

# 沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究\*

—務岩寺花崗岩 주위에서의 鑛化作用에 關하여—

尹 碩 奎\*\* · 金 奎 漢\*\*\* · 禹 鍾 象\*\*\*\*

## Studies on Geology and Mineral Resources of the Okcheon Belts

—Mineralization in the Vicinity of the Muamsa Granite Stock—

Suckew Yun, Kyu Han Kim and Jong Sang Woo

**Abstract:** Hundred mineral deposits including W-Mo, Pb-Zn-Cu, fluorite and talc occur in the Cambro-Ordovician limestone contacting with the Cretaceous Muamsa and Wolak granitoids in the Susanri-Hwanggangri mineralized zone. In most mineral deposits characterized by metasomatic replacement, skarn and hydrothermal vein types, two distinct tendencies were found as W-Mo mineralization in or/and near granitoid batholith and Pb-Zn-Cu(CaF<sub>2</sub>) mineralization which is gradually increased toward the batholith.

W-Mo veins of extensive vein system occupy northly striking fractures whilst Pb-Zn-Cu-CaF<sub>2</sub> veins strike northeast or northwest.

In this work, three representative lead-zinc-copper deposits choosing the Dangdu, Useog and Boksu mines were dealt with in detail.

Skarn ore bodies in the Dangdu mine were grouped into early diopside rich clinopyroxene-garnet, barren skarn and ore bearing late hedenbergite rich clinopyroxene-garnet skarn. Temperature and X<sub>CO<sub>2</sub></sub> obtained from hedenbergite-andradite-calcite-quartz mineral equilibria in the Dangdu ore deposits were 580~650°C and 0.15~0.3, respectively.

Fluid inclusion evidence in the Useog mine indicates that main stage mineralization temperature ranges from 224 to 389°C with a salinity of 2~17 equivalent wt. percent NaCl.

Sphalerites from the Dangdu and Useog mines have 16~17.7 mole percent in FeS which is relatively consistent to those of some other lead-zinc ore deposits in South Korea.

Filling temperature of fluid inclusion from the Boksu mine shows deposition of ore within the temperature ranges from 237 to 347°C and within the salinity ranges from 2.6 to 10.77 equivalent wt. percent NaCl.

### 序 言

黃江里—水山里 鑛化帶內에는 60여 金屬鑛床과 30여 非金屬鑛床들이 分布하고 있으며 特히 堤川花崗岩, 務岩寺花崗岩 및 月岳山花崗岩 저반과 石灰岩의 接觸帶

\* 本研究는 1985年度 延世大學校 文敎部特性化研究에 의한 第二次年度 研究 結果임.

\*\* 學術院會員

\*\*\* 梨花女子大學校 科學敎育科

\*\*\*\* 延世大學校 地質學科

의 주위에 밀집 分布하고 있다(Fig. 1).

本 鑛化帶에 對하여 金基院 · 李弘圭(1965), 李政成 · 朴奉淳(1965), 金基院 外(1967), 문경옥 · 조기봉(1965), 尹碩奎(1971), 박봉순 · 최중옥(1972), 池禎蔓(1975), 朴喜寅(1976), Reedman et al. (1975), 朴熙平 · 朴喜寅(1979), So et al.(1983) 등에 依해 調査 또는 研究된 바 있다.

本 研究는 1984年度 延世大學校 문교부 특성화 과제의 第二次年度 研究로 (1) 堤川南部, 水山里, 黃江里,

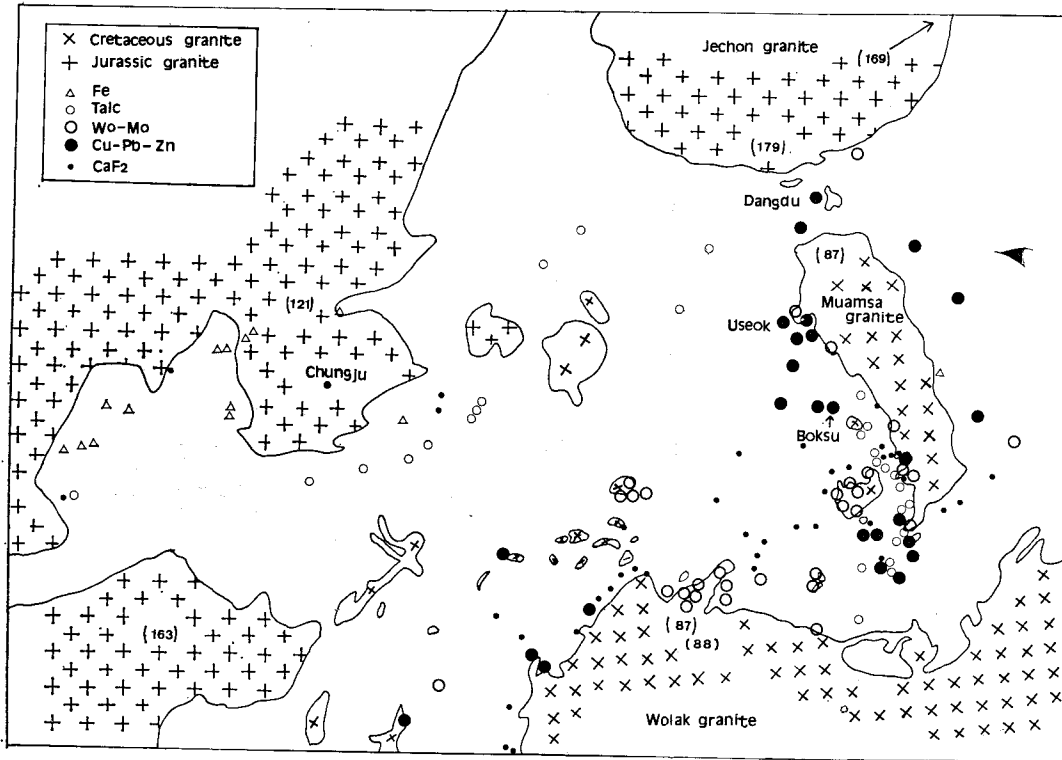


Fig. 1 Distribution map of mineral deposits of Susanri-Hwanggangri mineralized zone. Mine locations are from the compiled data by Reedman et al., 1975 and number in bracket indicates age of granitoids compiled by Park, 1982. Distance from Chungju to Boksu mine indicates 25km.

月岳里 地域 및 忠州地域에 分布하는 鑛床들의 分布, 火成岩과의 關係, 構造系統 等 鑛化帶의 特性을 검토하고 (2) 그중 務岩寺 花崗岩 주위에 分布하는 當頭鑛床, 友石鑛床 그리고 福壽鑛床에 對하여 스키른鑛物 및 鑛石鑛物의 E.P.M.A. 分析과 流體包有物 研究를 실시 鑛化作用時의 物理化學的 環境을 해석함에 研究의 目的을 두었다.

### 黃江里—水山里地域 鑛化帶의 概要

忠州, 黃江里, 月岳里, 務岩寺地域에서의 鑛化作用 黃江里—水山里 地域 鑛化帶內에는 重石—輝水鉛石, 銅—鉛—亞鉛, 滑石, 螢石, 重晶石等 100여개의 金屬, 非金屬 鑛床들이 分布하고 있으며 (Fig. 1), 特히 主 鑛化帶는 백악기 佛國寺 花崗岩類로 된 務岩寺 花崗岩과 月岳山 花崗岩 地반, 그리고 侏羅紀 堤川花崗岩 地반과 캄브로—오도브스紀의 石灰岩과의 接觸部의 石灰岩 側에 형성되어 있다. 反面, 忠州地域에 分布하는 侏羅紀 花崗岩體 주변에는 鑛床이 거의 發達하고 있지 않고 있다. 이같은 事實을 鑛床母岩, 關係火成岩 等の 觀點에서 比較해 보았다 (Table 1). 表에서와 같이 (1)

母岩에 큰 차이를 찾아 볼 수 있다. 즉 忠州地域 侏羅紀 花崗岩體주위에 發達하는 鑛床母岩은 片麻岩 및 片岩類로된 鷄鳴山層內에 挾在된 주로 박층의 돌로마이트質 石灰岩인 반면 水山里—務岩寺, 月岳里 地域에서는 두꺼운 石灰岩, 돌로마이트質 石灰岩, 돌로마이트 等を 母岩으로 하고 있다. (2) 關係火成岩의 경우 花崗閃綠岩이 主인 侏羅紀 花崗岩類와 아다멜라이트 (Lee, 1971)인 백악紀 花崗岩類의 時代와 岩相의 差異를 들 수 있다. 그리고  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 의 초생치도 前者는 높고 後者는 낮아 전자를 地殼物質의 부분용융 산물로 후자를 맨틀기원으로 해석한 바 있다 (朴·金, 1982).

(3) 鑛化作用과 관련된 構造線의 方向은 주로 N-S 方向 ( $N0\sim5^\circ E$ ), 北東方向 ( $N20\sim40E$ ), 北西方向 ( $N20\sim40W$ )이 대표적이며 南北方向으로 發達하는 구조線은 W-Mo 鑛化作用과 밀접하고 NE 또는 NW 構造線에는 Pb-Zn-Cu 또는 螢石鑛化作用이 밀접히 관계되어 있다. Reedman et al. (1977)은 高溫型 鑛脈은 주로 南北方向의 構造線과 관계되고 저온형의 광맥은 NE 또는 NW方向의 構造線과 관계되어 있음을 지적했다.

(4) 鑛床은 忠州地域 侏羅紀 花崗岩地반주위에는 螢

**Table 1** Mineralization and granitoids in the Hwanggangri-Susanri mineralized zone.

	Chungju district (Jurassic granitoids)	Muamsa-Wolak district (Cretaceous granitoids)
Country rock	Thin dolomitic limestone beds in gneiss and schist (Keymyungsan Fm.)	Thick limestone formation: crystalline limestone, dolomitic limestone and dolomite (Samtaesan and Kounri Fm.)
Related igneous rocks	Granite and granodiorite (Park: 1982)	Adamellite (D.S. Lee: 1971)
	Jurassic Daebo granites *Chungju granite (121~163m.y.) Jechon granite (169~179m.y.)	Cretaceous Bulkuksa granite Muamsa granite (87m.y.) Wolak granite (87~90m.y.)
	high initial ratio of ( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) (partial melting product of crust)	low initial ratio of ( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) (mantle source) (Park and Kim: 1982)
Fractures		N-S (W-Mo veins) NE or NW (Pb-Zn-Cu and CaF <sub>2</sub> veins)
Mineral deposits	Fe(7)** CaF <sub>2</sub> (3) Talc(4) Ba(1)	Pb-Zn-Cu(62) W-Mo(17) CaF <sub>2</sub> (32) Ba(4) Talc(13)
	Metamorphosed deposits(iron and talc deposits)	Skarn and hydrothermal vein deposits

\* Age data are from the map compiled by Park (1982).

\*\* Mineralization of iron deposits is not directly related with granitoids.  
Numbers indicate the number of mines.

石(3), 滑石(4), 重晶石(1), 鐵鑛(7, 철광상은 화강암류와 직접 관계 없음)의 鑛床이 分布하는 한편 백악기의 務岩寺一月岳里 花崗岩 주변 주위에는 鉛-亞鉛-銅(62), 重石-輝水鉛石(17), 螢石(32), 重晶石(4), 滑石(13) 등이 分布하고 있다. 또 鑛床成因도 忠州地域은 變成鑛床인 반면 兩山-월악리 지역은 접촉교대-스카른과 熱水鑛脈鑛床이 特著적이다.

쥬라紀의 堤川花崗岩과 石灰岩 接觸部에도 錦城·東明鑛床과 같은 Mo-W 스카른 鑛化作用과 소수의 Pb-Zn 광화도 수반된다. 그러나 務岩寺一月岳里 花崗岩 주변과 비교했을때 그 수도 적으며 滑石이나 螢石鑛化作用은 거의 수반되지 않고 있다. 錦城 輝水鉛 스카른 鑛床의 鑛化作用은 堤川花崗岩과 관계되어 있음을 밝힌 바 있다(Park, 1982). 그러나 本地域에서의 W-Mo, Pb-Zn-Cu, CaF<sub>2</sub> 광화작용이 주로 백악紀 務岩寺와 月岳山 花崗岩類와 관계되어 있으므로 堤川花崗岩과 務岩寺花崗岩間에 發達하는 當頭 鑛床의 鑛化作用이 白堊紀의 火成活動과 關係되어 있을 가능성을 시사해 주고 있다.

**務岩寺一月岳里 花崗岩 주변과 鑛化作用**

關係火成岩과 鑛化作用과의 關係를 검토하기 위해 평면상 광산의 分布에서 鑛床과 花崗岩體와의 거리에서 다음과 같은 특징이 나타났다(Fig. 2).

(1) 火成岩體와 밀접한 W-Mo 鑛床은 주로 花崗岩體內의 石灰岩 接觸部에서 500M 이내에 發達하고 있었다. 또 鑛床生成溫度는 대표적인 月岳鑛床의 경우 234~394°C이고 3.7~11.1 wt. % NaCl, 침도 1~2.3km (So et al., 1983)이다. 스카른형 Mo 鑛床은 예외로 1~2.5km에 分布하고 있다.

(2) Cu-Pb-Zn 鑛床은 火成岩體와 石灰岩과 接觸部에서 石灰岩쪽으로 멀어짐에 따라 그 빈도수가 감소하였으며 이들 鑛床중 스카른형 鑛床은 生成溫度가 400~500°C 內外이고, 脈狀型(vein type)은 240~390°C, 염농도 3.5~11wt. % NaCl이었다(본 연구와 朴, 朴(1979).

(3) 螢石鑛床의 경우 역시 接觸部에 근접해서 鑛床發達의 빈도수가 높고 멀어저감에 따라 그 빈도수가 점차 감소하여 Pb-Zn-Cu 鑛床의 경우와 그 경향이 유사하여 이들 두 유형의 鑛床形成은 서로 밀접한 關係가 있음을 보여 주고 있다. 生成溫度는 97~240°C(池楨蔓, 1975) 또는 95~312°C, 최고 40wt. % NaCl 염농도(朴喜寅, 1976)를 나타내고 있다.

(4) 滑石鑛床은 一般的으로 火成岩體와 직접적 關係가 적으며 그 接觸部の 거리와도 별 關係가 나타나지 않는다. 즉, 돌로마이트質 石灰岩의 廣域變成作用에 기인한 것과 접촉부에 接觸變成作用에 기인한 유형이 광역적으로 分布하고 있기 때문인 것 같다.

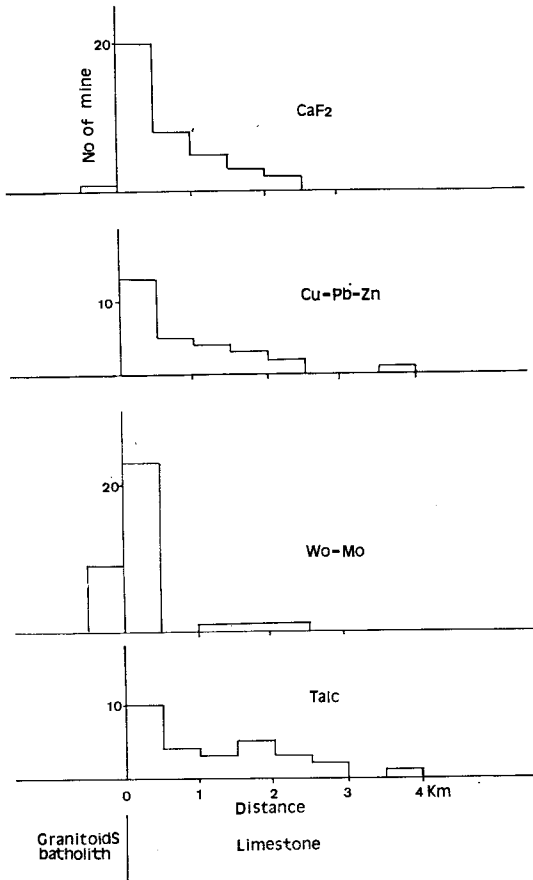


Fig. 2 Frequency of distribution of various mineral deposits from the Muamsa and Wolak granitoid batholith to limestone host rock in the Susanri-Hwanggangri mineralized zone.

主要 鉛—亞鉛—銅 鑛床

本研究에서는 黃江里—水山里 鑛化帶內에 分布하는 많은 金屬 및 非金屬鑛床중 務岩寺 花崗岩과 石灰岩과의 接觸部에 發達하는 스킨型의 當頭鑛床(Pb-Cu-Zn-Ag)과 鑛脈鑛床型인 友石鑛床(Cu-Pb-Zn-Bi-F) 및 福壽鑛床(Cu-Pb-Zn-W)에 對하여 鑛石化學 및 流體包有物 分析 結果를 檢토 하였다. 上記의 鑛床形成은 務岩寺 花崗岩類와 밀접한 관련이 있는 것으로 해석된다.

務岩寺 花崗岩類: 本 花崗岩體는 캄브로—오도비스紀의 石灰岩層을 貫入하고 있으며 黑雲母 花崗岩(87 Ma: Choo, 1971), 片狀 花崗岩으로 構成되어 있다. 흑운모 화강암은 중립내지 조립질이고 石英, 正長石, 微斜長石, 斜長石, 黑雲母와 소량의 스펀, 角閃石등으로 構成되어 있다. 미문상조직, 사장석의 累帶構造가 관

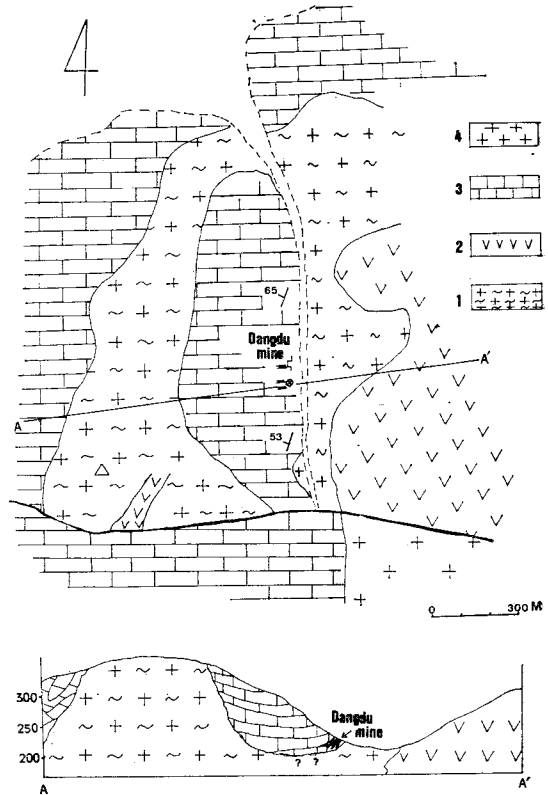


Fig. 3 Geologic map of Dangdu mine modified from the geologic map by Kim, et al. (1986).

- 1. granitic gneiss and schist, 2. pegmatite, 3. limestone, 4. granitoids.

찰되고 斜長石은 絹雲母化, 흑운모는 녹니석화된 部分이 많다.

當頭鑛床

本鑛床은 大石灰岩統의 三台山層의 石灰岩과 花崗片麻岩, 페그마타이트와의 接觸部에 發達하며 鑛床주위에 아직까지 花崗岩의 노두가 조사된 바 없다(Fig. 3).

鑛床은 石灰岩을 교대한 層狀交代 스킨型과 層面에 직교하는 열극을 충전 또는 교대한 鑛脈型으로 대분된다. 鑛體는 幅 3~5m, 延長 60m와 폭 2m, 延長 10m 내외의 렌즈상광체가 2-4조 발달한다. 鑛石의 品位는 Cu~2%, Pb 1.8%, Zn 11.4% Ag 88g/t(광상시추 조사보고, 1982)이다.

鑛石은 주로 黃銅石, 方鉛石, 閃亞鉛石과 磁鐵石, 磁硫鐵石 등으로 構成되어 있다.

스카른 및 閃亞鉛石의 化學成分: 스킨은 產出狀態에 依해 banded(clinopyroxene-garnet) skarn과 massive(clinopyroxene-garnet) skarn으로 구분된다. 前者는 녹색의 斜輝石과 황갈색의 柘榴石이 帶狀으로 나타

Table 2 Representative analyses of garnets from the Dangdu mine.

	D 153 1	D 153 2	D 153 3	D 155 4	D 155 5	D 155 6
SiO <sub>2</sub>	37.61	37.58	37.42	37.72	38.20	36.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.07	13.46	12.62	14.62	14.25	10.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.69	12.33	14.38	11.38	11.77	16.12
MnO	0.75	0.86	1.03	0.60	0.62	1.11
MgO	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
CaO	34.84	34.87	33.92	35.49	34.08	34.10
Na <sub>2</sub> O	0.02	—	0.01	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.68	0.38	0.17	0.18	0.19	0.75
Total	99.69	99.53	99.60	99.65	99.86	100.02

Number of cation on basis of 24 oxygens

Si	5.95	5.95	5.95	6.18	6.02	5.86
Al	0.05 (6.00)	0.05 (6.00)	0.05 (6.00)	0.00 (6.18)	0.00 (6.02)	0.14 (6.00)
Ti	0.08	0.05	0.02	0.02	0.02	0.09
Al	2.39	2.46	2.31	2.75	2.64	1.90
Fe <sup>+3</sup>	1.51 (3.98)	1.47 (3.98)	1.72 (4.05)	1.40 (4.17)	1.39 (4.05)	1.95 (3.94)
Fe <sup>+2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.10	0.11	0.14	0.08	0.08	0.15
Mg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	5.91 (6.02)	5.91 (6.03)	5.78 (5.93)	6.23 (6.32)	5.75 (5.84)	5.96 (6.12)

Mole percent end members

Pyr	0.10	0.15	0.14	0.10	0.10	0.10
Sp	1.68	2.03	2.30	1.33	1.40	2.61
Gr	59.96	58.34	54.20	64.52	62.72	46.69
Ad	38.26	39.45	43.36	34.05	35.78	50.60
Ad/Gr	0.64	0.68	0.8	0.53	0.57	1.08
Percent cation allocated	93.71	93.04	99.26	98.82	97.79	95.78

나며 녹염석, 녹니석, 石英, 方解石등도 소량 產出되고 있다. 여기에는 鑛石鑛物은 수반되지 않는다. Massive clinopyroxene-garnet skarn은 주로 암녹석의 斜輝石과 적갈색의 柘榴石으로 구성되며 녹염석, 石英, 斜長石, 方解石이 少量 관찰된다. 特히 閃亞鉛石, 方鉛石등 黃化鑛物이 本 스카른에 交代되고 있다.

主要 스카른 鑛物은 柘榴石, 斜輝石, 綠簾石, 綠泥石等으로 구성되어 있고 方解石을 交代한 柘榴石은 累帶構造가 잘 發達하고 있다(사진 1).

柘榴石과 斜輝石의 E.P.M.A. 分析結果는 表 2,3과 같다. 柘榴石은 그란다이트(grandite)로 그로슈타(grossular)의 mole%가 46.7~64.5%, 안드라다이트(andalite)가 34.1~50.6%, 파이로프(pyrope)와 스페사틴(spessartine)은 各 0.1~0.15%, 1.3~2.6% 내외이다(Fig. 4). 이같은 成分은 花崗岩類와 交代關係를 映

시해 주고 있다.

Massive skarn(D119)에서 斜輝石은 헤텐버자이트가 45.7~66.3 mole%이고 banded skarn(D153, D 155)에서는 헤텐버자이트는 35.4~39.1mole%이다. 요한세 나이트는 massive skarn에서 8.45~12.7 mole%이고 banded skarn의 것은 0.91~1.67 mole%이다(Table 3). 즉 banded skarn은 diopside rich한 스카른化의 前期를 암시하고 헤텐버자이트가 rich한 massive skarn은 스카른化의 後期를 암시해 주고 있다. 後者에 鉛, 亞鉛 鑛化가 수반됨이 특징이다.

이처럼 습 黃化鑛物 스카른 시료(D119)에서 헤텐버 자이트와 요한세나이트가 rich한 斜輝石의 成分에서 (Fig. 4) 本 스카른이 鉛·亞鉛 鑛化作用과 밀접함을 알 수 있었고 또 一部 斜輝石은 閃亞鉛石이 交代된 후 이를 交代한 현상도 관찰된다(사진 2).

Table 3 Electronprobe microanalyses of clinopyroxenes from the Dangdu mine.

	D 153 1	D 153 2	D 153 3	D 119 4	D 119 5	D 119 6	D 155 7	D 155 8	D 155 9
SiO <sub>2</sub>	52.53	51.83	51.42	49.51	47.51	48.84	51.76	51.28	51.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	1.35	0.73	3.45	5.43	3.35	0.37	2.28	0.83
FeO	11.90	11.07	11.69	13.72	18.56	19.08	10.93	11.39	11.85
MnO	1.41	1.50	1.32	3.77	2.42	2.38	2.04	1.19	1.43
MgO	10.03	10.48	10.15	7.02	4.48	4.10	10.13	9.85	9.56
CaO	23.88	23.98	24.13	22.31	21.44	21.95	24.43	23.54	24.53
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.17	0.21	0.16	0.17	0.14	0.15	0.27	0.17
Total	100.09	100.39	99.65	99.94	100.02	99.82	99.81	99.80	99.48

## Number of cation on basis of 6 oxygens

Si	1.99	1.97	1.98	1.92	1.88	1.94	1.97	1.96	1.97
Al	0.11 (2.00)	0.03 (2.00)	0.02 (2.00)	0.08 (2.00)	0.12 (2.00)	0.06 (2.00)	0.03 (2.00)	0.04 (2.00)	0.03 (2.00)
Al	0.02	0.04	0.01	0.08	0.13	0.09	0.01	0.06	0.01
Fe <sup>2+</sup>	0.38	0.35	0.38	0.44	0.61	0.63	0.35	0.36	0.38
Mn	0.05	0.05	0.04	0.12	0.08	0.08	0.07	0.07	0.04
Mg	0.57 (1.02)	0.59 (1.03)	0.58 (1.01)	0.41 (1.05)	0.26 (1.08)	0.24 (1.04)	0.59 (1.02)	0.56 (1.02)	0.55 (0.98)
Ca	0.97	0.97	0.99	0.93	0.90	0.93	1.01	0.96	1.01
Na	0.01 (0.98)	0.01 (0.98)	0.01 (1.00)	0.01 (0.94)	0.01 (0.91)	0.01 (0.94)	0.01 (1.02)	0.02 (0.98)	0.01 (1.02)

## Mole percent end members

Di	57.30	59.77	58.19	41.64	27.55	25.40	58.16	58.24	56.18
Hd	38.12	35.36	37.53	45.66	64.00	66.25	35.18	37.76	39.06
Jo	4.58	4.86	4.28	12.70	8.45	9.35	6.68	4.00	4.76
Di/Hd	1.50	1.69	2.30	0.91	0.43	0.38	1.65	1.54	1.44

鑛石중閃亞鉛石, 黃鐵石, 磁硫鐵石이 共存하는 試料(D45)와 기타閃亞鉛石의 FeS mole%는 表 4와 같다. 表에서 보던 FeS의 mole%는 15.5~19%, MnS 0.9~1.9%, 그리고 CdS는 0.9% 내외이다. 이는 國內 기타鉛, 亞鉛鑛山産閃亞鉛石의 成分과도 類似하며 MnS 함량이 높고 CdS 함량이 낮은 경향(Chon et al., 1981)과도 부합하고 있다. 特히閃亞鉛石-黃鐵石-磁硫鐵石이 共存하며 平衡狀態에 있는 것으로 추정되는 D45 시료(사진 3)의 FeS mole%는 18.5~19.6이다. 이것으로 Lusk and Ford(1978)의閃亞鉛石地質壓力計를 이용 계산한 결과 2kbar 내외의 壓力이 얻어졌다. 그리고 스카른중의 일부 석영시료내(D104)의 포유물의 均일화 溫度가 411~424°C로 측정되었다. 壓力보정을 고려하면 다소 이보다 高溫이 예상된다.

스카른鑛物組合의 相律의 해석: 스카른 硅酸鹽-黃化鑛物의 相平衡을 이용하여 Burt(1972), Taylor and Lion(1978), Holland(1965), 尹碩奎(1980, 83), 張浩

完·朴箕和(1982) 등은 스카른 鑛化時의 環境을 해석하였다.

본鑛床의 괴상 스카른鑛石에서 共存하는 헤텐버자이트, 안드라다이트, 방해석 그리고 石英의 鑛物組合을 현미경하에서 관찰하였다(사진 4). 앞에서閃亞鉛石地質壓力計에서 추정된 壓力 2kbar와  $\log f_{O_2} = -18.5$ 를 가정하여 Taylor and Liou(1978)의 T-X<sub>CO<sub>2</sub></sub> 그림을 이용 스카른形成時의 T-X<sub>CO<sub>2</sub></sub>를 추정하였다. 이때 Hd-Ad-Qtz-Mt (Gustafson, 1974), Otz-Cc-Wol (Greenwood, 1967), Hd-Cc-Ad-Qtz (Liou, 1974)의 反應關係를 이용하였으며 본鑛床에서 hematite와 wollastonite가 산출되지 않는 鑛物安定 조건에서 平衡共存하는 Hd-Ad-Qtz-Cc의 T-X<sub>CO<sub>2</sub></sub> 영역을 구하면 溫度는 約 580~650°C, X<sub>CO<sub>2</sub></sub>=0.15~0.3내외가 얻어진다(Fig. 5). 스카른중의 石英의 流體包有物 均一化 溫度 411~424°C는 위에서 추정된 溫度보다 낮다. 이는 石英이 스카른化 후기에 비교적 저온에서 형성된 것이

Table 4 Chemical analyses of sphalerite from the Dangdu mine.

Sample No.	Weight percent							FeS mole%
	Cd	Zn	Cu	Fe	Mn	S	Total	
D31	0.62	55.98	0.00	9.40	0.66	33.50	100.15	16.19
"	0.58	56.81	0.00	9.35	0.62	34.02	101.37	16.04
"	0.56	55.91	0.01	9.25	0.61	33.55	99.89	16.19
D38	0.61	55.14	0.01	9.19	1.03	33.57	99.55	15.53
D45	0.00	49.23	0.00	10.87	4.42	34.07	98.59	18.63
"	0.00	49.19	0.02	10.94	4.56	34.24	98.90	19.42
"	0.00	49.83	0.01	9.98	4.44	34.23	98.49	17.65
"	0.00	49.03	0.01	10.93	4.62	34.24	98.84	19.42
"	0.00	49.06	0.00	10.91	4.77	34.02	98.75	19.23
"	0.00	48.61	0.01	10.78	4.68	34.27	98.34	18.63
"	0.00	49.25	0.03	10.96	4.60	34.47	99.29	19.42
"	0.00	48.82	0.10	11.04	4.76	34.21	98.93	19.23
"	0.00	48.90	0.00	11.08	4.64	34.51	99.13	19.42
"	0.00	49.47	0.01	10.65	4.23	34.14	98.50	18.45
"	0.00	49.09	0.01	10.92	4.48	33.91	98.42	19.61
"	0.00	49.04	0.01	10.96	4.57	34.01	98.57	19.61
D103	0.00	54.79	0.00	9.11	0.58	34.06	98.54	15.84
"	0.00	55.14	0.02	9.06	0.54	33.82	98.58	15.84

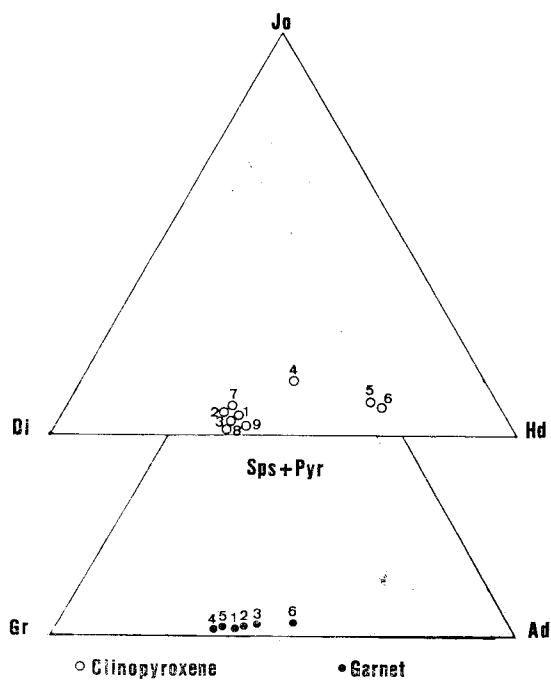


Fig. 4 Chemical compositions of clinopyroxene (mole %) and garnet (mole %) in ore bearing skarns (4, 5, 6) and barren skarns (1, 2, 3, 7, 8, 9) from the Dangdu mine. Jo: Johannsenite, Di: diopside, Hd: Hedenbergite, Sps-pyr: spessartine +pyrope, Gr: grossular, Ad: Andradite

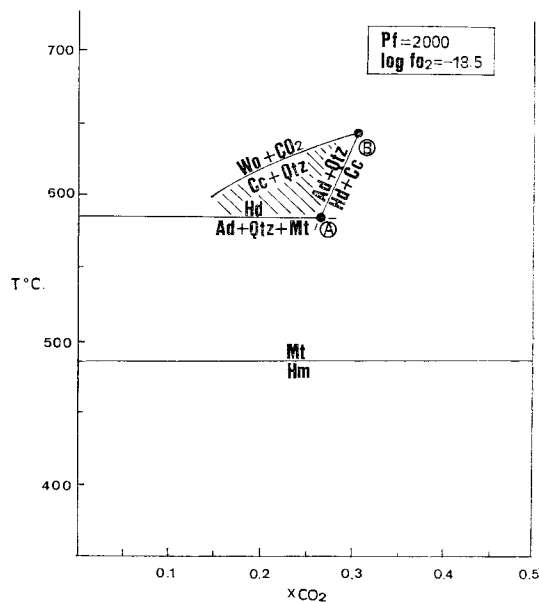


Fig. 5 Temperature- $X_{CO_2}$  diagram at  $P_{fluid} = 2kbar$  for  $f_{O_2} = -18.5$ . The Hd-Ad-Qtz-Mt, Qtz-Cc-Wol and Hd-Cc-Ad-Qtz equilibria are from Gustafson (1974), Greenwood (1967) and Liou (1974) respectively. Hd: hedenbergite, Ad: andradite, Mt: magnetite, Qtz: quartz, Wo: wollastonite, Cc: calcite, Hm: hematite

기 때문인 것으로 해석된다.

**友石鑛床**

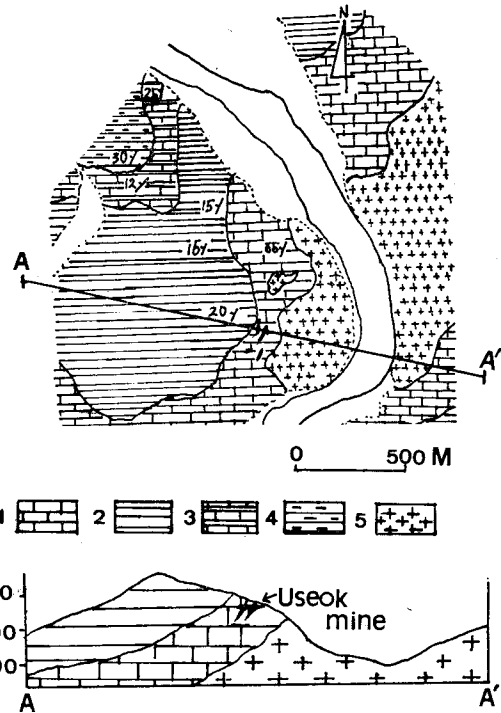
友石鑛床은 백악기의 務岩寺 黑雲母 花崗岩과 大石 灰岩統의 石灰岩의 接觸部에 發達하는 銅-鉛-亞鉛-螢石, 重石-輝水鉛鑛床이다(Fig. 6). 本 鑛床에 對하여 文正郁·曹基鳳(1965) Reedman et al.(1975), 朴熙平·朴喜寅(1979) 等の 調査 또는 研究報告가 있다.

특히 朴·朴(1979)에 의해 流體包有物 研究가 실시되었고 부근 地質에 對하여서도 자세히 소개 되었으므로 여기서는 생략하고 본 연구에서 수행된 결과 만을 소개한다.

鑛床은 1호 광체, 3호 광체, 형석맥 등으로 대분되며 1호 광체는 N10E, 30NW인 石灰岩의 層理를 따라 발달하는 괴상 광체와 N25°W와 75°SW인 맥상 광체로 硫砒鐵石, 方鉛石, 閃亞鉛石, 능망간석, 黃鐵石, 黃銅石, 螢石등이 수반된다(朴·朴, 1979). 硫砒鐵石은 累帶構造가 잘 發達하고 있다. 鑛石의 品位는 Pb 5.87%, Zn 5.67%, Cu 0.52%, 螢石 23.54%이다(한국지광상, 1981).

閃亞鉛石의 化學成分: 鑛石층 磁硫鐵石-黃鐵石-閃亞鉛石이 共存하는 閃亞鉛石(사진 5)의 FeS mole%는 16.8~17.7%, MnS 1%, CdS 1% 내외이다(Table 5). 이들 FeS mole%를 Lusk and Ford(1978)의 地質壓力計에 의해 추정된 壓力은 1.98~2.67kbar이다. 이는 朴·朴(1979)이 流體包有物에 의해 추정한 壓力인 0.18~0.45Kbar에 비해 너무 높은 값을 나타내고 있다. 이는 위의 共存鑛物이 平衡狀態에 있지 못함을 의미하는 것으로 해석된다. 즉, 閃亞鉛石 地質壓力計의 적용이 불가능 하다.

流體包有物 研究: 石英 및 螢石內에 發達하는 流體包有物의 特徵은 밀도가 낮은 가스상이 큰 2相의 포유물이 특징이고(사진 6) 액상, Lco., 가스의 3相 包有物도 다수 관찰된다. 均一化溫度測定시로는 朴·朴(1979)의 stage II와 III(螢石)에 해당되는 시료로 石英



**Fig. 6** Geologic map of the Useok mine (after Park and Park, 1979)

- 1. limestone, 2. phyllite, 3. dolomitic limestone, 4. slate, 5. granite.

과 螢石內의 一次包有物의 均一化溫度( $T_h$ )와 염농도 측정 결과는 Table 6와 같다.

본 研究에서는 試料採取의 제한성 때문에 多數의 시료보다 同一試料內의 여러 包有物에 對해서 均一化溫度 및 鹽濃度를 측정하였다. 均一化溫度는 石英의 경우 288~389°C, 螢石은 224~332°C이었다(Fig. 7). 또 이들 包有物의 鹽濃度는 石英이 3.5~9.0 wt. % NaCl이고 螢石이 2~17wt. %로 염농도의 變化幅이 크게 나타났다.

**Table 5** Chemical analyses of sphalerite from the Useok mine.

Sample No.	Weight Percent							FeS mole %
	Cd	Zn	Cu	Fe	Mn	S	Total	
W53	0.78	53.94	0.09	10.31	0.44	33.95	99.51	17.48
"	0.86	54.68	0.09	9.59	0.36	33.77	99.34	17.00
"	0.70	53.47	0.07	9.52	0.42	32.47	99.66	17.00
"	0.76	54.37	0.05	9.82	0.40	33.85	99.24	17.65
"	0.85	53.67	0.10	10.10	0.41	33.31	98.43	17.82
"	0.82	54.73	0.07	9.39	0.26	33.49	98.76	16.83



**Table 6** Salinity and homogenization temperatures of fluid inclusions from the Useog mine.

Sample number	Mineral	Vein mineralogy	Inclusion type	Homogenization temperature (°C)	Salinity (wt% equ. NaCl)	T <sub>melt</sub> <sup>H<sub>2</sub>O</sup> (°C)		
W 17-1	qtz	qtz-cpy-sp-gn-py-mo	Tow phases	374	8.1	- 7.2		
			"	388	4.0	- 4.0		
			"	364	4.3	- 4.2		
			"	377	8.8	- 7.8		
			"	359	7.2	- 6.4		
			"	367	6.6	- 6.0		
			"	373	7.6	- 6.8		
			"	378	7.3	- 6.5		
			"	384	7.3	- 6.5		
			"	"	5.8	- 5.4		
			"	"	9.1	- 8.0		
			"	"	8.8	- 7.8		
			"	"	5.1	- 4.8		
			"	"	5.4	- 5.0		
			"	"	8.8	- 7.8		
			"	"	7.3	- 6.5		
			"	"	6.9	- 6.2		
			"	"	5.1	- 4.8		
			"	"	5.8	- 5.4		
			"	"	6.4	- 5.8		
			"	"	Three phases	332	3.8	+ 8.0
			"	"	"	288		
			"	"	"	389		
			"	"	"	367		
			"	"	"	374		
			"	"	"	384		
			"	"	"	385		
"	"	"	364					
"	"	"	365					
"	"	"	369					
"	"	"	382					
"	"	"	339					
"	"	"	352					
"	"	"	"	8.6	+ 4.8			
"	"	"	"	3.4	+ 8.2			
"	"	"	"	2.4	+ 8.8			
W 27	fl	fl-qtz-cc	Two phases		11.4	-10.0		
			"		11.1	- 9.8		
			"		11.4	-10.0		
			"		11.5	-10.2		
			"		11.1	- 9.8		
			"		10.9	- 9.6		
			"		10.6	- 9.4		
			"		11.4	-10.0		
"		"	12.74	-11.4				

			"		16.5	-15.4
			"	238		
			"	286		
			"	358		
			Three phases	230	7.8	+ 5.4
			"	225	8.1	+ 5.2
			"	220	8.6	+ 4.8
			"	239	6.3	+ 6.4
W 27	Fl	fl-qtz-cc	Three phases	234	8.1	+ 5.2
			"	240	7.8	+ 5.4
			"	244	8.6	+ 4.8
W 50	Fl	fl-cc-mo-sp-gn -py	Two phases	230	4.8	- 4.6
			"		4.8	- 4.6
			"	224	5.1	- 4.8
			"	226	5.4	- 5.0
			"	234	5.1	- 4.8
			"	228		
			"	223		
			"	232		
			"	332		
			"	324		
			"	327		
			"	314		
			Three phases	236	2.8	+ 8.6
			"	242	2.8	+ 8.6
			"	234	4.1	+ 7.8
			"		3.8	+ 8.0

qtz: quartz, fl: fluorite, cpy: chalcopyrite, sp: sphalerite, gn: galena, py: pyrite, mo: molybdenite, cc: calcite

同一試料(W17-1) 내에서도 溫度는 비교적 均一함에  
도 불구하고 鹽濃度의 變化는 대단히 小을 알 수 있다.  
石英과 螢石의 二相包有物과 三相包有物에서 溫度差는  
없으나 螢石의 경우에는 鹽濃度에는 큰 차이가 있었다.  
저염농도의 包有物은 二次包有物일 가능성이 있으며

이같은 鹽濃度의 變化는 포유물내의 기타 化學成分 때  
문인 것으로도 해석된다.

또 均一化溫度와 鹽濃度關係圖(Fig. 8)에서 보던 溫  
度變化가 적고 염농도의 變化가 크게 나타나고 있다.  
비교적 後期에 形成된 螢石包有物의 鹽濃도가 前期의

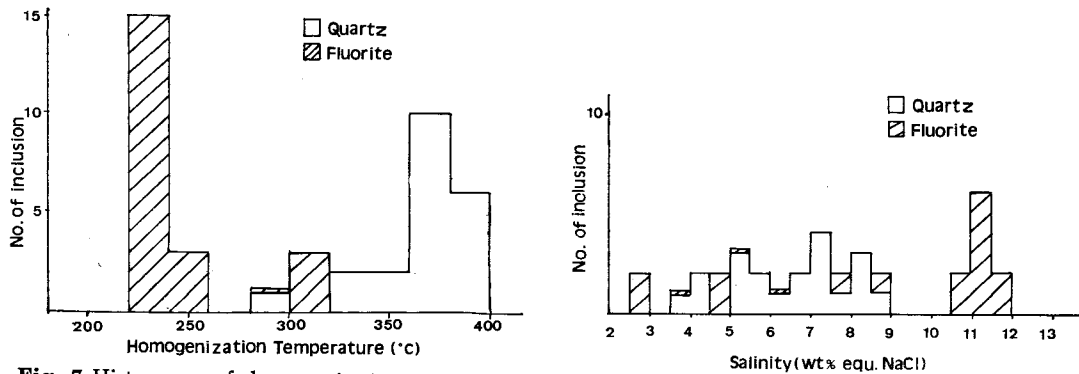


Fig. 7 Histograms of homogenization temperature data (left) and salinity data (right) from fluid inclusions of the Useog mine.

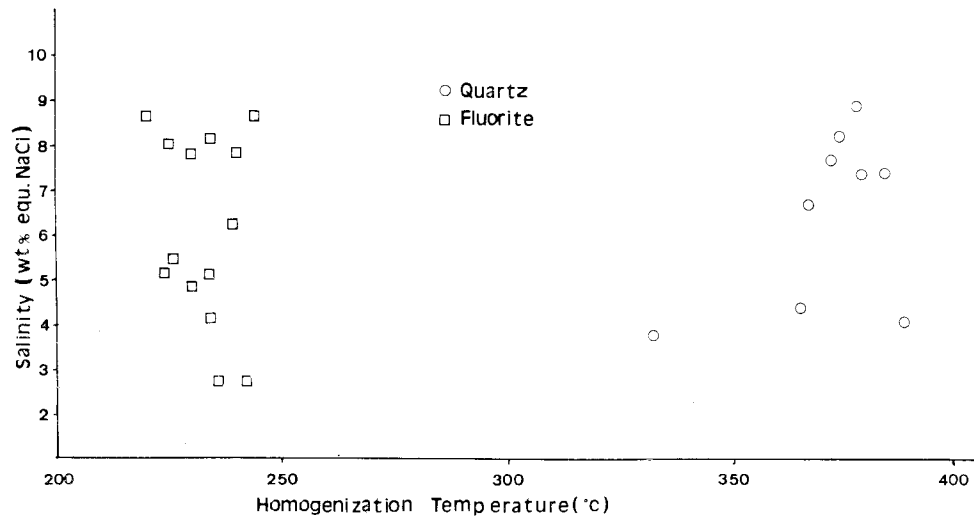


Fig. 8 Plot of salinity versus homogenization temperature for inclusions from the Useog mine.

石英에 비해 높다. 이같은 현상은 鑛石 침전시 meteoric water의 mixing이 없는 環境이었을 것으로 추정할 수 있다.

**福壽鑛床**

鑛床은 三台山層의 플로마이트 內에 N5W, 65-75NE 로 發達하는 열극을 층진한 含Cu-Pb-Zn-W 石英脈으로 脈폭은 25cm 內外이다. 鑛石鑛物은 方鉛石, 閃

亞鉛石, 黃銅石, 灰重石으로 구성되어 있고(사진 7), 脈석광물은 石英, 方解石, 磁硫鐵石, 黃鐵石등으로 構成되어 있다. 鑛石의 平均品位는 Cu 1.5%, Ag 40g/t, Au 4g/t, Pb+Zn 6~10%이다(한국의 광상, 1968).

流體包有物 測定結果: 流體包有物은 二相과 三相의 포유물로 一次包有物의 均一化溫度 및 鹽농도 測定結果는 Table 7과 같다. 二相인 石英內의 포유물(사진 8)의 均一化溫度는 237~342°C이고 300°C 內의가 빈도수가 높다. 또 이들의 鹽농도는 2.6~10.97wt. % NaCl이다(Fig. 9). 그림 10에서 보던 溫度와 鹽농도는 비교적 均一하다. 이는 均質한 鑛化溶液에서 鑛石鑛物이 침전된 것으로 해석된다. 그러나 측정시료수와 시료채취의 제한성 때문에 이같은 해석에 어려움이 있음을 말하지 않을 수 없다.

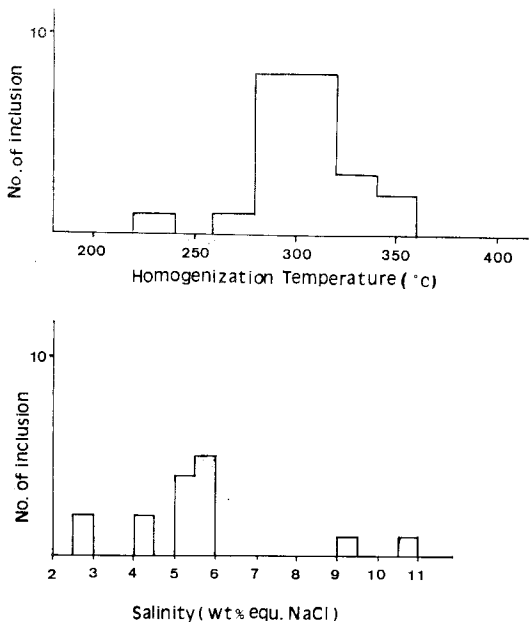


Fig. 9 Histograms showing homogenization temperature (upper) and salinity (lower) for fluid inclusions from the Boksu mine.

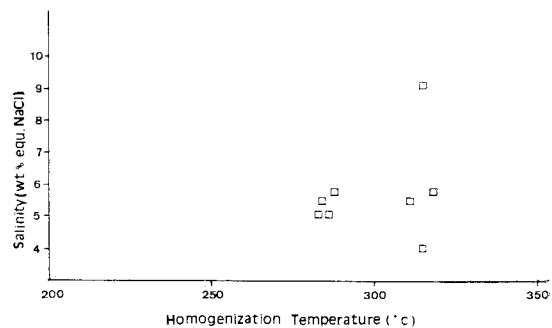


Fig. 10 Graph of homogenization temperature versus salinity data for fluid inclusions from the Boksu mine.

Table 7 Salinity and homogenization temperatures of fluid inclusions from the Boksu mine.

Sample number	Mineral	Vein mineralogy	Inclusion type	Homogenization temperature(°C)	Salinity (wt% equ. NaCl)	T <sup>H<sub>2</sub>O</sup> <sub>melt</sub> (°C)
B 30	qtz	qtz-cc-py-gn-sp	Two phases	283	5.1	- 4.8
			"	286	5.1	- 4.8
			"	288	5.8	- 5.4
			"	315	9.1	- 8.0
			"	318	5.8	- 5.4
			"	311	5.5	- 5.2
			"	"	5.1	- 4.8
			"	"	2.6	- 3.0
			"	"	5.1	- 4.8
			"	"	5.8	- 5.4
			"	309	2.6	- 3.0
			"	306	"	"
			"	273	"	"
			"	292	"	"
			"	340	"	"
			B 17	qtz	qtz-py-cpy-sp-gn	Three phases
"	338	4.1				+ 7.8
"	"	11.0				+ 3.0
Two phases	284	5.5				+ 5.2
"	237	"				"
"	282	"				"
"	286	"				"
"	304	"				"
"	342	"				"
"	304	"				"
"	332	"	"			
"	292	"	"			
"	339	"	"			

## 結 言

黃江里—水山里鑛化帶內에 分布하는 100여개의 金屬 및 非金屬鑛床의 分布, 鑛化作用과 火成岩類와의 關係를 검토하고 이 지역의 여러 鑛床중 스카른型的 當頭鑛床, 鑛脈型的 友石鑛床과 福壽鑛床에 對하여 鑛物化學的 流體包有物分析研究를 실시한 結果는 다음과 같다.

(1) 鑛化作用은 主로 務岩寺 花崗岩類, 月岳山花崗岩類와 接觸하는 주변 캄브로—오도비스紀의 石灰岩內에 일어났으며 스카른型, 熱水交代, 熱水鑛脈型 W-Mo, Pb-Zn-Cu, CaF<sub>2</sub>, Talc 鑛床이 主이다.

(2) 花崗岩體內나 또는 이의 近接지역에서는 W-Mo 鑛化作用이 優세하고 Pb-Zn-Cu와 CaF<sub>2</sub> 鑛化作用은 花崗岩體에서 멀어저감에 따라 점진적으로 약화된다. 그

러나 滑石鑛化는 예외이다.

(3) 鑛脈型 鑛床에서 南北方向의 構造線에는 W-Mo 鑛化가 東北 또는 西北方向의 構造線에는 Pb-Zn-Cu (CaF<sub>2</sub>) 鑛化가 지배적이다.

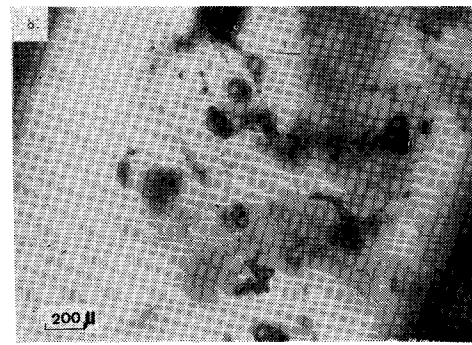
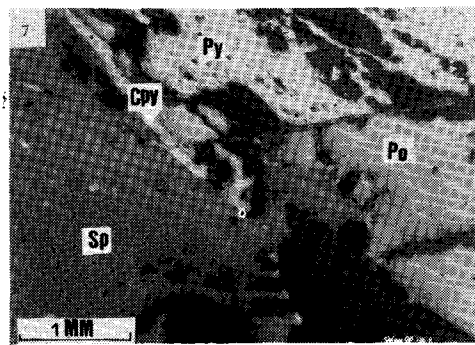
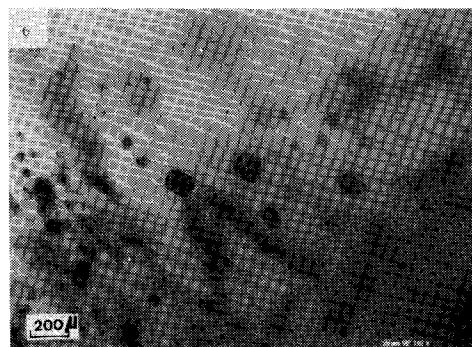
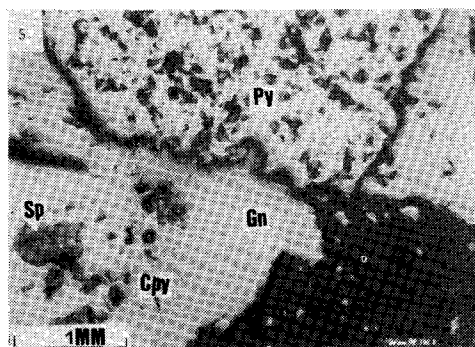
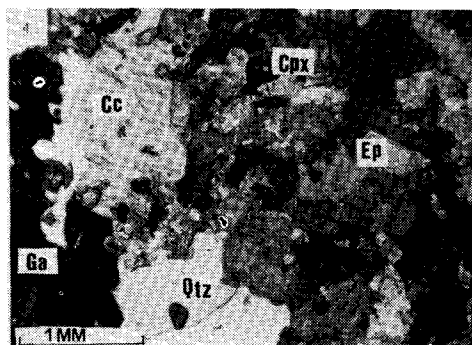
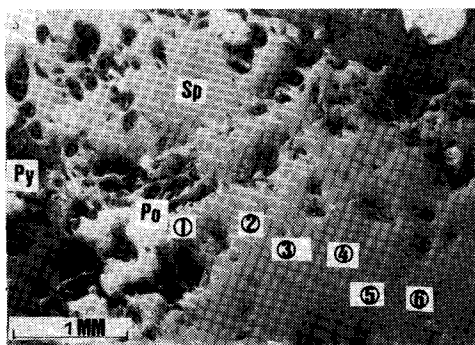
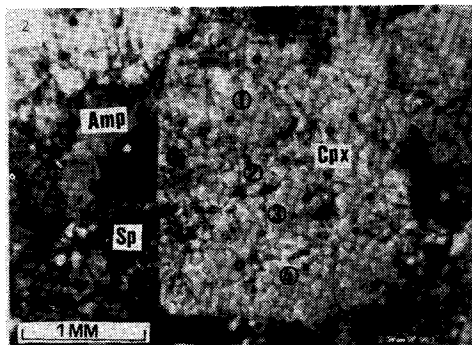
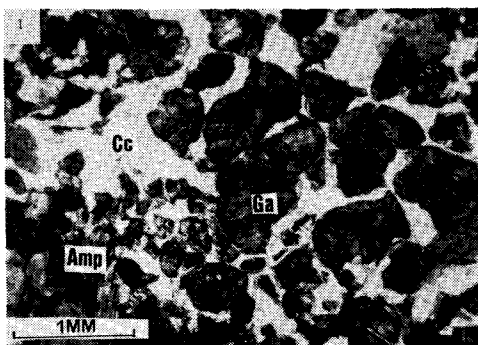
(4) 當頭鑛床의 스카른은 early banded skarn (diopside rich)과 late massive skarn (hedenbergite rich)으로 區分되며 後者에는 鉛, 亞鉛鑛化가 수반된다. 스카른 鑛物組合 Hd-Ad-Cc-Qtz의 相平衡을 이용 추정 한 溫度는 약 580~650°C이고 X<sub>co<sub>2</sub></sub>=0.15~0.3이다.

(5) 友石鑛床產 流體包有物의 均一化溫度는 石英이 288~389°C, 螢石이 224~332°C이고 이의 鹽濃度는 각각 3.5~9.0wt. % NaCl과 2~17wt. %로 同一試料內에서도 均一한 溫度에도 불구하고 鹽濃度에 큰 變化가 나타났다. 閃亞鉛石의 FeS mole%는 16.8~17.7, MnS 1%, CdS 1%이었다.

(6) 福壽鑛床産 石英의 均一化溫度는 237~347°C이고 鹽濃度는 2.6~10.97wt. % NaCl이었다.

參 考 文 獻

- 金基院·李弘圭(1965) 忠州地質圖幅. 地質調査所.  
 金基院·朴奉淳·李弘圭(1967) 堤川地質圖幅. 地質調査所.  
 金玉準·閔庚德·金奎漢(1986) 沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究—堤川南部的 沃川系와 朝鮮系의 境界 및 附近地質—. 광산지질(발간예정).  
 문정옥·조기봉(1965) 제삼육광산 조사보고. 지질광상조사연구보고, v. 8, p. 205-228.  
 朴美始·金奎漢(1982) 南韓에 分布하는 花崗岩類의 岩石化學的 研究. 地質學會誌, v. 18, No. 3, p. 132-148.  
 박봉순·최종옥(1972) 황강리 지역 광화대 3차년도 조사보고. 서지질광상조사연구보고, v. 14, p. 122-260.  
 朴喜寅(1976) 우리나라 螢石鑛床의 流體包有物 研究. 鑛山地質, v. 9, No. 1, p. 27-44.  
 朴熙平·朴喜寅(1979) 友石多金屬鑛床의 流體包有物 研究. 지질학회지, v. 15, No. 4, p. 282-294.  
 尹碩奎(1971) 沃川地向斜帶의 進化와 鑛化作用. 광산지질, v. 4, No. 2, p. 77-90.  
 尹碩奎(1980) Schreinemakers法에 依한 第三蓮花鑛山 內成 스킨 鑛物組合의 相律圖作成. 지질학회지, v. 16, No. 2, p. 85-92.  
 尹碩奎(1983) 太白山鑛化帶 蓮花—巨道鑛山에 있어서의 스킨과 鑛石鑛物의 隨伴關係 및 相平衡. 광산지질, v. 16, No. 1, p. 1-10.  
 李攸成·朴奉淳(1965) 黃江里 地質圖幅. 地質調査所.  
 池楨蔓(1975) 南韓의 螢石鑛床의 成因에 關한 研究. 광산지질, v. 8, No. 1, p. 25-56.  
 張浩完·朴箕和(1982) 巨道地域 Fe-Cu 스킨 鑛床의 岩石鑛床學的 成因研究. 조사연구보고, 제14호, p. 129-156.  
 광산지추보고(1982) 대한광업진흥공사.  
 한국의 광상(1968) 대한광업진흥공사.  
 한국의 광상(1981) 대한광업진흥공사.  
 Burt, D.M.(1972) Mineralogy and geochemistry of Ca-Fe-Si skarn deposits. Unpub. Ph.D. thesis, Harvard Univ. 256p.  
 Greenwood H.J. (1967) Wollastonite stability in H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> mixtures and occurrence in a contact metamorphic aureole near Salmo, British Columbia, Canada. Am. Mineral, v. 52, p. 1669-1680.  
 Gustafson, W.I. (1974) The stability of andradite, hedenbergite and related minerals in the system Ca-Fe-Si-O-H. J. Petrol., v. 15, p. 455-496.  
 Holland H.D. (1965) Some application of thermochemical data to problems of ore Deposit II. Mineral assemblages and the composition of ore forming fluids. Econ. Geol., v. 60, p. 1140-1147.  
 Hyo Taek Chon, Hidehiko Simazaki and Kohei Sato (1981) Compositional variation of spalerites from some hydrothermal metallic ore deposits in the Republic of Korea. Mining Geol, v. 31, No. 4, p. 337-343.  
 Lee D.S. (1971) Study of the Igneous activity in the middle ogcheon zone, Korea. J. Geol. Soc. Korea, v. 7, No. 3, p. 153-216.  
 Liou, J.G. (1974) Stability relations of andradite-quartz in the system Ca-Fe-Si-O-H. Am. Mineral., v. 59, p. 1016-1025.  
 Lusk John and C.E. Ford (1978) Experimental extension of the sphalerite geobarometer to 10kbar. Am. Mineral., v. 63, p. 516-519.  
 Park, No Young (1982) Molybdenum mineralization, exploration and exploitation of the ore deposits at the Keumseong mine, Republic of Korea. Ph.D. thesis, Waseda Univ. 189p.  
 Reedman A.J., K.S. Yoon, C.J.N. Fletcher, H.S. Rhyu, R.B. Evans S.H. Jeong, D.R. Workman and J.N. Park (1975) Geology of the Hwanggangri mining district, Republic of Korea. Anglo-Korean Mineral Exploration group, 118p.  
 So, Chil-sup, Danny M. Rye and Kevin L. Shelton (1983) Carbon, hydrogen, oxygen and sulfur isotope and fluid inclusion study of the Weolag tungsten-molybdenum deposit, Republic of Korea: Fluid histories of metamorphic and ore forming Events. Econ. Geol., v. 78, No. 8, p. 1551-1573.  
 Taylor B.E. and J.G. Liou (1978) The low temperature stability of andradite in C-O-H fluids. Am. Mineral., v. 63, p. 378-393.



**Explanation of photographs**

- Photo. 1.** Garnet showal zonal structure which is replaced by calcite in banded skarns from the Dangdu mine. Cc: calcite, Amp: amphibole, Ga: garnet.
- Photo. 2.** Clinopyroxene after replacement of sphalerite in massive skarn (D119) from the Dangdu mine. Sp: sphalerite, Cpx: clinopyroxene. Number indicates the analyzed point by EPMA.
- Photo. 3.** Pyrite-pyrrhotite-sphalerite mineral assemblages in massive skarn ore (D45) from the Dangdu mine py: pyrite, po: pyrrhotite. Number indicates the analyzed point.
- Photo. 4.** Clinopyroxene-garnet-calcite-quartz mineral assemblages in massive skarn ores from the Dangdu mine. Ep: Epidote, Qtz: quartz.
- Photo. 5.** Pyrite replaced by galena. Sphalerite shows exsolution texture of lead-zinc ores from the Useok mine.
- Photo. 6.** Two phases inclusion in quartz (W17) from the Useok mine.
- Photo. 7.** Chalcopyrite filled grain boundary between pyrite and sphalerite from the Boksu mine. Cpy: chalcopyrite.
- Photo. 8.** Two phases inclusion in quartz (B17) from the Boksu mine.

