3, D16-5)로서 副次的이며 요한세 나이트의 그것은 1.64

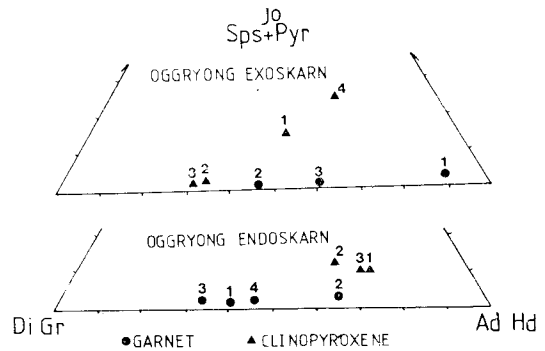


Fig. 8 Comparison of chemical compositions of garnets and clinopyroxenes from exoskarn and endoskarn in the Ogrong adit orebodies.

Table 12 Electron microprobe analyses of clinopyroxenes and garnets from the Ogryong exoskarn.

	D14 1	D16-2 2	D16-3 3	D16-5 4		D14 1	D16-2 2	D16-3 3
SiO ₂	50.91	51.91	51.54	49.19	SiO ₂	35.35	36.50	36.44
Al ₂ O ₃	0.03	0.84	0.82	0.12	TiO ₂	0.00	1.85	1.62
FeO	14.38	10.41	9.92	15.72	Al ₂ O ₃	2.85	11.58	8.78
MnO	4.49	0.72	0.53	7.28	Fe ₂ O ₃	27.59	12.67	17.56
MgO	6.64	11.59	12.42	3.99	MnO	1.41	0.22	0.21
CaO	23.83	24.33	24.23	23.29	MgO	0.00	0.08	0.07
TiO ₂	0.00	0.02	0.01	0.01	CaO	33.01	36.02	34.70
Total	100.25	99.82	99.47	99.60	Total	100.21	98.92	99.38

Number of cations on basis of 6 oxygens (clinopyroxenes) 24 oxygens (garnets)

Si	2.00	1.97	1.96	1.98	Si	5.91	5.86	5.90
Al	0.00	0.03	0.04	0.01	Al	0.09	0.14	0.10
	(2.00)	(2.00)	(2.00)	(1.99)		(6.00)	(6.00)	(6.00)
Al	0.00	0.01	0.00	0.00	Ti	0.00	0.22	0.20
Fe ⁺²	0.44	0.33	0.32	0.53	Al	0.38	1.91	1.48
Mn	0.15	0.02	0.02	0.25	Fe ⁺³	3.47	1.53	2.14
Mg	0.39	0.66	0.70	0.24		(3.85)	(3.66)	(3.72)
	(0.98)	(1.02)	(1.04)	(1.02)	Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00
Ca	1.01	0.99	0.99	1.01	Mn	0.20	0.03	0.03
					Mg	0.00	0.02	0.02
					Ca	5.92	6.20	6.02
						(6.12)	(6.25)	(6.07)

Mole percent end members

Di	39.77	65.00	67.93	23.54	Pyr	0.00	0.31	0.28
Hd	44.95	32.73	30.43	52.06	Sp	3.27	0.48	0.47
Jo	15.28	2.27	1.64	24.40	Gr	8.79	53.13	39.58
					Ad	87.94	46.08	59.67

* Total iron as Fe₂O₃

~24.40%(D16-3, D16-5)로서 既述한 內成스카른의 경우 보다도 훨씬 높다(Fig. 8). 內成스카른에 비해 外成스카른에 Mn含量이 높은 現象은 Mn含量이 鑛液의 根源으로부터 멀어짐에 따라 增加한다는 一般의인 事實(Yun and Einaudi, 1982)과 잘 부합되는 現象이다.

平昌, 寧越 114, 성안, 玉龍內成 및 玉龍外成스카른에 있어서의 柘榴石과 斜輝石의 化學成分을 比較하면 柘榴石은 寧越 114 및 성안 (Fig. 9)에서 가장 그로슈라에 치우치고 平昌에 있어서는 그로슈라에 치우치면서도 안드라다이트로도 나타나며 玉龍 外成스카른 (Fig. 10)에 있어서 가장 안드라다이트에 치우친다. 안드라다이트에는 鐵이 Fe⁺⁺로서 들어가므로 oxidation state가 높은 環境에서 晶出하였음을 指示(Einaudi et al., 1981; Einaudi and Burt, 1982)하므로 寧越 114 및 성안鑛床은 가장 낮은 oxidation state에서, 平昌鑛床은

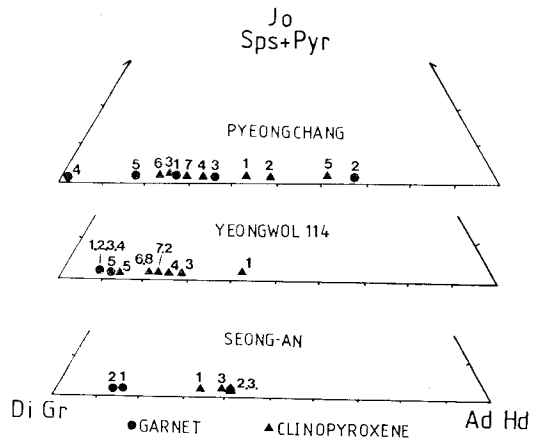


Fig. 9 Comparison of chemical compositions of garnets and clinopyroxenes from the Pyeongchang, Yeongwol 114 and Seong-an skarns.

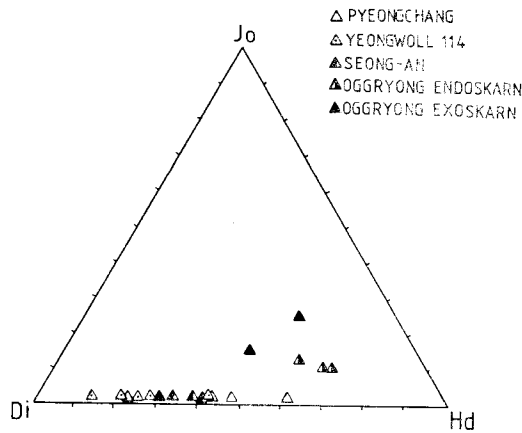


Fig. 10 Comparison of chemical compositions of garnets and clinopyroxenes from the Pyeongchang, Yeongwol 114, Seong-an and Ogyryong skarns.

中間的 狀態에서, 그리고 玉龍外成鑛床은 가장 높은 oxidation state에서 形成되었을 것으로 判斷된다. 한편 斜輝石의 경우는 寧越 114 및 靖安鑛床에서는 다이옵사이드로 치우치고 平昌鑛床에서는 다이옵사이드와 헤텐버어자이트의 中間에 若干 넓은幅으로 걸쳐 있으며 玉龍坑鑛床에서 가장 헤텐버어자이트 쪽에 가까울 뿐만 아니라 요한세나이트 쪽으로 올라가 있다(Fig. 11). 既述한 바와 같이 玉龍坑鑛床은 다른 地域의 鑛床에 비해 요한세나이트의 mole%가 가장 높음으로써 鑛液의 根源으로부터 가장 먼 位置에서 形成되었음을 暗示하고 있다. 玉龍坑鑛床의 스카른에 있어서의 이와 같

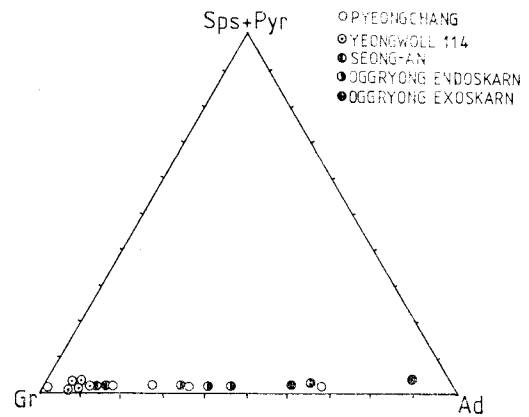


Fig. 11 Comparison of chemical compositions of clinopyroxenes from the Pyeongchang, Yeongwol 14, Seong-an and Ogyryong skarns.

은 Fe와 Mn의 高含量現象은 太白山鑛化帶(尹碩奎·朴商範)의 蓮花, 第二蓮花, 蔚珍鑛床의 경우(Yun, 1979a; 1979b; Yun and Einaudi, 1982)와 類似하지만 玉龍坑鑛床을 除外한 平昌-酒泉地域스카른의 Fe와 Mn의 含量이 매우 낮은 現象은 太白山地域의 경우와 對照를 이루며 이 問題에 對하여는 앞으로의 研究를 必要로 한다.

安定同位元素

本地域內의 몇몇 鑛床의 關係火成岩, 鑛床母岩으로서의 炭酸鹽岩, 鑛床內의 스카른 方解石 및 鑛脈 方解

Table 13 Isotope compositions of oxygen in silicate minerals and rocks.

Sample	$\delta^{18}\text{O}(\text{SMOW})\%$	Remark
Biotite granite from the Ogyryong mine(D-17)	+10.21	Whole rock
Biotite granite from the Chodun mine(C-10)	+ 8.41	Whole rock
Garnet from the Ogyryong mine (D19-1)	+ 4.58	
Quartz from the Ogyryong mine (D16-6)	+ 7.79	

Isotope analyses presented in Tables 13 and 14 were done at California Institute of Technology.

Table. 14 Isotope compositions of carbon and oxygen in carbonate rocks.

Sample	$\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})\%$	$\delta^{18}\text{O}(\text{SMOW})\%$	Remark
Limestone from the Seong-an mine (D-2)	+0.68	+19.34	
Limestone from the Yeongwol mine (E-5)	-1.65	+11.91	
Limestone from the Pyeongchang mine (T-78-25)	-0.89	+16.11	
Calcite from the Pyeongchang mine (T-78-32)	-12.92	+10.32	Skarn calcite
Calcite from the Ogyryong mine(D16-6)	-4.89	+ 5.56	Vein calcite

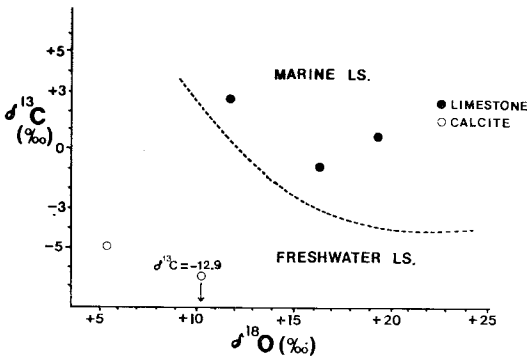


Fig. 12 Plots of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of limestones and calcites from the Pyeongchang-Jucheon area.

石 및 황화礦물의 酸素($\delta^{18}\text{O}$), 炭素($\delta^{13}\text{C}$) 및 황($\delta^{34}\text{S}$)의 同位元素比를 分析하고 一部 既存資料를 使用하여 檢討하였다. 硅酸鹽礦物 및 炭酸鹽岩의 酸素 및 炭素 同位元素는 보통 標準으로 使用되고 있는 方法(Clayton and Mayeda, 1963; Sharma and Clayton, 1965)을 適用하여 試料를 處理하였고 質量分析計로 分析하였다.

硅酸鹽礦物の $\delta^{18}\text{O}$

硅酸鹽礦物の 酸素同位元素比($\delta^{18}\text{O}$)는 Table 13에서 보는 바와 같이 玉龍鑛床附近의 黑雲母花崗岩(쥬라紀)이 +10.21‰로서 가장 높고 同鑛體中の 柘榴石이 +4.58‰로서 가장 낮으며 石英이 +7.79‰로서 서로 差異를 보이는데 이는 鑛化過程에서 熱水溶液이 循環水와의 사이에 同位元素의 交換作用이 있었음에 起因하는 것으로 보인다. 鳥屯附近의 花崗岩(白堊紀)이 玉龍坑附近의 花崗岩과 $\delta^{18}\text{O}$ 值가 다른 것은 時代를 달리하는 相違한 起源임을 잘 보여준다.

炭酸鹽岩 및 方解石

Table 14에서 보는 바와 같이 平昌, 寧越 114 및 성안鑛床의 炭酸鹽岩의 $\delta^{13}\text{C}$ 值는 -0.85‰乃至 +1.65‰이고 $\delta^{18}\text{O}$ 值는 +11.91‰乃至 +19.34‰로서 Fig. 12에서 보는 바와 같이 海成炭酸鹽岩의 領域에 떨어져 이들의 값은 앞서 金奎漢(1980;1985)에 의한 南韓各地域의 古生代 및 中生代 石灰岩類의 $\delta^{13}\text{C}$ 및 $\delta^{18}\text{O}$ 의 測定值의 範圍內에 들어간다(Fig. 12). 스퀴큰方解石과 鑛脈方解石의 $\delta^{13}\text{C}$ 值 및 $\delta^{18}\text{O}$ 值는 各各 -4.89‰과 -12.92‰ 및 +5.56‰과 +10.32‰로서 이들이 熱水起源임을 가르킨다. 後述하는 方鉛石-閃亞鉛石雙에 의한 同位元素地質溫度計로서 얻어진 586°C (Table 15)와 同位元素平衡分別係數(O'Neil et al., 1969)를 利用하면 玉龍鑛床產 方解石(Table 14에서 D16-6)의 形成時 鑛化溶液은 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = +4.8\%$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} = -2.2\%$ 였으

Table 15 Isotope composition of sulfur in sulfide minerals from the Ogryeong main adit.

Sample	Sphalerite	$\delta^{34}\text{S}$ (CDT‰) Galena	Pyrite	Remark
Ok-2	+8.6	+6.2	+8.7	Sp-Gn =2.4 268°C
Ok-27	+4.8			
Ok-28	+4.6			
Ok-31			+4.7	
Ok-32			+4.8	
Ok-33			+4.4	

며 이 方解石은 熱水起源의 것으로 解釋된다. 또한 平昌鑛床의 스퀴큰方解石(T-78-32)은 $\delta^{13}\text{C} = -12.92\%$ 로서 CH_4 와의 平衡 또는 脫炭酸化作用(decarbonation)에 의한 ^{12}C 가 濃集된 것으로 解釋된다.

黃化礦物の $\delta^{34}\text{S}$

Table 15는 金奎漢·中井信之(1980)에 의한 玉龍本坑鑛體產 硫化鑛床의 黃同位元素比인데 大體로 +4.4%乃至 +8.7%의 좁은 範圍內의 값을 보여주며 黃鐵石 > 閃亞鉛石 > 方鉛石의 順으로 ^{32}S 가 濃集되어 있어 이들 共存鑛物들은 同位元素間에 平衡狀態에 있었음을 가르켜 준다.

Ohmoto and Rye (1979)의 fractionation factor를 이용하여 共存하는 方鉛石-閃亞鉛石雙에서 計算한 同位元素地質溫度는 268°C이다. 이들 黃化礦物の $\delta^{34}\text{S}$ 值가 全體 黃의 그것을 代表한다고 보면 黃의 起源은 火成起源으로 解釋되며 南韓의 其他 金屬鑛山產 黃化礦物の 值와도 類似하다. 한편 酒泉鑛山產 方鉛石의 $\delta^{34}\text{S}$ 值는 +12‰로서 比較的 무거운 黃이 濃集되어 있다.

要約과 結論

江原道 平昌-酒泉地域에는 一群의 鉛亞鉛 또는 鉛亞鉛銀鑛床이 알려져 있는 바 本研究에서는 3個의 精密調査地域을 包含한 總 16個의 鑛床에 對하여 半廣域의인 作業을 하였다. 이들 鑛床은 炭酸鹽岩質인 캄브리아의 磨嵯里層과 울도비스의 入彈里層 및 先캄브리아의 泥質變成堆積岩內의 炭酸鹽岩의 狹層에 胚胎된 接觸交代스카른 型 또는 熱水交代型으로 代表된다.

個個의 鑛床에 對한 몇몇 核心的인 特徵을 比較함으로써 磨嵯里層 및 入彈里層에 胚胎된 鑛床들은 스퀴큰을 包含 또는 包含치 않은 急傾斜의 鑛筒形이 많고 金銀量이 높으며 鉛이 亞鉛보다 優勢한 反面 先캄브리

아泥質變成堆積岩內의 炭酸鹽岩 狹層에 胚胎된 鑛床들은 母岩의 層理와 調和의이며 緩傾斜를 이루는 렌즈狀 鑛體를 이루는 傾向이 있고 一般的으로 스카른에 隨伴되며 銀의 含量이 낮고 亞鉛이 鉛보다 優勢함을 알 수 있다.

本地域內에서의 스카른鑛化는 이들 鑛床의 關係火成岩인 花崗岩類에 對한 K-Ar 年齡測定에 依하여 初期白堊紀(桃源花崗岩의 118.7Ma)에서 中期白堊紀(平昌花崗岩의 107.8Ma)에 걸친 것으로 判斷된다. 이들 花崗岩類의 微量元素中 Rb/Ba/Sr比의 plots에 依하면 이들이 強하게 分化된 非正常花崗岩이고 Nb 對 Y 및 Rb 對 Y+Nb의 plots에 依하면 within plate 또는 syn-collision setting에 매우 가까운 火山孤에서 貫入되었음을 보여 준다.

花崗岩體와 炭酸鹽岩과의 接觸帶는 花崗岩쪽에서 炭酸鹽岩으로 向하여 柘榴石-珪灰石, 柘榴石-珪灰石-斜輝石 및 柘榴石-斜輝石의 順으로 帶狀分布를 이룬다. EPMA 分析에 依하면 柘榴石과 斜輝石은 一般的으로 Fe와 Mn의 含量이 낮다. 柘榴石은 그로슈라 乃至 中間의 grandite이며 玉龍抗鑛床의 外成스카른에 있어서만 相當量의 안드라다이트, 스페사던 및 파이클의 fraction이 包含되는데 이는 이들 스카른形成時의 oxidation state가 玉龍鑛床에 있어서는 比較的 높았으나 其他鑛床에 있어서는 매우 낮았음을 뜻한다. 한편 斜輝石은 大部分이 사라이트(salite)에 該當되며 上記한 玉龍鑛床의 것만이 相當量의 헤텐버자이트와 요한세나이트의 fraction을 包含한다.

安定同位元素의 分析에 依하면 桃源地域의 侏羅紀花崗岩의 $\delta^{18}O$ 值가 높고(+10.21‰) 鳥屯地域의 白亞紀花崗岩의 그것이 낮으므로서(+8.41‰) 두 花崗岩의 差異를 보여준다. 鑛床의 母岩인 炭酸鹽岩의 $\delta^{13}C$ 値는 -0.89‰乃至 0.68‰이고 $\delta^{18}O$ 值는 +11.9‰乃至 +19.34‰로서 이들이 海成源임을 가르키나 스카른方解石과 鑛脈方解石의 $\delta^{13}C$ 值와 $\delta^{18}O$ 值는 各各 -12.92‰ 및 +10.32‰와 -4.89‰ 및 +5.56‰로서 이들은 熱水起源임을 말해 준다. 한편 黃化鑛物의 $\delta^{34}S$ 值는 +4.4‰乃至 +8.7‰로서 이들의 黃은 마그마 起源임을 暗示해 준다.

參 考 文 獻

Bouseily, A.H., and A.A. Elokary (1975) The relation between Pb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geol.*, v.16, p.207-219.
정창희 · 이돈영 · 유양수(1979) 한국지질도 1 : 50,000

평창도폭설명서. 자원개발연구소, 19p.
崔裕久外(1962) 太白山地區 地下資源調査報告 1 : 50, 000 寧越圖幅. 大韓地質學會
Clayton, R.N., and T.K. Mayeda (1963) The use of bromine penta-fluoride in the extraction of oxygen from oxide and silicates for isotopic analysis. *Geochim Cosmochim. Acta*, v.32, p.415-432.
Einaudi, M.T., Meinert, L.D., and R.J. Newberry (1981) skarn deposits. *Econ. Geol.*, 75th Ann. vol., p.317-391.
Einaudi, M.T. and D.M. Burt (1982) Introduction terminology, classification and composition of skarn deposits. *Econ. Geol.*, v.77, No.4, p.745-754.
金奎漢 (1980) 韓國太白山地域에 分布하는 古生代石灰岩의 炭素와 酸素同位元素에 關한 研究. 광산지질, v.13, No.1, p.12-27.
金奎漢 (1985) 南韓의 一部石灰岩의 炭素 및 酸素安定同位元素比. 梨大韓國생활과학학 연구원 논총, 35집, p.133-142.
金奎漢 · 中井信之 (1980) 韓國의 一部金屬鑛床의 硫黃同位元素成分 및 同位元素地質溫度에 關한 研究. 지질학회지, 16권, 2호, p.124-134.
金玉準 · 朴奉淳 · 閔庚德 (1985) 沃天帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究. 平昌—寧越—堤川地域의 地質構造, 光산지질, 18권 4호, p.369-379.
金壽永 · 金善億(1985) 寧越圖幅 114號 輝水鉛 · 銅鑛化帶 調査研究. 한국동력자원연구소, 연구보고 85-15, p.157-192.
Lee, D.S. (1971) Study of the igneous activity in the middle Ogcheon zone, Korea. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v.7, No.3, p.153.
李大聲 · 羅基昌 · 金勇俊 (1985) 沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究 : 平昌—堤川間에 分布하는 沃川帶下部와 基盤의 岩相및 火成貫入體의 岩質에 對한 研究. 光산지질, 18권, 4호, p.381-397.
Ohomoto, H., and R.O. Rye (1979) Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes, H.L. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd ed., New York, John-Wiley, p.509-567.
O'Neil, J.R., Clayton, R.N., and T.K. Mayeda (1969) Oxygen isotope fractionation in divariant metal carbonates. *Jour. Chemical Physics*, v.51. p5547-5558.
吳敏秀 · 朴箕和 · 朴魯榮 (1979) 太白山鑛化帶 平昌西南部地域의 地質 및 鑛床. 자원개발연구소, 조사연구

- 보고 6호, p. 71-89.
- 朴魯榮 · 吳敏秀 · 徐正律 · 金在炯 · 朴鍾南 · 李基銅(1978) 平昌西部地質鑛山 및 物理探査. 자원개발연구소, KIGAM Bull.-03. 59p.
- 朴魯榮 · 吳敏秀 · 朴箕和 (1979) 玉嶺 · 平昌鑛山 一帶의 地質 및 鑛床. 자원개발연구소, 조사연구보고 7호 p. 9-43.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and A.G. Tindle(1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. Petrology*, v.25, part 4, p. 956-983.
- 孫致武 · 鄭址昆(1971) 平昌北西部의 地質. 지질학회지 7권, 3호, p. 43-152.
- Streckeisen, A.L. (1967) Classification and nomenclature of igneous rocks. *Neues Jahrbuch fur Mineralogie Abhandlungen*, Band 107, p. 144-240.
- 尹碩奎 · 朴商範(1979) 太白山鑛化帶 東西部 鉛 · 亞鉛 鑛床群의 一般特徵 및 探査에 關한 研究. 자원개발 연구 조사보고, 자원개발연구소, p. 45-85.
- Yun, S., and M.L. Siberman (1979) K-Ar geochronology of igneous rocks in the Yeonhwa-Ulchin zinc lead district and southern margin of the Taebaegsan basin, Korea. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 15, No.1, p. 89-99.
- Yun, S., (1979) Structural and compositional characteristics of skarn zinc lead deposits in the Yeonhwa-Ulchin district, southeastern Taebaegsan region Part I, The Yeonhwa-I mine. *J. Korea Inst. Mining Geol.*, v.12, No.2, p. 51-73.
- Yun, S., Ditto: Part II. the Yeonhwa-II mine. *J. Korea Inst. Mining Geol.*, v. 12, No.3.
- Yun, S., and M.T. Einaudi (1982) Zinc-lead skarns of the Yeonhwa-Ulchin district, South Korea. *Econ. Geol.*, v.77, p. 1037-1032.