

3. Experimental

3 - 1. Field assessment of weathering grade

Visual assessment of the samples combined with a close examination of hand specimens using a hand-lens and a pen-knife to estimate the degree of change of feldspars to clay minerals shows that Anyang granite has been affected by weathering in the following sequence :

- 1) Opening of discontinuities
- 2) Discoloration of discontinuity surface into yellowish-brown
- 3) Penetration of the yellowish-brown discoloration into the joint bounded blocks of the rock material, accompanied by decomposition of some mineral constituents to secondary mineral products
- 4) Increase in the volume of discolored part to more than 50 percent, with a somewhat paler grey colour than the fresh still present in the core of the block
- 5) Complete discoloration of the rock material accompanied by partial decomposition to clay minerals throughout the rock
- 6) Increase in the amount of decomposition of

the mineral constituents to clay minerals, accompanied by a high degree of microfracturing and weakening of the rock

- 7) Complete decomposition of some of the original rockforming minerals.

3 - 2. Sample collection and preparation

Forty-one samples, representatives of six stages of weathered granite material (from the least affected rock to in-situ disturbed soil), were collected and its grading criteria are shown in Table 1. Each sample was collected with chisel and shovel after tested by in-situ Schmidt hammer. Irregular lumps were used for evaluating bulk density, effective porosity and quick absorption index, and specimens with parallel ground ends were for sonic velocity and point load strength test.

Fresh, slightly, and moderately weathered samples (representing grade I to III) were cut with diamond saw, and ground and polished using 400, 800 mesh carborundum (SiC) and alumina (Al_2O_3) to make their thin sections. Highly and completely weathered samples, and engineering soils (grade IV to VI) were impregnated with epoxy resin in va-

Table 1. Scale of weathering of rock mass.²⁶⁾

Term	Grade	Description
Fresh	I	No visible sign of rock material weathering ; perhaps slight discoloration on major discontinuity surfaces.
Slightly weathered	II	Discoloration indicates weathering of rock material and discontinuity surfaces. Some of the rock material may be discolored by weathering ; yet it is not noticeably weakened.
Moderately weathered	III	The rock material is discolored and some of the rock is appreciably weakened. Discolored but unweakened rock is present either as discontinuous framework or as core-stone.
Highly weathered	IV	Some of the rock material is decomposed and/or disintegrated to soil. Fresh or discolored or weakened rock is present either as a discontinuous framework or as core-stones within the soil.
Completely weathered	V	All rock material is decomposed and/or disintegrated to soil. The original mass structure and material fabric are still largely intact.
Residual Soil	VI	All rock material is converted to soil. The mass structure and material fabric are destroyed. There is a large change in volume, but the soil has not been significantly transported. Can be divided into a upper A horizon of eluviated soil and a lower B horizon of illuviated soil.

REGIONAL GUIDES

Some guides to ore are broad and general in their nature. Most guides of this sort, while helpful in selecting regions in which to explore for ore deposits of some particular sort, are not capable of sufficiently sharp focusing for direct use in development within a given district. The more important of these guides may be listed:

1. Igneous rocks

- a. Batholiths and other major bodies with which ore is known to be associated.

Note: Most of the orebodies are in the margins of the batholithic areas,

both inside and outside the igneous rock.⁴ In particular, ore in certain regions is associated with truncated stocks.⁵

Examples:

The Coast Range Batholith of British Columbia.⁶

The Sierra Nevada Batholith of California.

The Boulder Batholith of Montana.⁷

The Nipissing Diabase sill in the Cobalt region.

- b. Volcanic rocks of specific types and ages (whether because they are evidence of igneous activity at certain favored times or because they were present at certain periods of mineralization and served as suitable hosts).

Examples:

The Keewatin Greenstones of the Canadian Shield.

The Kalgoorlie Series (greenstones) of Western Australia.

Tertiary andesites in the Mexican Sierra.

- c. Igneous rocks of those petrologic types with which certain ores are characteristically associated.⁸ (Ores are not necessarily within the intrusive bodies.)

Examples:

Acid intrusives: tin, tungsten and molybdenum ores.

Basic intrusives (especially norites): nickel.

Ultrabasic intrusives: chromium, nickel and platinum.

2. Age-relations with respect to metallogenetic epochs.^{9, 10}

Examples:

Laramide (late Cretaceous and early Tertiary) in Western U. S.

Hercynian¹¹ (between Carboniferous and Triassic) in Europe (the ores of Freiberg, Cornwall, Saxony, etc.).

Killarnean Revolution in the Canadian Shield: nickel-copper at Sudbury, cobalt-silver at Cobalt; copper in Northern Michigan.

3. Major zones of faulting with which ore is known to be associated. (Ore-bodies are mostly adjacent to the fault zones rather than within them.)

Examples:

The Mother Lode of California (120 miles long).

The Kirkland Lake—Malartic "break" (156 miles long).

The Pinchi Fault Zone in British Columbia,¹² (150 miles long). Since discovery in 1937, a score of mercury deposits have been found by systematic prospecting along the zone and have produced 4,000,000 lb. of mercury between 1940 and 1944.

4. Sedimentary rocks of specific ages.

Examples:

General occurrence of iron formations in the Huronian rocks of the Lake Superior region.

Specific iron formations at definite horizons:

Biwabic Iron Formation on the Mesabi Range.

Ironwood Iron Formation on the Gogebic Range.

Vulcan Iron Formation on the Menominee Range.

Clinton iron ores at a definite horizon from New York to Alabama.

Minette Ores in the Jurassic of France and Luxemburg.

Applications:

Areas occupied at the surface by rocks older than the ore-bearing formations are hopeless for ore of the particular type sought.

Areas underlain by rocks younger than ore-bearing formations are possible provided the ore horizon is above minable depth.

5. Climatic and topographic conditions (past and present) conducive to formation of certain types of deposits.

a. Tropical climates, favoring lateritic weathering especially in plateau regions.

Examples:

British and Dutch Guiana: bauxite.

Cuba: lateritic iron ores; manganese ores.

India: manganese ores.

b. Arid and semi-arid climates and deep water level, favoring formation and preservation of zones of supergene enrichment.

Examples:

Southwestern United States: "porphyry coppers."

Northern Chile: "porphyry copper" deposits.

c. Long period of deep weathering followed by vigorous erosion conducive to accumulation of placer gold.

Examples:

West slope of the Sierra Nevada, California.¹⁸

Central and Southern Victoria, Australia.

CLASSIFICATION OF GUIDES

Guides, though of great variety, have in common the fact that they are associated with ore in one way or another. Genetically they may be grouped in three categories:

1. Features that were in existence before the ore was deposited and served to localize it. Examples: fractures, beds subject to replacement, breccia pipes.

2. Features which came into existence with the ore. Examples: alteration

haloes, barren parts of veins, areas of subsidence due to mineralization stopping.

3. Features resulting from the presence of ore or from presence of mineralization. Examples: gossans, iron or manganese stain below an oxidized ore-body, oxidation subsidence, ancient workings.

A classification on this basis, although philosophically satisfying, is not so well suited to practical discussion as one based on the geological nature of the guiding features. Accordingly the discussion in succeeding chapters will follow the headings:

Physiographic Guides

Mineralogical Guides (alteration, mineralization, oxidation products)

Stratigraphic and Lithologic Guides

Structural Guides (fracture patterns, contacts, folds).

Before proceeding to these topics, however, it may be well to consider certain types of guides which do not fit neatly into any of the major geological pigeonholes.

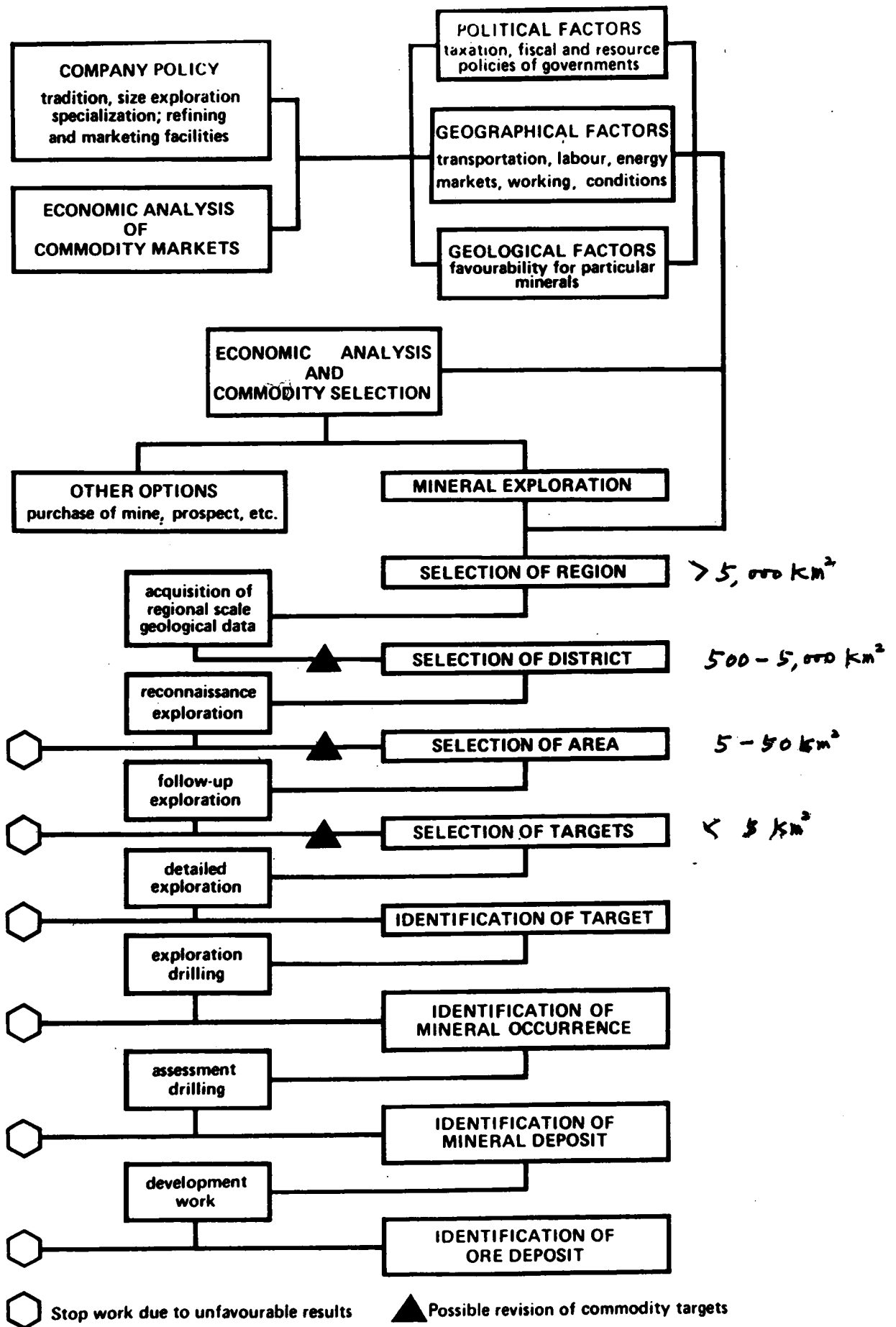
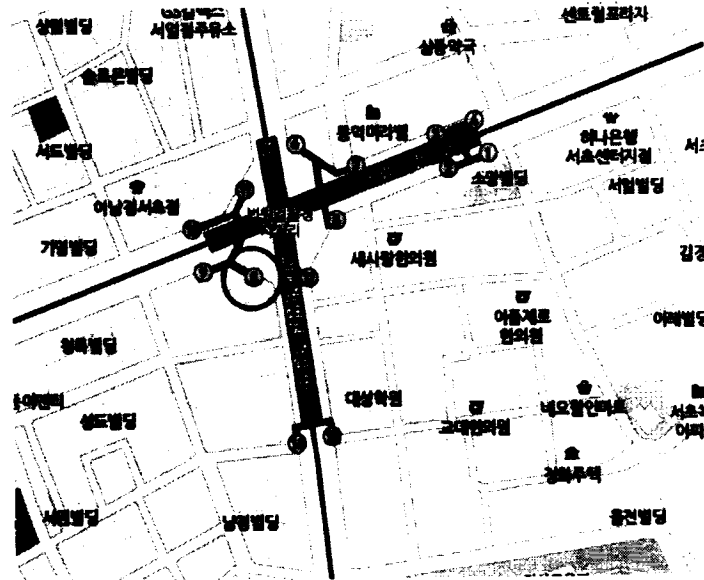


Fig. 1-1. Decision and activity stages from commodity selection to finding an ore deposit.

(Govett, 1983)

<자원공학실습 및 광해방지환경공학 현장견학 안내>

1. 일시 : 2010년 5월 5일(수) 06:40-19:00
2. 장소 : 신예미광산(강원도 정선군 신동읍), 일동광산(강원도 정선군 남면),
광해복구현장 일대
3. 집합장소 및 시간 : 교대역 8번출구 06:40(시간을 꼭 지킬 것!), 대절버스 이용



4. 학생준비물 : 등산복 차림(편한 차림, 붉은색 상의), 모자, 등산화(운동화), 배낭, 필기구
5. 연락처

38동 131호 응용지구화학연구실 (☎ : 880-7236)

김윤수 : rikyshak@snu.ac.kr (010-6246-9777)

정지은 : kc93422@snu.ac.kr (010-6710-7191)

전수현 : jsh0903@snu.ac.kr (010-2769-8693)

6. 견학목표

교과과정의 이론으로 습득한 지식의 이해를 돕기 위하여, 실제 광산을 방문하는 현장체험 교육을 실시한다. 채광, 선광 등 광산개발현장을 견학하고 광산 주위 환경 변화와 복원과정을 관찰함을 통해, 에너지자원공학과 학생으로서 갖추어야 할 광물자원과 환경에 대한 소양을 쌓는 것을 목적으로 한다.

<광산견학 Guide Book>

- 일시 : 2010년 5월 5일(수) 07:00-19:00
- 장소 : Site 1. 신예미광산(강원도 정선군 신동읍 조동리)
 Site 2. 일동광산(강원도 정선군 남면),
 Site 3. 동원탄좌 광산배수처리시설(강원도 정선군 사북읍)

■ 견학목표

교과과정의 이론으로 습득한 지식의 이해를 돕기 위하여, 실제 광산을 방문하는 현장체험교육을 실시한다. 채광, 선광 등 광산개발현장을 견학하고 광산 주위 환경 변화와 복원과정을 관찰함을 통해, 에너지자원공학과 학생으로서 갖추어야 할 광물자원과 환경에 대한 소양을 쌓는 것을 목적으로 한다.

■ 견학일정

시간	일정	장소	내용
07:00 - 10:00	서울 출발 → 신예미광산 도착	강원도 정선군 신동읍 조동리 신예미광산	교대역 8번 출구
10:00 - 12:00	신예미광산 견학	신예미광산	광산 가행현장 견학 및 지질실습
12:00 - 13:00	점심식사		
13:00 - 14:00	일동광산 견학	강원도 정선군 남면 무릉리 일동광산	휴광산 주변 지질실습
14:00 - 15:00	광해복구현장 견학	강원도 정선군 사북읍 동원탄좌	산성광산배수(AMD) 처리시설
15:00 - 19:00	현장 출발 → 서울		대절버스 이용

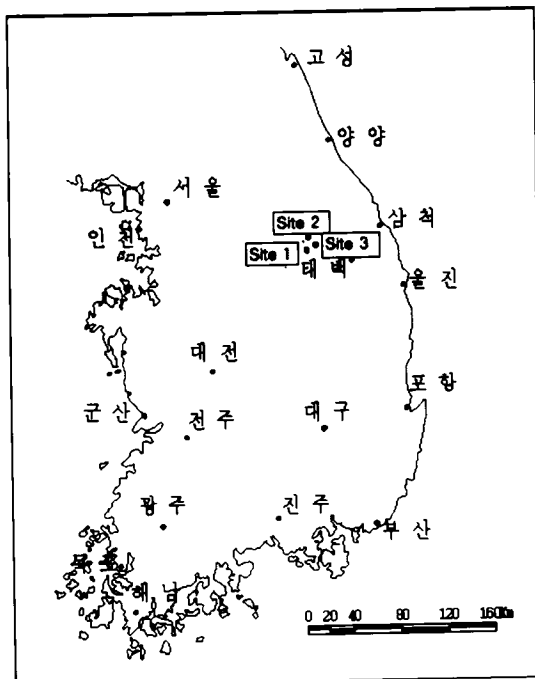


그림 1. Index Map

5. 광산정보

Site 1) 신예미광산

① 위치와 지형

본 조사지역은 행정구역상으로 강원도 정선군 신동면 조동리에 위치하며 지리좌표상 북위 37°11'00"- 37°12'00", 동경 128°39'40.4"-128°40'40.4"에 해당된다.

이 지역의 지형은 본 역의 남측 산능을 EW방향으로 형성하는 예미산(989.2ML), 뱃재(740ML), 질운산(1171.8ML) 등이 위치하며 이 산능을 경계로 남측은 산경사가 급한데 비해 북측은 다소 완만한 경사를 보여주는 험준한 산계를 갖는 것이 특징이다. 이러한 산 경사는 분포암상에 기인하며 북측은 사암 및 셰일 등이 주 분포하는데 비해 남측은 대부분 석회암으로 구성된다. 본 역의 지방배수준은 대략 450ML 정도이며 주능선 방향은 NNE계 또는 NNW계의 방향을 갖는다.

② 광산의 역사와 현황

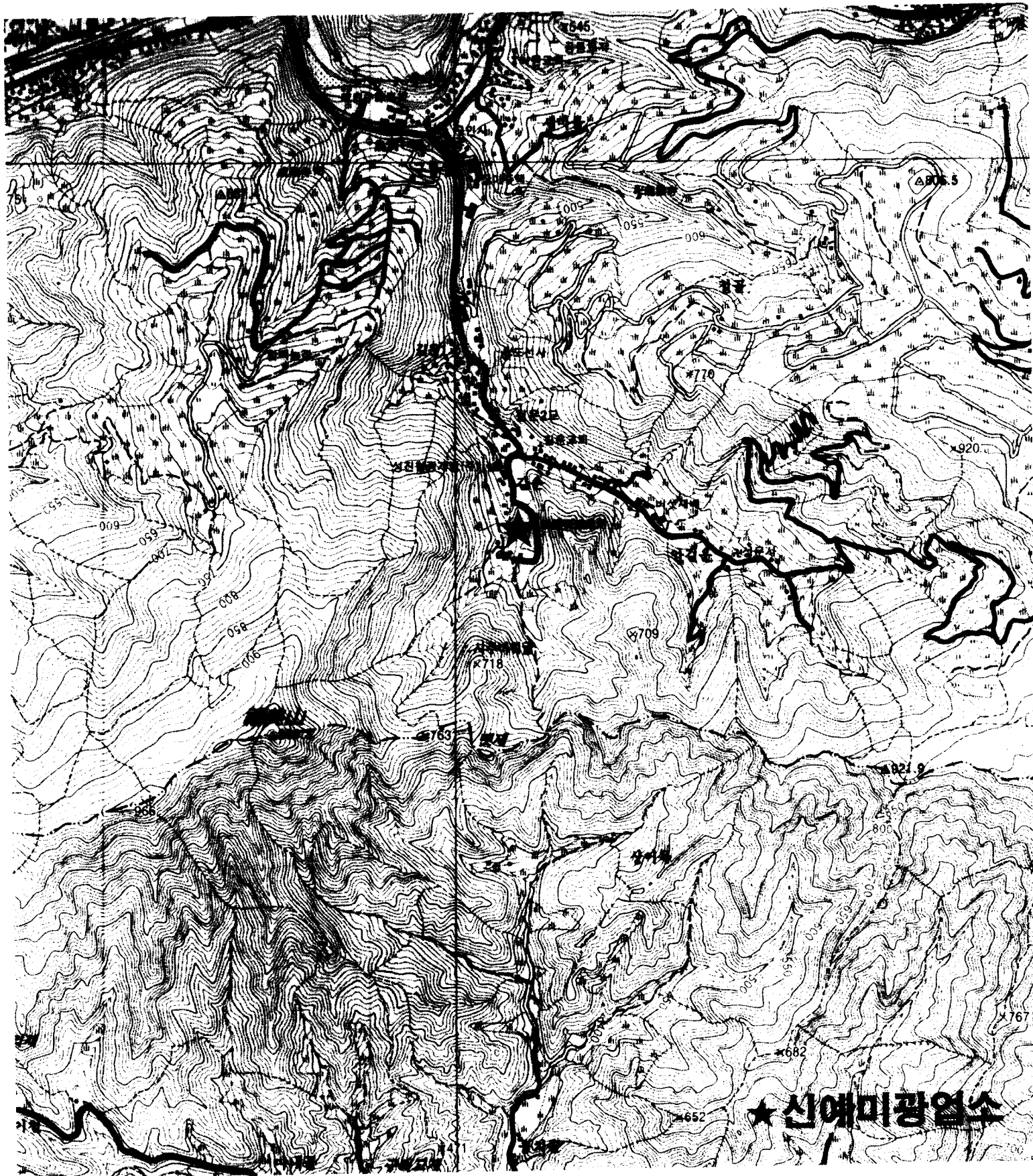
1939년 5월 최초 광업권 설정등록이후 1941년부터 1945년 8월까지 월 5,000톤의 원광석을 채광하여 일 200톤 처리 선광시설을 갖추어 아연을 주로 생산하였고, 해방 후에는 휴광중에 있다가 '67년 대성산업(주)가 인수하여 연, 아연을 대상으로 가동을 시작한 이후 한차례의 이전을 거쳐 현광업권자인 성진광업(주)가 82년 인수한 이후 철광석을 위주로 가행중이며, '99년도에는 철광 274,000톤을 생산한바 있는 국내유수의 철광산이다.

③ 광산의 지질

본 역의 지질은 조사지역 남측부에 고생대 조선누층군 대석회암층군의 상부층인 막동석회암층과 이를 부정합으로 피복하는 평안누층군의 하부층인 흥점통의 지층 및 이를 후기에 관입한 시대미상의 석영반암/석영규장암으로 구성된다. 막동석회암층 상부에는 흑색 내지 암흑회색을 띠는 직운산 셰일층이 협재되어 있다.

예미 지구 및 주변부에 발달하는 구조선이 대부분은 단층대로써 지형적으로는 계곡부를 형성하고 있다. 이러한 구조선들은 지표상에서 쉽게 인지되지는 않으나 층리발달이 양호한 석회암류가 구조선 주변부에서 교란되거나, 파쇄작용을 수반하는 양상으로 추정될 수 있다. 그러나, 갯도내에서는 구조선을 중심으로 열수의 유입에 따른 교대작용을 수반하여 스카른 광물이 배태되거나 철 광체가 배태되는 양상을 보이고 있어 본 역에 발달하는 구조선군은 광상 형성과 밀접한 관계를 보이는 것으로 판단된다.

신예미광상은 백운암-석회암과 석영반암(또는 반화강암)의 접촉부를 따라 발달하는 접촉교대(스카른)형~열수교대형 광상으로 변화양상을 보이며, 국부적으로 압쇄대 및 단층열극대를 따라 열극충진형 광상이 중첩되어 있다. 신예미화강암체는 동부광체를 중심으로 타원체와 불규칙적 암체 또는 암맥 상으로 분포하고 있는 반면에 서부광체는 주로 소규모 암맥군으로 산출되고 있으며, 천부 마그마활동의 전형적인 특징을 시사하고 있다.



5) 신예미광상 (이건주 등, 2007, 한국의 광상, p. 79-83)

이 광상은 태백산 광화대의 서부 정선군 신동면 조동리에 위치한 스카른형의 자철광상으로, 스카른형의 연-아연광상과 함께 복합광화작용을 이루고 있다. 이 광상은 1941년에 연-아연광상으로 개발이 시작되었으나, 1982년에 연-아연광상 동부의 심부탐사에서 철광체가 발견되어 최근까지 개발되고 있다. 이 광상은 1989년에 월평균 8,000톤(Fe; 40%)을 생산한 바 있다.

광상 주변의 지질은 이 지역에 가장 넓게 분포하며 주향 N20~30°E, 경사 20~25°NW인 대석회암통의 최상부층에 위치한 조선누층군의 막골석회암층과 부정합으로 피복하는 평안누층군의 홍점층, 그리고 이들을 관입한 백악기 후기의 신예미화강섬록암과 유문암, 규장암, 석영반암, 화강반암 등의 맥암으로 이루어져 있다(그림 2.5). 막골석회암층은 하부로부터 하부석회암, 돌로마이트, 상부석회암으로 나누어진다. 하부 석회암은 회색의 괴상 석회암과 돌로마이트질 석회암 및 회백색의 돌로마이트로 구성되고, 중부의 돌로마이트는 암회색의 돌로마이트질 세일과 결정질 석회암으로 구성되어 있다. 상부 석회암은 판상의 백색 석회암과 이질 석회암으로 구성되어 있다. 신예미화강섬록암은 동부 황화광상 근처에서 작은 암주상으로 나타난다. 반암류들은 약 100~300m 두께와 연장 400~1,000m의 큰 암맥을 형성한다. 막골석회암과 홍점층은 관입 암체에 의해 접촉변성작용을 받았고, 막골석회암층 내의 돌로마이트질 대리암은 감람석(forsterite), 금운모 및 소량의 스피노와 같은 변성스카른 광물을 수반한다(Yang *et al.*, 1993).

이 광상은 자철광체와 동부 및 서부의 황화물광체로 구성되며, 이들은 막골석회암과 신예미화강섬록암 또는 반암이 접하는 곳에 생성된다(그림 2.6). 이 광상에는 내성스카른과 외성스카른이 모두 존재하며, 외성스카른은 Mg-스카른, Ca-스카른 및 중성-스카른으로 세분된다 (Mariko and Yang, 1988).

자철광체는 NNW 방향의 단층에 의해 상부광체와 하부광체로 크게 구분된다. 상부광체는 파이프상, 맥상, 괴상으로 산출되며, 이 중에서 가장 큰 B광체에서는 직경 60~70m, 연장 120m의 N-NE계의 파이프상을 형성한다. 상부광체는 Mg-스카른이며, B광체 상부의 중성-스카른을 제외하고, 자철석 계열의 광물, 스피노, 포스테라이트, 클리노휴마이트-콘드로다이트, 금운모, 녹니석과 사문석으로 구성된다. 하부 자철광체는 상부광체에서 북쪽으로 500m 떨어져 있으며, Mg-스카른과 중성-스카른으로 나뉜다. Mg-스카른은 하부돌로마이트(D2)의 치환에 의해 형성되었으며, 광물조성은 상부광체와 유사하다. 중성-스카른은 하부석회암의 돌로마이트질 석회암과 석영반암 사이에서 형성되었으며, 자철석, 단사회석과 석류석으로 구성된다(Yang *et al.*, 1993).

서부 황화광체는 상부자철광체의 서쪽 끝부분에 위치하며, 석류석, 베수비아나이트, 단사회석, 규회석, 투각섬석, 녹염석, 섬아연석, 황동석, 휘수연석,

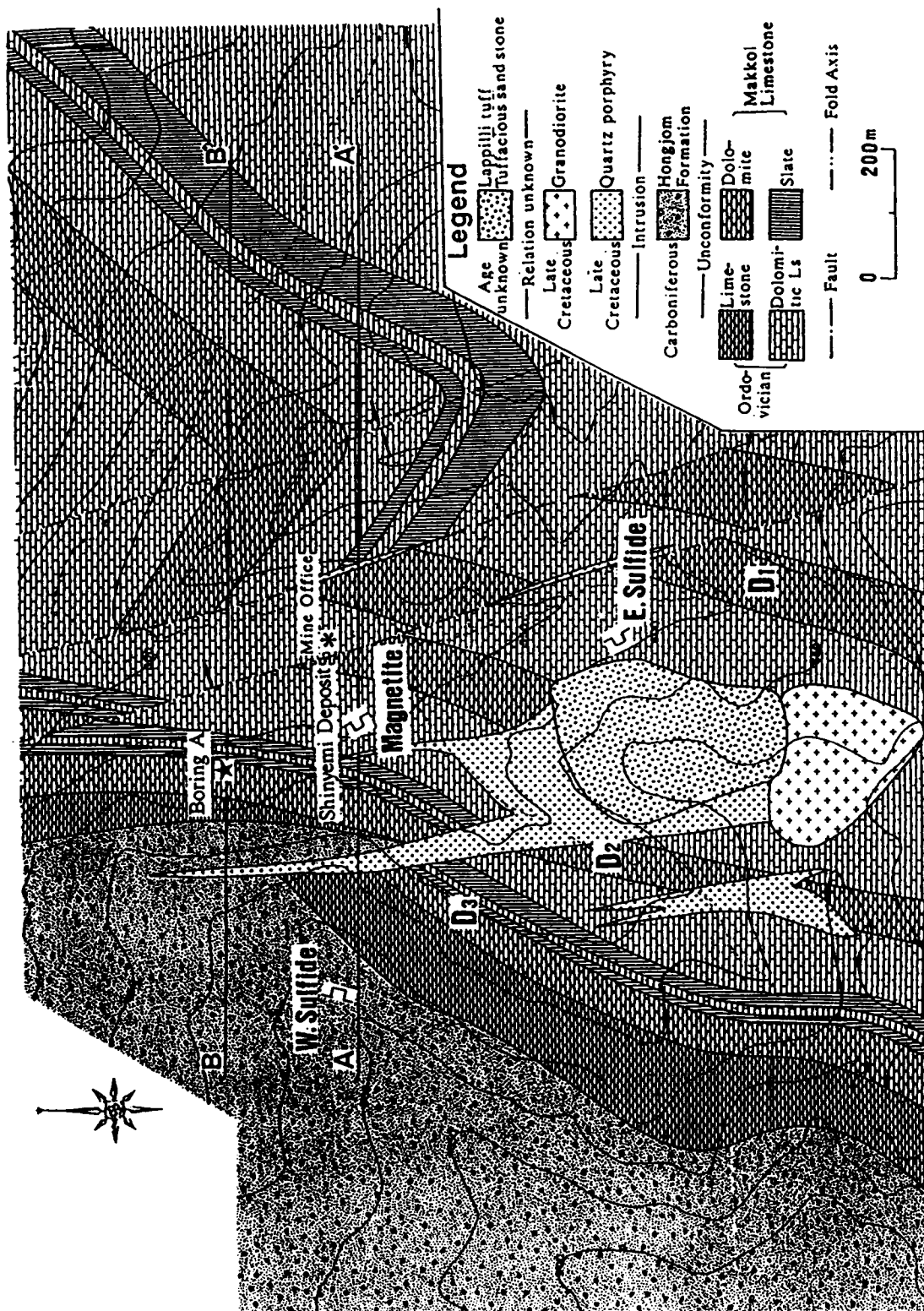


그림 2.5. 신예미광상 지질도(Yang et al., 1990)

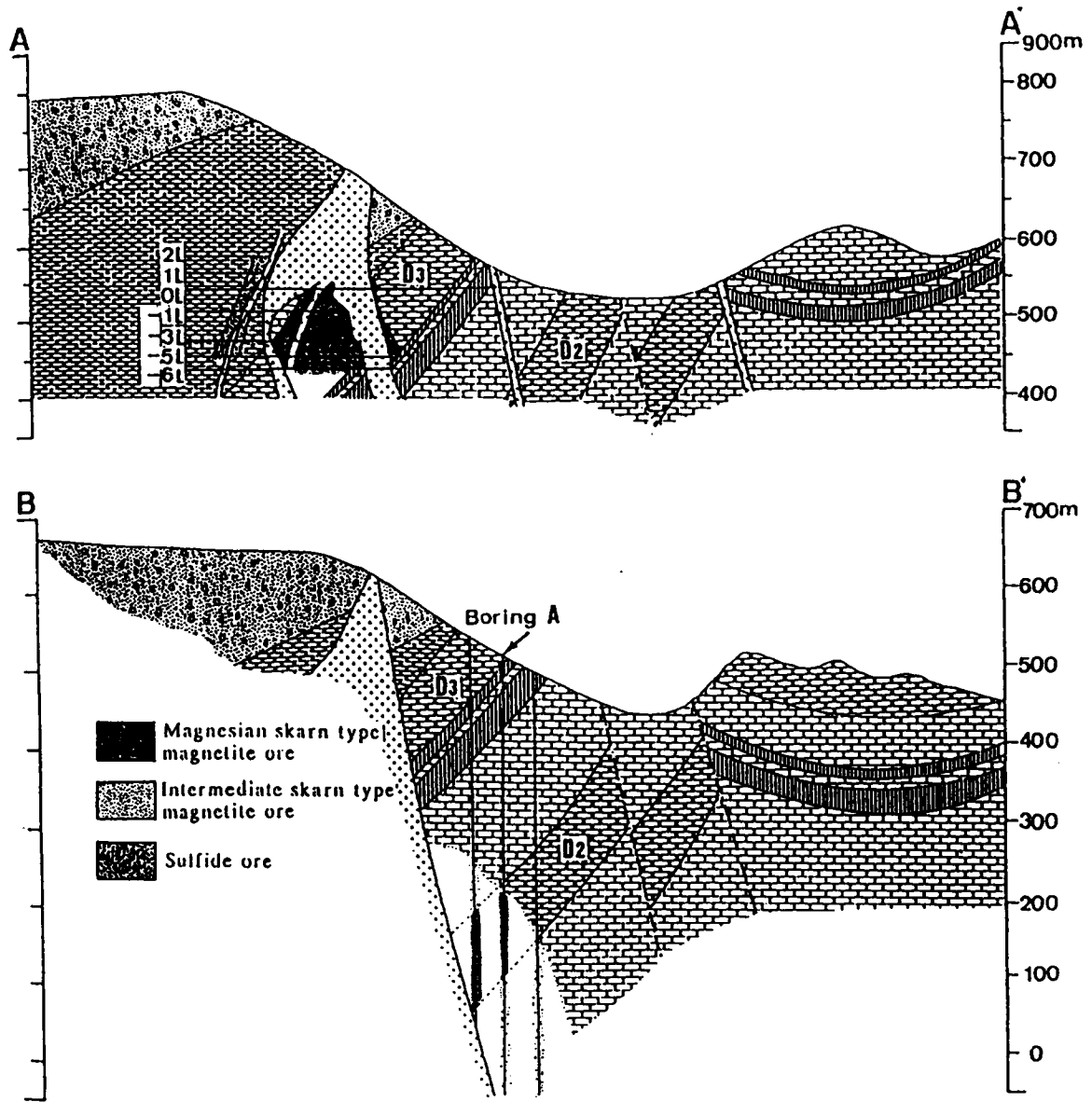


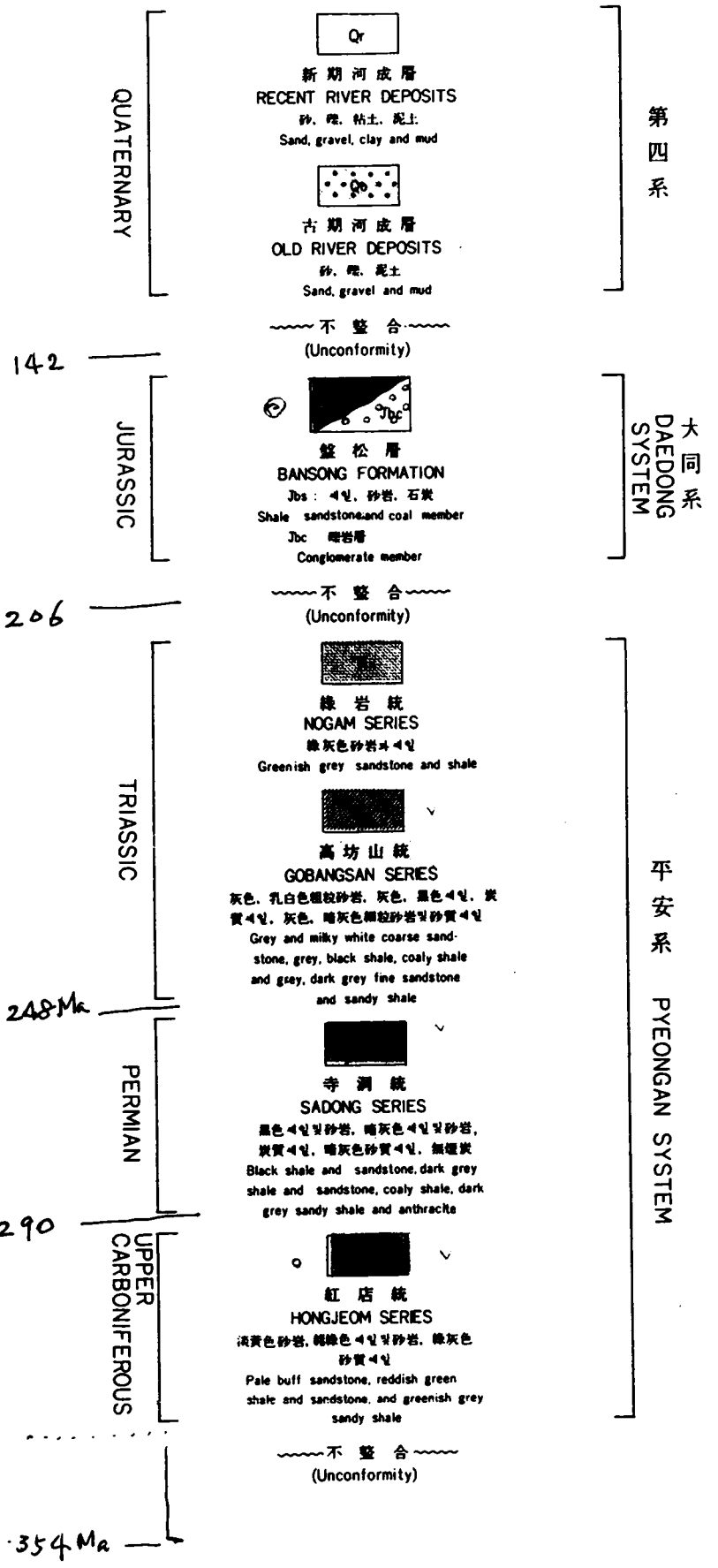
그림 2.6. 신에미광상 지질단면도(Yang *et al.*, 1990)

유비철석, 황철석 및 자류철석으로 구성되는 Ca-스카른의 광화작용이 일어났다. 동부 황화광체는 자철광체에서 남동쪽으로 대략 600m 떨어져 있고, 신에미화강섬록암과 하부석회암의 돌로마이트질 석회암 사이의 접촉부에서 형성되었다. 형태는 열극을 따라 발생한 맥상 또는 파이프상이며, 주 구성광물은 석류석, 녹염석, 섬아연석이며 방연석, 황동석, 휘수연석을 수반한다(Kim and Kim, 1978; Kim *et al.*, 1981). 이 광상의 섬아연석, 자류철석, 황철석의 광물조합으로부터 섬아연석의 FeS mole%로부터 측정된 최대 압력은 $500 \pm 200\text{bar}$ 이다(Yang, 1991).

이 광상에서 산출되는 포스테라이트, 단사회석, 석류석, 돌로마이트, 방해석, 섬아연석 등의 광물들과 스카른 내 초기 2상(액상+기상)의 유체포유물 측정결과 신예미 Mg-Fe 스카른광상은 190~590℃(균일화온도), <23 equiv. wt.%(염농도)와 약간의 CO₂(<0.07)를 갖는 뜨거운 유체로 인해 생성되었다. 균일화온도에 대한 압력 보정(500bar)후의 온도는 240~620℃의 범위를 보인다. 이 중에 누진 스카른형 온도는 400~650℃의 범위로 추정되고, 동위원소지질온도계에 의한 온도범위(400~610℃)와 일치한다. 이 온도 범위는 다른 많은 광상에서 나타나는 스카른 광상형성 온도범위(400~650℃)와 잘 일치하지만, 염농도는 다른 많은 광상의 염농도 범위(10~50 equiv. wt.%)보다 다소 낮은 값을 나타낸다.

Mg-스카른에서 초기(440~540℃, 14~20wt.%)와 후기(340~400℃, 6~12wt.%)자철광화작용은 Ca-스카른 내 초기(450~530℃, 12~14 equiv. wt.%)와 후기(340~400℃, 6~15 equiv. wt.%) 황화물의 광화작용과 동시에 발생한 것으로 보인다. 시간에 따른 염농도와 온도강하의 일반적인 경향은 연속적인 유체와 암석의 반응에 의한 결과라고 판단되어진다(Yang *et al.*, 1993). 이 광상 중 자철광상과 연관된 화강반암의 K-Ar 연령은 $77.2 \pm 1.7\text{Ma}$ 이고, 자철석과 공존하는 스카른대에서 산출되는 금운모는 $77.68 \pm 1.96\text{Ma}$ 이다(박희인 등, 1988b).

5 평창	6 정선	7 하림계
9 영월	10	11 호명
13 영춘	14 육동리	15 서벽리



AGE UNKNOWN

Ogl
 古城石灰岩層
 GOSEONG LIMESTONE
 淡灰色, 灰色, 白灰色石灰岩
 Light grey, grey whitish grey limestone

O
 古城세일層
 GOSEONG SHALE
 灰色, 黑色及褐灰色-暗灰色石灰岩
 Grey, black and brownish grey shale and dark grey limestone

O
 禮美角礫石灰岩層
 YEMI LIME-BRECCIA
 角礫石灰岩, 灰色及淡灰色石灰岩
 Lime-breccia, grey and light grey limestone

O
 永興層
 YEONGHEUNG FORMATION
 暗灰色黃褐色-暗灰色石灰岩
 Dark grey dolomitic limestone, interlayered with limestone.

不整合
 (Unconformity)

Oj
 旌善石灰岩層
 JEONGSEON LIMESTONE
 暗灰色, 淡灰色, 褐色及淡紅色石灰岩, 暗灰色-暗紅色, 白色珪岩
 Dark grey, light grey, brown and light pink limestone, dark grey shale and white quartzite

Omg
 莫洞石灰岩層
 MAGGOL LIMESTONE
 灰色, 暗灰色石灰岩, 黃褐色及
 Grey and dark grey limestone and dolomite

O
 斗窩洞層
 DUMUGOL FORMATION
 黃褐色, 灰色-暗灰色泥灰岩, 淡灰色及灰色石灰岩
 Yellowish brown, grey shale and marl, light grey and grey limestone

Od
 網店珪岩層
 DONGJEOM QUARTZITE
 淡褐色及淡灰色珪岩
 Light brown and light grey quartzite

443 Ma

ORDOVICIAN

495 Ma

大石灰岩統

GREAT LIMESTONE SERIES

朝鮮系

JOSEON SYSTEM

495 Ma

CAMBRIAN

545 Ma

CRETACEOUS? AGE UNKNOWN

6w
 花折層
 HWAJEOL FORMATION
 黑色-暗, 砂質-暗, 砂岩, 灰色-暗暗灰色石灰岩
 Black shale, sandy shale, sandstone and grey, dark grey limestone

O
 豐村石灰岩層
 PUNGCHON LIMESTONE
 灰色, 淡灰色, 暗灰色, 淡紅色石灰岩, 黃褐色
 Grey, light grey, dark grey, light pink limestone and dolomite

O
 龜峰層
 MYOBONG FORMATION
 暗灰色, 黑色, 灰色, 青灰色, 綠灰色, 暗綠色-暗
 Dark grey, black, grey, bluish grey, greenish grey and dark green shale

O
 壯山珪岩層
 JANGSAN QUARTZITE
 白色珪岩, 暗褐色
 White quartzite, conglomeratic in parts

火成岩類
IGNEOUS ROCKS

Bd
 基性脈岩
 BASIC DIKE

O
 梨木花崗岩
 IMOJ GRANITE

大石灰岩統

GREAT LIMESTONE SERIES

龜峰統

YANGDEOG SERIES

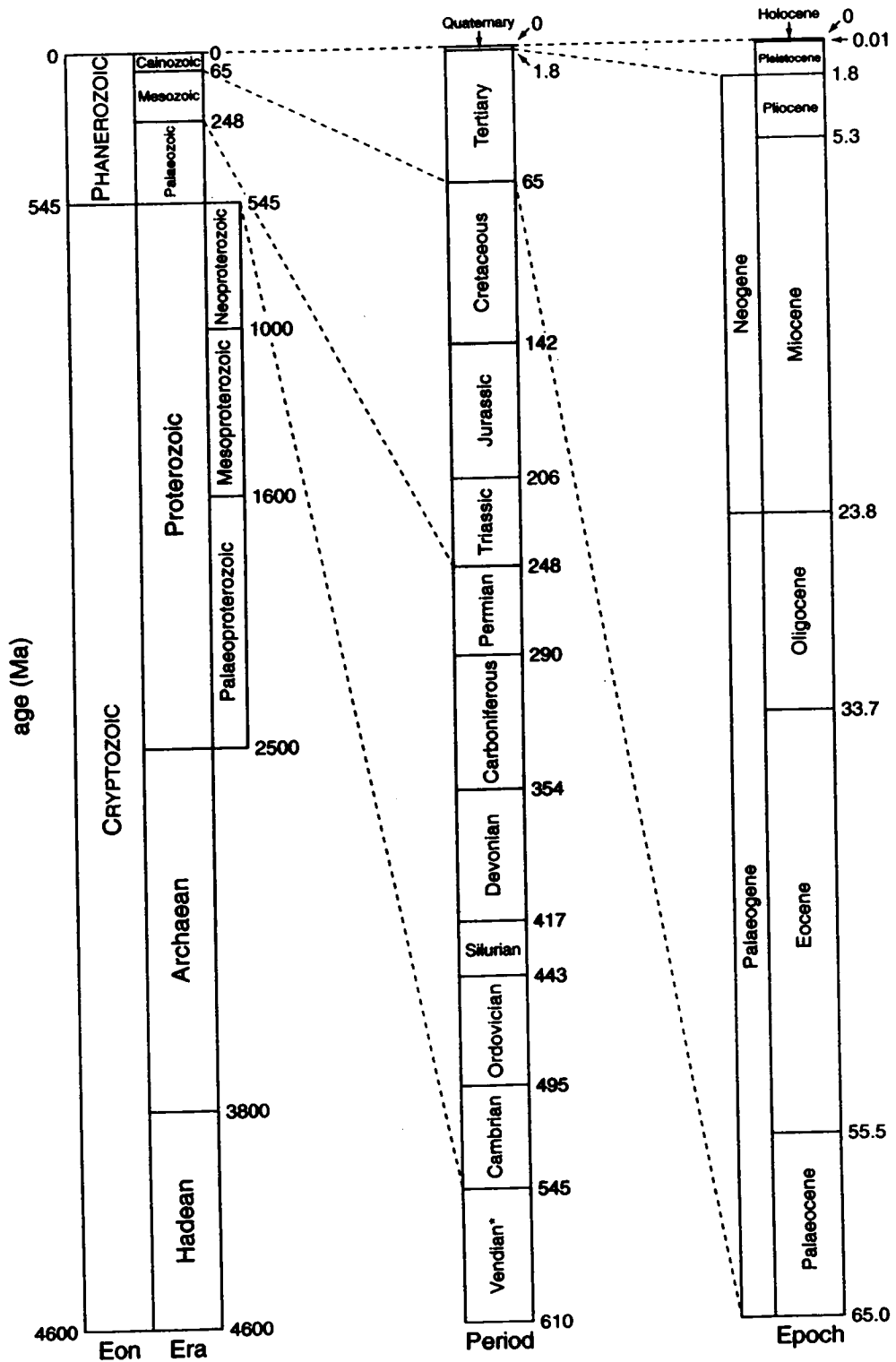
朝鮮系

JOSEON SYSTEM

Appendix 3

Geological time scale

Note: Epochs can be further subdivided, e.g. into Ages.



* The International Commission on Stratigraphy has defined the Neoproterozoic periods as: Tonian (1000–850 Ma); Cryogenian (850–600 Ma); Ediacaran (600–540 Ma). The Cryogenian incorporates the 'Snowball Earth' glaciations and the Ediacaran replaces the Vendian (the latter term is adopted in this book because of its common usage in the literature).

Site 2) 일동광산

① 위치와 지형

본 조사 구역은 행정구역상 강원 정선군 남면 무릉리에 속하며 지리좌표 상으로는 동경 128° 46' 10.4" ~ 128° 48' 10.4", 북위 37° 16' 00" ~ 37° 18' 00" 사이에 위치한다.

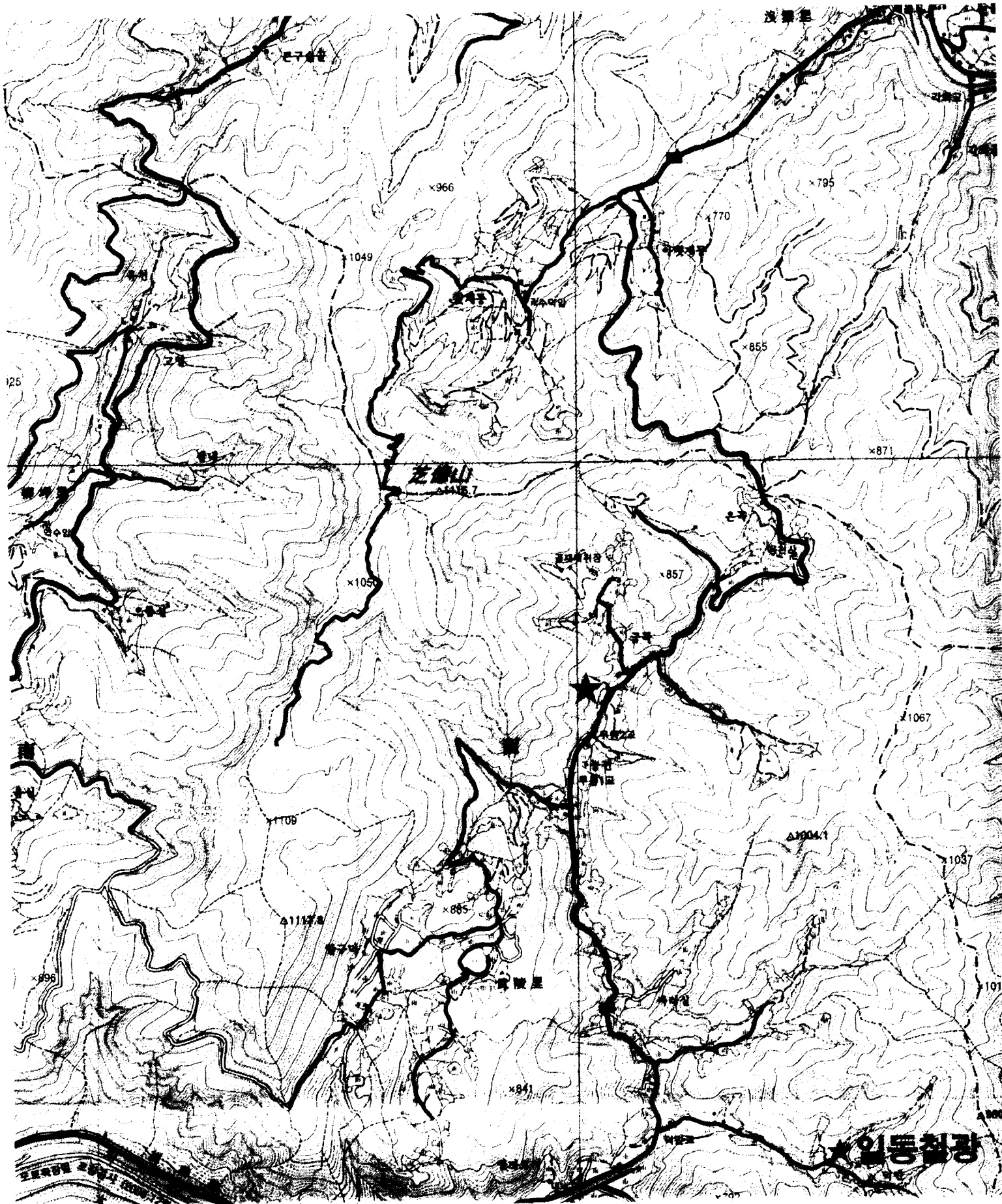
② 광산의 역사와 현황

일동광산은 호명지적 123호외 5개 단위형 광구에 걸쳐 있는 2개의 자유형 광구로 구성되며 1952년 처음 광업권이 설정 등록된 이후 십여 차례의 이전 등록을 거쳐 현재에 이르렀다. 1960년대 최초 개발 시에는 자철광 및 망간을 생산 시멘트 부원료로 공급하다 중단되었으며 1994년도에는 신 갱을 개설하여 20,000톤 가량의 철광석을 생산한 바 있다. 그 후 1998년도에는 철광체와 더불어 연 아연광체 개발을 실시한 바 있으나 선광상의 문제로 중단한 상태이다.

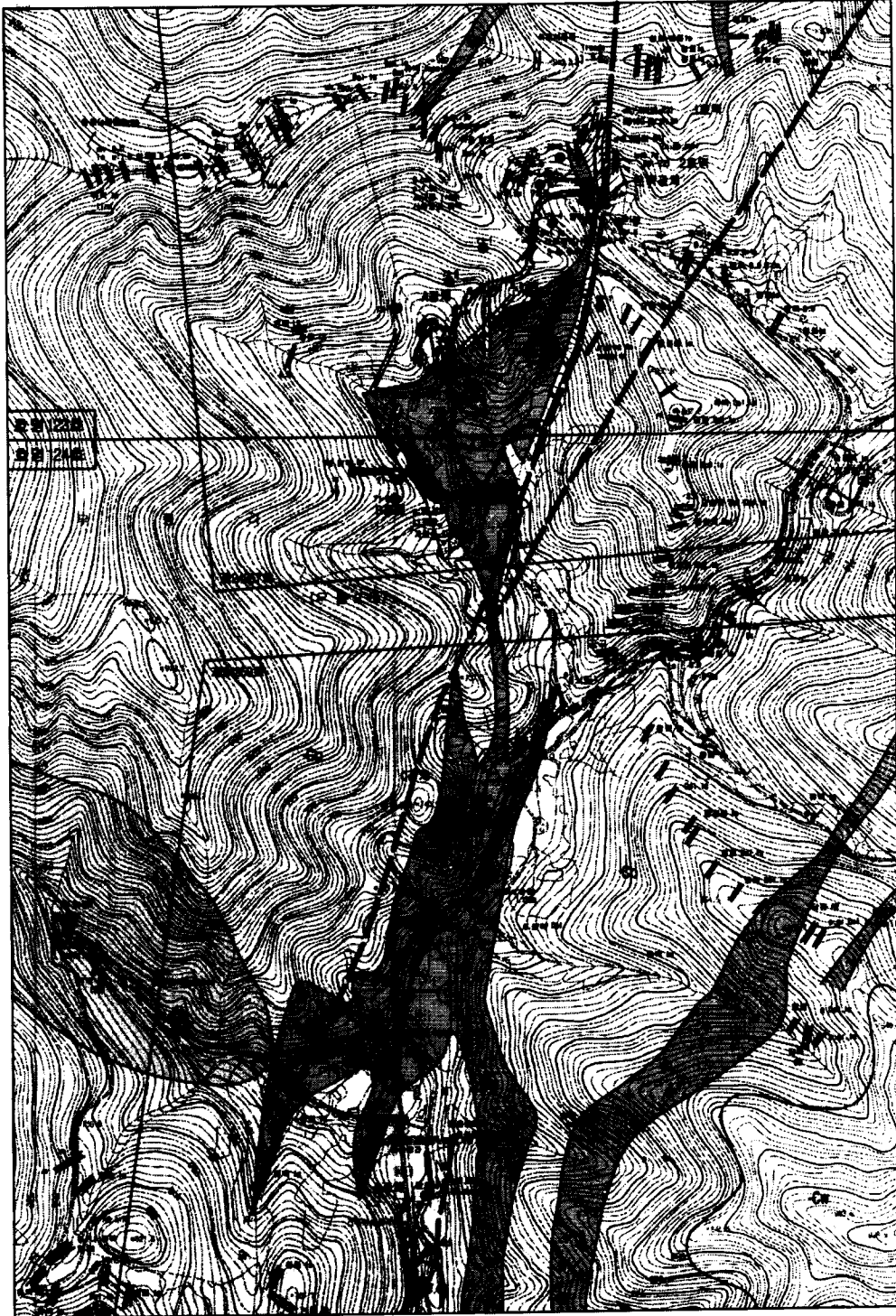
③ 광산의 지질

본 광산 주변의 지질은 캄브로-오오도비스기의 묘봉슬레이트층, 풍촌석회암층 및 화절층의 퇴적암류와 이들을 후기에 관입한 백악기의 섬록암 및 석영반암과 암맥류로 구성되어 있다.

또한 본 광산의 광상은 섬록암 및 석영반암과의 관입접촉부에서 형성된 접촉교대 광상, 섬록암의 열수변질에 의한 열수교대광상, 단층파쇄대를 따라 충전된 열극 충전광상, 그리고 지표산화대의 2차부화에 의한 표성산화광상으로 구분된다. 이들 광상에서 생성되는 광체들은 철광체, 망간광체, 연·아연광체 및 휘수연광체가 있으며 이들 광체를 개발하기 위해 2개소에 갱도를 개설하고 노천채굴을 위한 노천채굴적 및 트렌치적 등 7개소가 있다.



정선지구(호명123, 124호-일동광산) 지질도



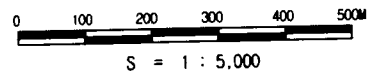
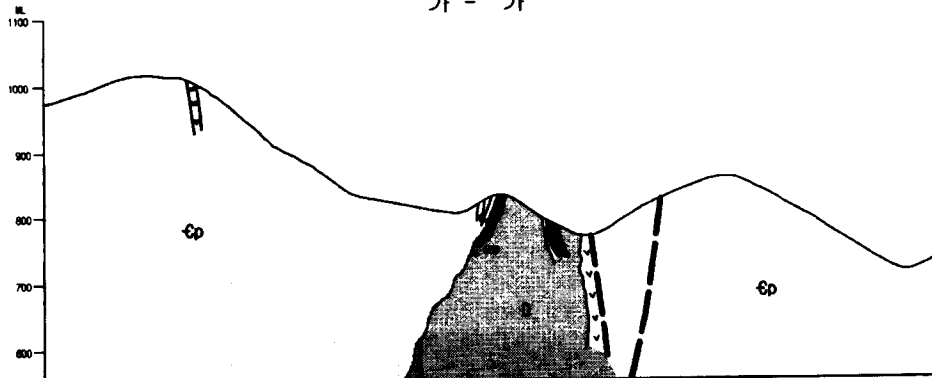
법 려

- | | |
|--|------------|
| | 광 (호스카본) 계 |
| | 안 역 |
| | 포 영 안 안 |
| | 산 북 안 |
| | 항 역 항 |
| | 정선포항안항 |
| | 모 북 항 |
| | 총리의 주향 경시 |
| | 단 중 |
| | 시 추 경 |
| | 경 너 |
| | 단 단 전 |
| | 시 료 면 현 |
| | 채 굴 전 |
| | 광 구 경 구 |

<정선지구(일동광산) 조사구역도>



가 - 가'



Site 3) 동원탄좌 광산배수처리시설

산성광산배수(AMD, Acid mine drainage)는 채광과정 중에 암석에 포함된 황철석이 물과 공기에 노출되면서 발생하는 것으로 낮은 pH와 철, 알루미늄 등의 중금속이 많이 포함된 것이 특징이다. 산성광산배수를 농업수로 사용할 경우 벼 뿌리가 고사하는 직접적인 피해와 토양의 영양분을 용해시켜 영양분 결핍을 초래하는 간접피해, 그리고 토양 내의 알루미늄과 중금속을 용해시키는 2차 피해까지 발생한다. 산성광산배수가 하천에 유입되면 녹아있던 철성분이 침전되면서 하천을 탁하게 하는데 심하면 햇빛까지 차단하여 수생식물의 생장에 악영향을 미치는 등 산성광산배수로 인한 피해는 상당히 광범위하게 발생한다.

이러한 광산배수의 정화는 일반적으로 산성수를 중화시켜 금속성분들을 침전·제거하는 방식을 취한다. 방법은 여러 가지가 있을 수 있겠으나 크게 분류하자면 중화제, 응집제와 같은 화공약품을 사용하여 강제적으로 처리하는 응집·침전방법(active treatment)과, 석회석을 중화제로 사용하고 소택지(沼澤地)의 생태학적인 방식을 이용하는 자연정화방법(passive treatment)으로 대별할 수 있다.

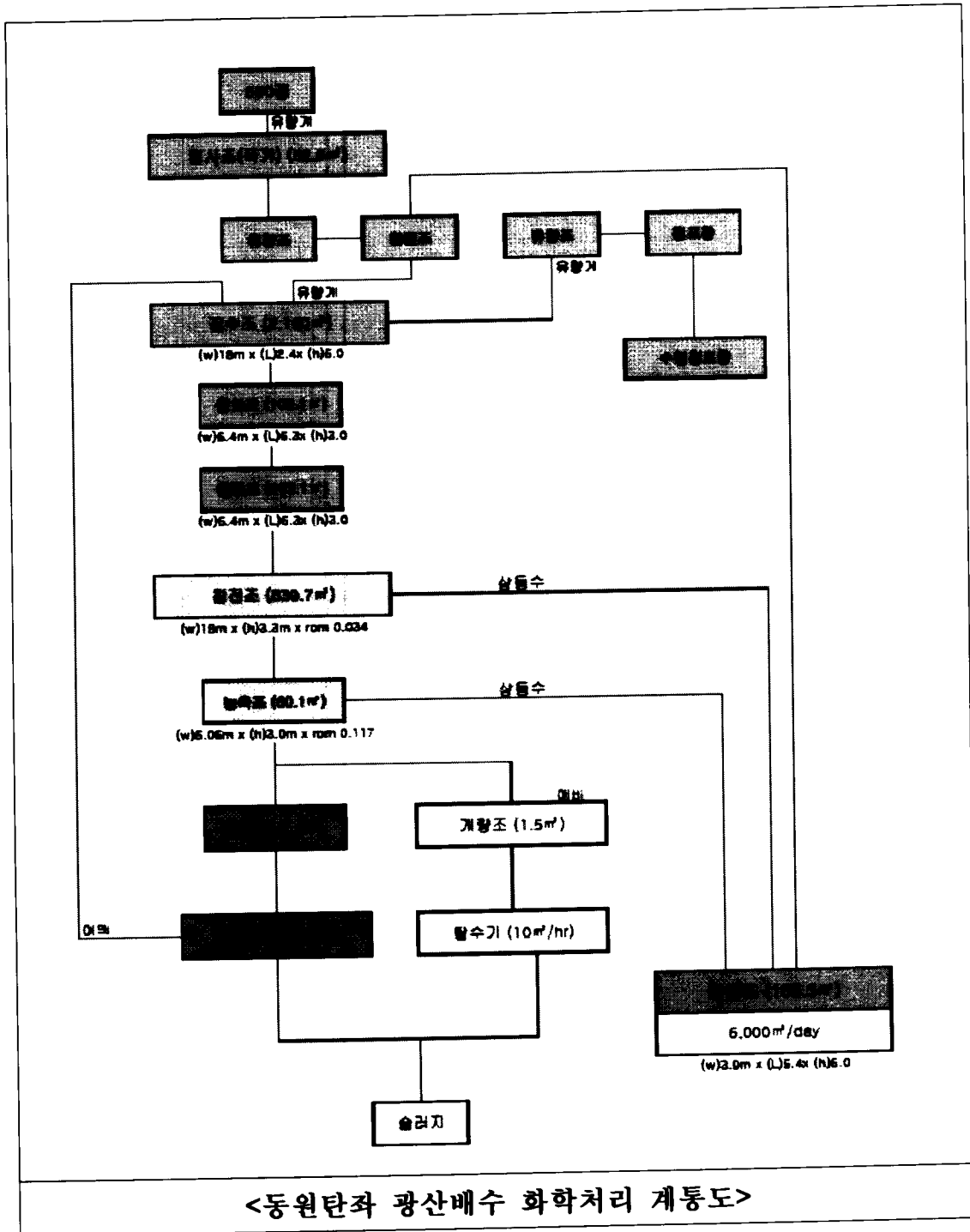
먼저 응집·침전법은 도금, 철강 공장 등 중금속 폐수가 발생하는 산업현장 대부분에서 사용하고 있는 방법으로, 대용량을 처리할 수 있으며 정화효율이 높아 고도처리가 가능하다는 장점이 있다. 중화제나 응집제는 값이 싸면서도 효과가 좋은 다양한 제품들이 개발되어 있어 적용성이나 응용성이 넓지만 설비장치가 크고 유지보수가 필요하며 약품비, 전력료 등 운영비와 관리비가 많이 소요된다는 단점이 있다.

최근에는 공정을 집약시켜 정화단계를 줄임으로써 장치 설비를 간결하게 한 고농도슬러지반송법(HDS, High density sludge)이나 공정개선을 통해 설비장치를 함축시킨 초고속응집·침전법(URC, Ultra Rapid Coagulation) 등과 같은 고효율의 운영비 절감을 위한 개선설비들이 많이 나와 있다. 그러나 작은 오염원들이 산재된 우리 현실에서 현장에 적용하기 위해서는 다양한 요소들을 고려해야 하는 방법이라고 생각된다.

이에 반하여 자연정화법은 주변 생태계에서 자연발생적으로 일어나는 현상을 이용하여 정화하는 방법으로, 1980년대 말 미국 동부지역을 중심으로 개발되어 많은 지역에서 적용하고 있는 방법이다. 이는 산성광산 배수를 공기를 차단한 석회석에 접촉시켜 중화시킨 후에 인공적으로 조성한 소택지(인공 호수와 늪지로 구성)에 유입시킴으로써, 소택지 내의 수생식물의 동화작용을 통한 산화, 흡수, 흡착 등의 작용을 거쳐 정화시키는 방법이다.

그러나 이 방법은 석회석 표면에 발생하는 철 피막현상으로 인해 석회석의 수명이 짧아지거나, 소택지에서 금속성분을 고정시키는 과정이 황산염환원박테리아(SRB)의 성장과정 자체를 이용하기 때문에 생물학적인 긴 반응시간으로 인해 넓은 소택지가 필요하다는 문제점이 있다. 또한 생물학적 반응이기 때문에 계절변화에 따른 정화효율변화나 유입량변화에 적절하게 대응할 수 없고 대용량 처리에 적합하지 못한 한계도 있다. 이런 이유로 자연정화법은 단독으로 적용되기도 하지만 처리용량이나 광산배수의 성질에 따라 응집·침전법과 혼합하여 적용되기도 한다. 국토의 대부분이 산악지형이며 사계절이 뚜렷한 우리나라에선 자연정화가 약점이 많은 방법이지만, 운영·관리가 용이하고 환경친화적인 방법이란 점에서 선진국에서처럼 많은 관심을 갖고 더욱 발전시켜 나아가야 하는 방법이라고 생각한다.

응집·침전방법(active treatment)과 자연정화방법(passive treatment)은 어느 방법이 절대적으로 우월하다고 말할 수는 없다. 대용량처리와 정화효율면에서는 응집·침전방법이 앞서는 반면 10년~50년 이상 소요되는 사후운영비를 고려한다면 자연정화방법이 더욱 경제적일 수 있는 것이다. 결국 최적의 산성광산배수 정화를 위해서는 지역별·사례별로 심도있는 현황분석을 통하여 합리적이고 체계적인 방식선정이 이루어져야 할 것이며, 이와 더불어 각 공정을 개선하고 자동화를 추구하여 최소한의 경비만으로도 운영 가능한 기술선진화 노력이 필요한 시점이라고 판단된다.



■ 참고

서지은 외 5명, 2007, 태백지역 신예미 서부광체 하부의 스카른화작용 및 철-몰리브덴 광화작용 : 한국 광물학회지 제 20권 1호

대한광업진흥공사, 2003, 일동광산 정밀조사보고서 : 대한광업진흥공사

대한광업진흥공사, 2000, 신예미지구 정밀조사보고서 : 대한광업진흥공사

Evans, A. M., 1997, An introduction to economic geology and its environmental impact : Blackwell Science, 364p.

조동진, 1989, 신예미 스카른 광상의 암석학적 지구화학적 특징, 서울대학교 공학석사학위논문

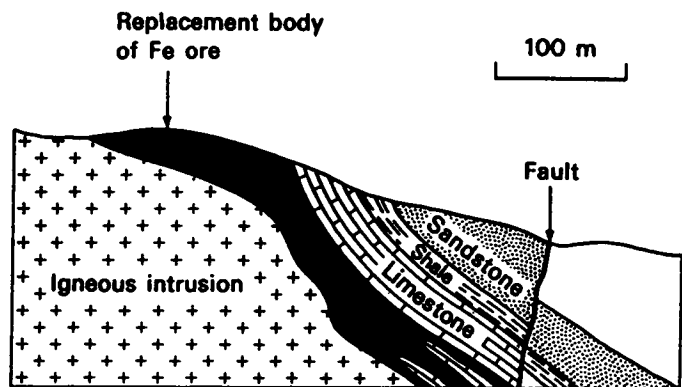
이현구·문희수·오민수, 2007, 한국의 광상 : 아카넷, 762p.

Replacement

The precipitation of new minerals at the expense of pre-existing ones is termed replacement. Replacement has been an important process in the formation of many of ore deposits, particularly the skarn class. This process involves not only the minerals of the country rocks, but also the ore and gangue minerals. Nearly all ores, including those developed in open spaces, show some evidence of the occurrence of replacement processes.

Irregular replacement deposits. Many ore deposits have been formed by the replacement of pre-existing rocks at low to medium temperatures (<400°C), e.g. magnesite deposits in carbonate-rich sediments and pyrophyllite orebodies in altered pyroclastics. Other replacement processes occurred at high temperatures, at contacts with medium-sized to large igneous intrusions forming skarn deposits. The orebodies are characterized by the development of calc-silicate minerals such as diopside, wollastonite, andradite garnet and actinolite. These deposits are extremely

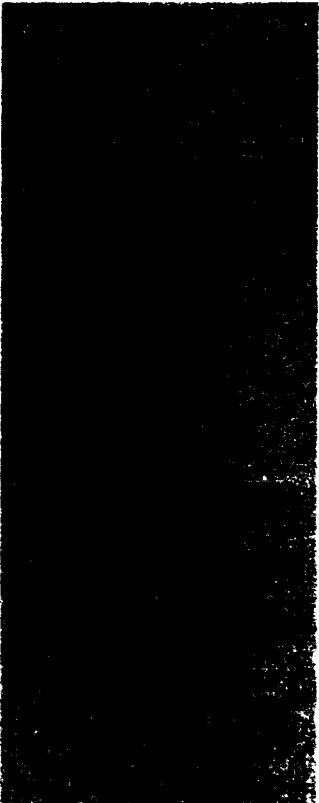
Fig. 4.5 Skarn deposit at Iron Springs, Utah.



irregular in shape (Fig. 4.5); tongues of ore may project along any available planar structure—bedding, joints, faults etc.—and the distribution within the contact aureole is often apparently capricious. Structural changes may cause abrupt termination of the orebodies. The principal materials produced from skarn deposits are: iron, copper, tungsten, graphite, zinc, lead, molybdenum, tin, uranium, garnet, talc and wollastonite.

14: The Skarn Environment

14.1 Introduction



Skarns were formed at elevated temperatures with the addition and subtraction of material (metasomatism). Their general morphology and nature have been summarized in Section 4.2.2(b). They are developed most often, but not invariably, at the contact of intrusive plutons and carbonate country rocks. The latter are converted to marbles, calc-silicate hornfelses and/or skarns by contact metamorphic effects. The majority of skarns are devoid of economic mineralization.

The calc-silicate minerals, such as diopside, andradite and wollastonite, which are often the principal minerals in these ore-bearing skarns, attest to the high temperatures involved, and various lines of evidence suggest a range of 650–400°C for initial skarn formation, but in some skarns, particularly Zn–Pb, lower temperatures appear to have obtained. Skarns are classified according to their dominant mineralogy: as magnesian if they contain an important component of Mg silicates such as forsterite, or as calcic when Ca silicates, e.g. andradite, diopside, are predominant. The majority of the world's economic skarn deposits occur in calcic skarns. Skarn deposits are usually described according to the dominant economic metal or mineral present, e.g. copper, iron, tungsten, zinc-lead, molybdenum, tin, talc etc. These deposits are generally smaller than many other deposit types, such as porphyry coppers, porphyry molybdenums and lead-zinc, sediment-hosted sulphide deposits, but they are very important sources of tungsten. In some countries, e.g. Kazakhstan, they are of considerable importance for their iron production. Some particularly rewarding copper skarn deposits, especially those with by-product Au and/or Ag, have been worked in various parts of the world and notably large deposits may occur associated with porphyry copper deposits, e.g. Twin Buttes, Arizona, 500Mt of 0.8% Cu. Zinc-lead skarn deposits occur throughout the world but are seldom of large tonnage. Skarn deposits of molybdenum and tin are of little importance compared with other deposits of these metals, apart from the San Antonio Mine, Santa Eulalia District, Mexico.

14.2 Some examples of skarn deposits

(a) *The Memé Mine, Northern Haiti—a copper skarn.* Frequently at the contacts of skarns and intrusions there is a completely gradational contact and this is the case at the Memé copper mine where a large block of Cretaceous limestone has been surrounded by monzogranite. Mineralization was preceded by extensive magmatic assimilation that formed zones of syenodiorite and granodiorite around the limestone. Following the crystallization of the magma, the limestone and neighbouring parts of the intrusion were replaced by skarn. Mineralization followed skarn formation and consisted of the introduction of hematite, magnetite, pyrite, molybdenite, chalcopyrite, bornite, chalcocite and digenite, in that paragenetic order. These occur as replacement zones. The main skarn and ore development is along the lower contact with the limestone block (Fig. 14.1). Skarn formation took place at between 480°C and 640°C and exsolution textures suggest that the minimum temperature of copper-iron sulphide deposition exceeded 350°C and the youngest ore minerals crystallized about 250°C. The grade is about 2.5% Cu.

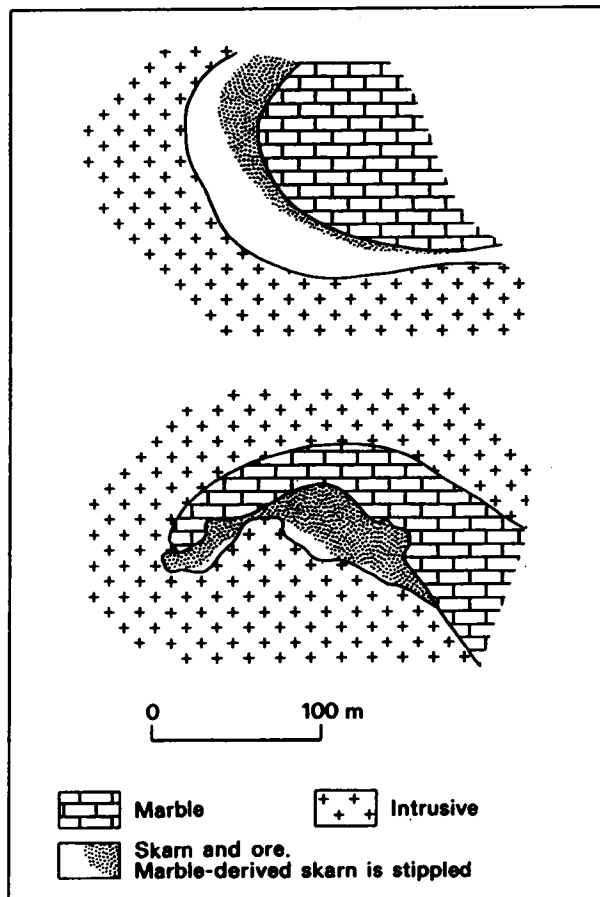


Fig. 14.1 Geological map of the 1500 ft (457.2 m) level (above) and an east-west section (below) of the Memé Mine, Haiti. Note the concentration of skarn and ore beneath the marble.

(b) *Iron skarn deposits.* Skarns have long been important sources of iron ore and the magnetite mine at Cornwall, Pennsylvania, supplied much of the iron used during the industrial revolution in the U.S.A. It is the oldest continuously operated mine in North America. Mining commenced in 1737 and by 1964, 93 Mt of ore had been produced with an average mill feed grade in 1964 of 39.4% Fe and 0.29% Cu, from which minor by-product cobalt, gold and silver were obtained. A pyrite concentrate was used to produce sulphuric acid, and up to 1953, when open pit operations ceased, limestone overburden was crushed and sold as aggregate — a good example of 'waste not, want not'! Cornwall was a calcic iron skarn and such skarns are associated with intrusives ranging from gabbro through diorite to syenite, whilst magnesian iron skarns are normally associated with granites or granodiorites. The largest known deposits in either class occur in the R.F. and Kazakhstan. With magnetite as the major ore mineral, these deposits are often marked by pronounced magnetic anomalies, and the detection of these by aeromagnetic surveys led to the discovery *inter alia* of Sarbai in Kazakhstan and of Marmoraton, Ontario. These deposits typically run 5–200 Mt with a grade of about 40% Fe.

Sarbai is the giant of skarn deposits with 725 Mt grading 46% Fe. It lies in the Turgai Iron Ore Province of Kazakhstan, i.e. the south-western part of the Siberian Platform to the east of the southern end of the Urals and about 500 km south-east of the famous and long-worked iron skarns of Magnitogorsk. The orebodies (Fig. 14.2) occur in a succession of metamorphosed pyroclastics, marbles and skarns developed from a Carboniferous volcanoclastic-sedimentary succession in the western limb of an anticline. At Sarbai, as elsewhere in the Turgai Province, there is a marked development of chlorine-bearing scapolite associated with the iron skarn orebodies, indicating the presence of important amounts of brine solution during the metasomatism. The orebody dimensions are impressive: the eastern ore has a strike length of 1.7 km and a thickness of up to 185 m; it has been traced down dip for more than 1 km and the western orebody for 1.8 km. There is a further possible reserve of 775 Mt!

(c) *Tungsten skarns.* Tungsten skarns, veins and stratiform deposits provide most of the world's annual production of tungsten, with skarns being predominant. In the market economy countries (M.E.C.) most skarn tungsten comes from a few relatively large deposits: King Island, Tasmania; Sangdong, Korea; Canada Tungsten (N.W.T) and MacMillan Pass (Yukon), Canada; and Pine Creek, California, U.S.A. To put 'relatively large' in perspective, it must be remarked that annual M.E.C. production of tungsten is only about 10 000 t, i.e. the equivalent of the production of just one modestly sized copper mine, which in turn is small compared with an iron mine! China is the world's main producer and in 1994 produced about

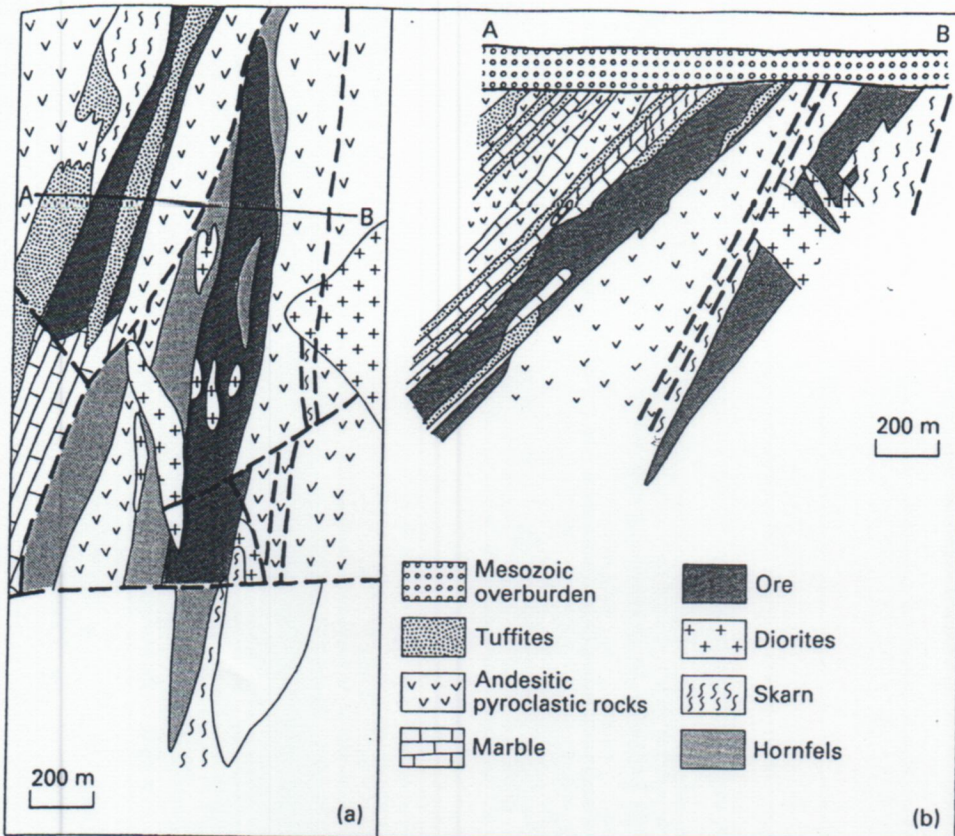


Fig. 14.2 Sarbai iron skarns, Kazakhstan: (a) plan of 80m level; (b) cross section.

32000t. The R.F. ranked next with 8300t. The other leading M.E.C. countries in 1994 were Bolivia with 540t, Peru with 330t, and Portugal with 350t.

A good example of a tungsten skarn is the **King Island Scheelite Mine**. King Island, which lies between Australia and Tasmania at the western approach to Bass Strait, contains a number of important tungsten deposits. These are **scheelite-bearing skarns** developed in Upper Proterozoic to Lower Cambrian sediments that have been intruded by a granodiorite and a monzogranite of Devonian age. Mined ore and reserves at 1980 were put at 14Mt averaging 0.8% WO_3 . Scheelite-bearing andradite skarns were formed by the **selective replacement of limestone beds** and as a result they form stratiform orebodies 5–40m thick. There is a great deal of mineralized skarn below ore grade. The orebodies lie either in the exocontact of the granodiorite or the monzogranite (Fig. 14.3). Irregular relicts of marble occur in the skarn demonstrating its metasomatic origin, and it has been shown that the replacement was a **volume-for-volume process with massive addition of silica, iron and aluminium and subtraction of calcium and CO_2** . Stable isotopic, paragenetic and petrological investigations indicate the following stages in the development of these orebodies. Intrusion of the granitoids into a sequence of interbedded impure carbon-

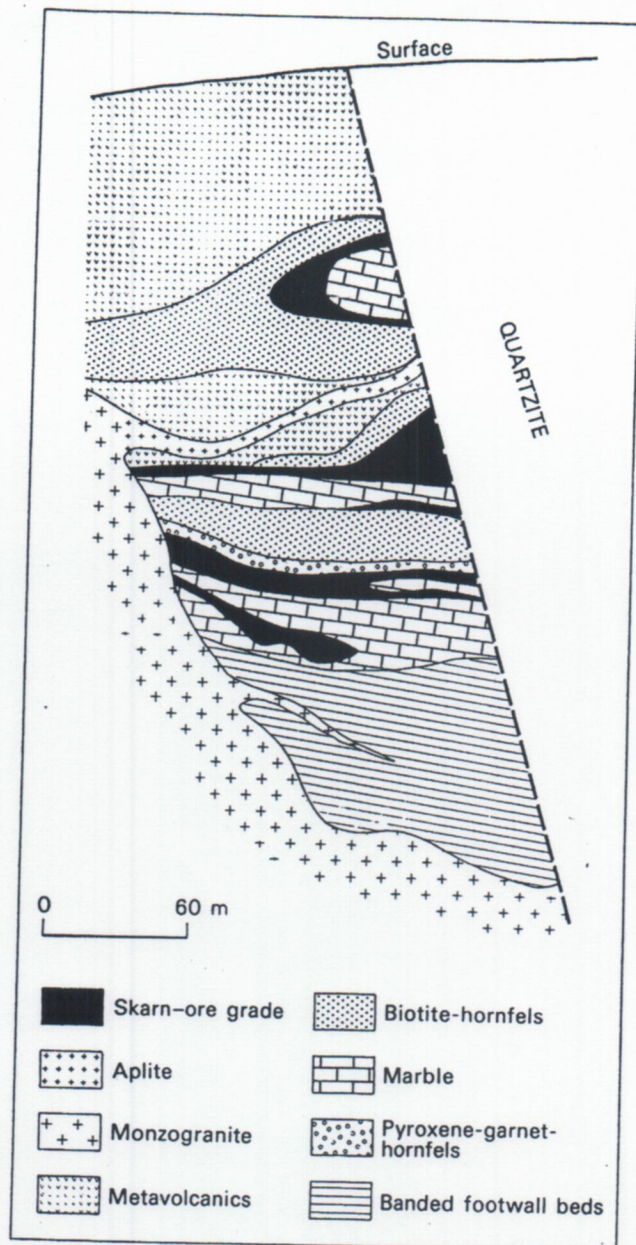


Fig. 14.3 Section looking north through the Bold Head orebodies, Tasmania.

ates, shales and volcanic rocks gave rise to contact metamorphism during which the shales became highly impermeable metapelites, but the interbedded dolomitic carbonates probably became more permeable when they were changed into marbles. Pre-existing faults and faults and fractures created by the intrusions channelled the flow of high temperature fluids (up to 800°C) into the permeable marbles creating massive calc-silicate replacement skarns and a chemical environment favouring the precipitation of scheelite.

(d) *Talc and graphite skarns.* Talc-bearing skarns and similarly altered carbonate and other metasedimentary rocks provide about 70% of world talc

production. A good and important example of these deposits occurs in France. The Trimouns Mine, an open pit operation, lies towards the eastern end of the French Pyrenees and at an altitude of 1800 m. Talc production is over 300 000 t p.a. and reserves of at least 20 Mt are present. The ores occur along the boundary between a basement of high grade metamorphic rocks and migmatites of the St Barthelemy Massif and an overthrust cover of lower grade metamorphic rocks of upper Ordovician to Devonian age (Fig. 14.4). The lower part of these hanging wall rocks contains discontinuous dolomitic lenses 5–80 m thick, overlying but also intercalated with mica schists in which small bodies of cross cutting leucogranites, aplites, pegmatites and quartz veins occur.

During the overthrusting intense shearing of the dolomites, schists and other rocks permitted extensive hydrothermal circulation which produced talc-rich ore (80–97% talc) in the dolomites and chlorite-rich ore (10–30% talc) in the silicate rocks. Many residual blocks of the primary rocks are present within the ore. The main orebody is 10–80 m thick and dips eastwards at 40–80°. Rock volumes appear to have remained roughly constant during the metasomatism. From a study of mineral assemblages and compositions it has been shown that the metasomatism took place at about 400°C under a pressure of about 0.1 GPa. Highly saline, CO₂-poor solutions with high Ca and Mg concentrations played an important role in this metasomatism but their source is still conjectural.

A minor amount of graphite production comes from skarns, e.g. the Norwegian Skaland Mine deep within the Arctic Circle just south of Tromsø, where lenses of skarn up to 200 m long and usually 5–6 m thick (maximum 24 m), carry 20–30% graphite and occur within mica schists surrounded by metagabbros and granites. Gangue minerals include diopside, hornblende, labradorite, sphene, garnet, scapolite and wollastonite.

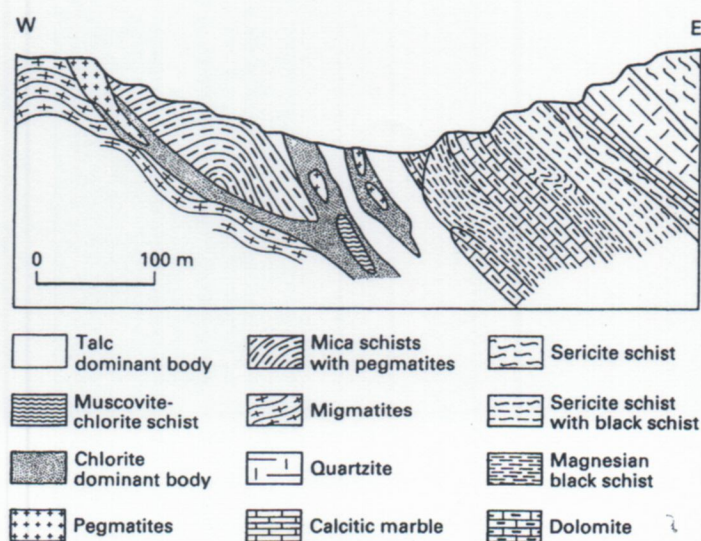


Fig. 14.4 Sketch section through the Trimouns Talc Mine, Pyrenees, France.

The deposits are thought to have resulted from the **concentration of pre-existing carbon** in the sediments and these could be calc-silicate hornfels or reaction skarns.

14.3 Genesis of skarn deposits

A common pattern in the evolution of proximal skarns (skarns near or at an igneous contact) has been recognized which takes the form of:

- 1 initial isochemical metamorphism;
- 2 multiple stages of metasomatism; and
- 3 retrograde alteration.

14.3.1 Stage 1

This involves the recrystallization of the country rocks around the causative intrusion, producing marble from limestone, hornfels from shales, quartzites from sandstones etc. Reaction skarns may form along lithological contacts. If the marbles are impure then various calcium and magnesian silicates may form and we have a calc-silicate hornfels that might contain **minerals of economic interest**, such as **talc and wollastonite**. The principal process involved in this isochemical metamorphism is diffusion of elements in what can be an essentially stationary fluid, apart from the driving out of some metamorphic water. The rocks as a whole may become more brittle and more susceptible to the infiltration of fluids in stage 2.

14.3.2 Stage 2

The infiltration of the contact rocks by hydrothermal-magmatic fluids leads to the conversion of pure and impure marbles, and other rock types, into skarns and the modification of calc-silicate hornfels of stage 1. This is a prograde metamorphic and metasomatic process operating at temperatures of about 800–400°C during which an ore fluid evolves, **initial ore deposition takes place** and the pluton begins to cool. The new minerals developed are dominantly anhydrous. Deposition of oxides (magnetite, cassiterite) and sulphides commences late in this stage **but generally peaks during stage 3**.

14.3.3 Stage 3

This is a retrograde (destructive) stage accompanying cooling of the associated pluton and involving the **hydrous alteration** of early skarn minerals and parts of the intrusion **by circulating meteoric water**. Calcium tends to

be leached and volatiles introduced with the development of minerals such as low-iron epidote, chlorite, actinolite, etc. Declining temperatures lead to the precipitation of sulphides.

The origin of all the introduced material in certain skarns, e.g. vast ton-nages of iron, has been much debated. The great majority of workers who have investigated these deposits consider that in most cases the pluton responsible for the contact metamorphism was also the source of the meta-somatizing solutions. Whilst it is conceivable that a granitic pluton might supply much silica, it might be thought unlikely that it could have sup-plied the amount of iron that is present in some deposits. However, it has been shown that it is probable that in natural magmatic systems, the con-centration of iron in chloride solutions coexisting with magnetite or biotite is very high. This high solubility may explain the large quantities of iron in some skarns associated with granitic intrusions. On the other hand, where the pluton concerned is basic, the supply of iron does not present such great problems.

14.4 Further reading

- Einaudi M.T., Meinert L.D. and Newberry R.J. (1981) Skarn Deposits. *Econ. Geol.*, 75th Anniversary Volume, 317-91. A very comprehensive account of skarn deposits.
- Kwak T.A.P. (1987) *W-Sn Skarn Deposits*. Elsevier, Amsterdam. Includes important refer-ences to the King Island deposits and much fluid inclusion work.
- For useful short summaries of skarn deposits see Sawkins F.J. (1990) *Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics*, Springer-Verlag, Berlin, and Edwards R. and Atkinson K. (1986) *Ore Deposit Geology*, Chapman & Hall, London.

Table 7-1 Types of Mineral Deposits Formed by Contact Metasomatism With the Chief Constituent Minerals and Examples

<i>Deposit</i>	<i>Chief Minerals</i>	<i>Examples of Deposit</i>
Iron	Magnetite and hematite	Cornwall, Pa.; Fierro, N. Mex.; Banat, Hungary; Gora, Urals; Elba, Italy; Iron Springs, Utah.
Copper	Chalcopyrite and bornite with pyrite, pyrrhotite, sphalerite, molybdenite, and iron oxides	Some deposits of Morenci and Bisbee, Ariz.; Bingham, Utah; and Ruth, Nev.; Cananea, Matehuala, Mexico; Susan, Korea
Zinc	Sphalerite with magnetite, sulfides of iron and lead	Hanover, N. Mex.; Long Lake, Ontario; Kamioka, Japan
Lead	Galena, magnetite, and sulphides of iron, copper, and zinc	Magdalena, N. Mex.; Inyo County, Calif.
Tin	Cassiterite, wolframite, magnetite, scheelite, pyrrhotite	Pitkäranta, Finland; Saxony; Dartmoor, England; Yak, Alaska
Tungsten	Scheelite and minor sulphides, or wolframite with molybdenite and minor sulfides	Mill City, Nev.; Inyo County, Bishop, Calif.; King Id; Australia; Tempiute, Nevada.
Molybdenum	Molybdenite, pyrite, garnet	Yetholm, Australia; Azegour, Morocco; Buckingham, Quebec
Graphite	Graphite and contact silicates	Adirondacks, N. Y.; Buckingham, Quebec; Sri Lanka; South Australia
Gold	Gold with arsenopyrite, magnetite, and sulfides of iron and copper	Cable, Mont.; Hedley, B. C.; Suan, Korea
Silver	Argentite, native, argentiferous galena	Bingham district-Lark and U.S. Mines
Manganese	Manganese and iron oxides and silicates	Långban, Sweden
Emery	Magnetite and corundum, with ilmenite and spinel	Virginia; Peekskill, N. Y.; Turkey; Greece
Garnet	Garnet and silicates	
Corundum	Corundum with magnetite, garnet, and other silicates	Peekskill, N.Y.; Chester, Mass.

Texture. Commonly, the ores are coarse in texture, containing large crystals or clusters of crystals. Few of the minerals, except garnet, show crystal outlines, and even garnet appears often in sugarlike masses of irregular outline. Columnar and radiating minerals may show crystal faces several centimeters in length; calcite is generally in coarse grains. Magnetite may occur in bunches composed of large grains of shapeless outline. The individual minerals appear to be closely interlocked; open space is rare. Crustification and banding are absent, but orbicular structures have been noted. The metallic minerals, except pyrite and arsenopyrite, generally lack crystal outlines.

In some cases, however, as in parts of the deposits of Hanover, New Mexico, and magnetite at Iron Springs, Utah, the minerals are extremely fine grained and the ore has a flinty appearance, resembling dense hornfels; the individual grains of the

intimately admixed gangue and metallic minerals cannot be distinguished by the naked eye.

Mineralogy. The outstanding feature of the mineralogy is the distinctive assemblage of gangue minerals characteristic of high-temperature formation. These include grossularite and andradite garnet, hedenbergite, hastingsite, tremolite, actinolite, wollastonite, epidote, zoisite, vesuvianite, ilvaite, diopside, forsterite, anorthite, albite, fluorite, chlorite, and micas. Quartz and carbonates are generally present. In addition, silicates containing the mineralizers, such as tourmaline, axinite, scapolite, ludwigite, chondrodite, and topaz, may be present.

The ore minerals consist of oxides, native metals, and sulfides, arsenides, and sulfo-salts. The oxides are represented by magnetite, ilmenite, hematite (specularite), corundum, and spinels. Magnetite is particularly abundant. Graphite, gold, and platinum

represent the native minerals, but the last two are rare. The sulfides consist chiefly of base-metal sulfides. Sulfo-arsenides and antimonides are rare, as are the tellurides. In addition, scheelite and wolframite occur.

Mineral deposit formed by contact metasomatism include the minerals listed in Table 7-1.

현 황

한덕철광(주)
신예미광업소

목 차

1. 연 혁
2. 기구표
3. 지질 및 광황
4. 굴 진
5. 채 광
6. 선 광
7. 연도별 생산실적
8. 주요설비 및 시설현황

1. 연혁

1910. 10. 일본인에 의하여 광업권 설정 등록, 연, 아연, 몰리브덴 개발

1982. 12. 아연, 몰리브덴 생산 중단 (가격 폭락)

1983. 03. 성진철광(주) (대표 허병린) 광업권 이전등록 철광석 개발 생산

1990. 87년 이후 광업진흥공사의 시추 지원 탐사로 대규모 철광석 (4,000 만톤 이상) 확보

1991. 04. Ramp Way에 의한 갱내 <기계화> 착수

2000. 11. 성진철광(주) 사정에 의해 휴광

2001. 06. 성진철광(주)으로부터 한덕철광(주) (대표 성낙진) 조광 계약

2001. 11. 한덕철광(주) 정상 생산 작업 개시

2005. 03. 수갱 시설 준공 가동 및 생산규모 500,000톤/년 (원광석)

2006. 04. (주)삼선로직스 한덕철광(주) 광업권 및 조광권 인수

2007. 01. POSCO와 400,000톤 철광석 납품

(sublevel stoping)

2008. 01. POSCO와 500,000톤 철광석 납품계약

2009. 01. POSCO와 500,000톤 철광석 납품계약

2009. 04. 연산 150만톤 선광장 신설

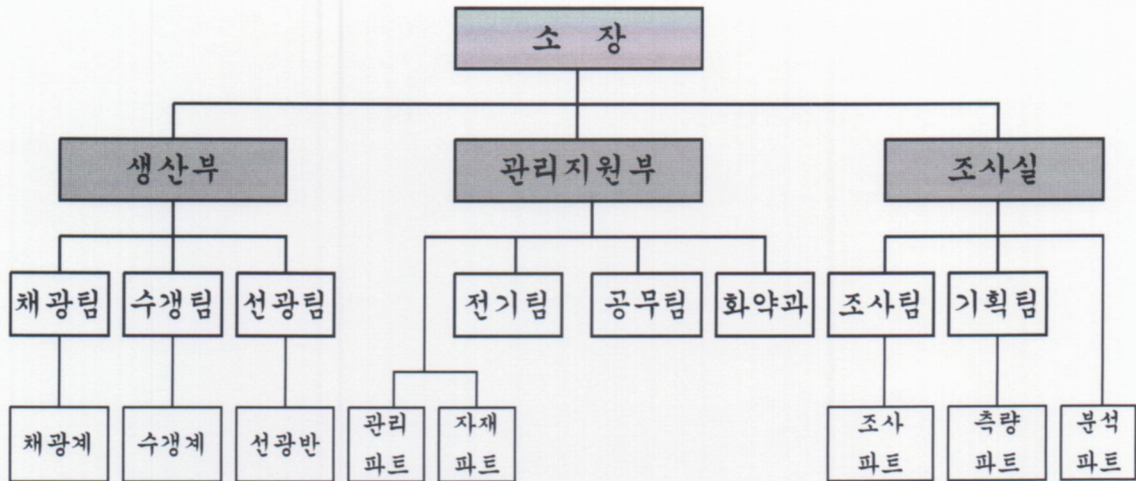
2010. 01. 원광석 1,000,000Ton 생산, 정광 600,000Ton 생산 및 POSCO납품
저품위 200,000Ton Cement 회사에 판매

87-90년
(시추장 30,000M)

2,000년
8,000년
(광장 244242)
(8000톤 생산)
(광도 5M x 5M)
(120M 폭)
(1km 연장)
(200M-120M)

2. 인원현황

(1) 기구표



(2) 소속별 인원

소속 \ 인원	인원			비고
	관리자	근로자	계	
관 리	7	9	16	
채 광	5	31	36	
선 광	1	9	10	
수 갱	2	12	14	
공무/전기	2	2	4	
지질조사	4	0	4	
소 계	21	63	84	
용역		22	22	
계	21	85	106	

3. 지질 및 광황

▶ 태백산 광화대 서부에 위치

태백산 광화대의 주요광산

신예미 광산 - 철

상동광산 - 중석, 몰리브덴(재 탐사중)

연화광산 - 연, 아연(폐광)

제2연화광산(가곡광산) - 연, 아연(재 탐사중)

장군광산 - 연, 아연, 망간(폐광)

동남, 거도광산 - 철(폐광)

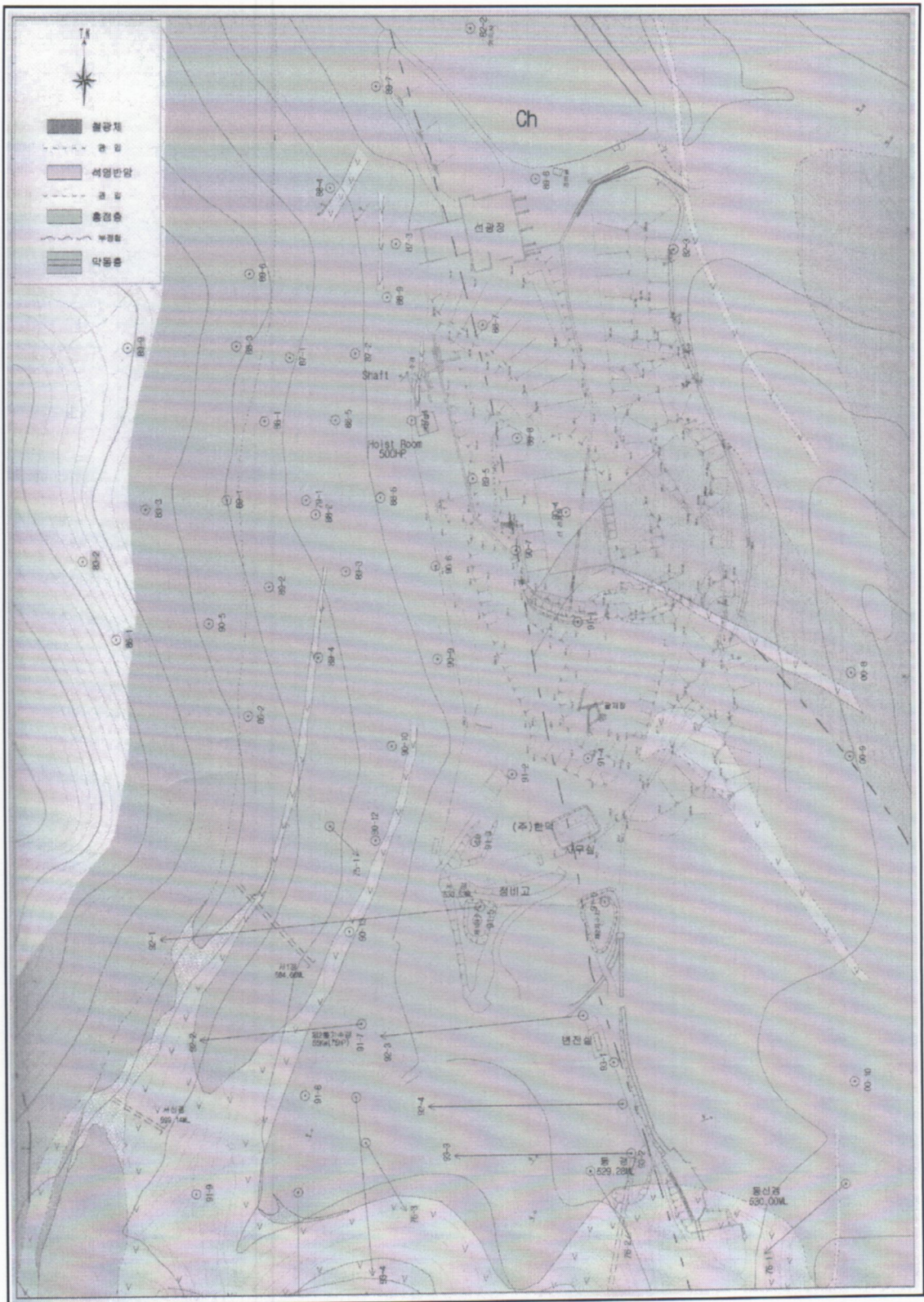
▶ 막동 석회암내에 배태된 skarn typed의 철, 연, 아연, 몰리브덴 광상
연, 아연, 몰리브덴 - 동부, 서부광화대(82년 생산중단)가 있으며
해발 400m상부에 부존한다.

철 - 자철광으로 연장 1,000m, 폭 50~120m이며, 광량은 4,500만
톤(2000년 한국광물자원공사 정밀조사(구.광업진흥공사)이나
남측 연장부 및 심부 탐사를 하면 광량은 증가될 것이다.

지표노두는 작으나 하부로 갈수록 광체의 규모가 커지며 시추
로 확인된 최하부 level은 -120m이고, 현재 최하부 탐광갱도
는 -155ML이다.

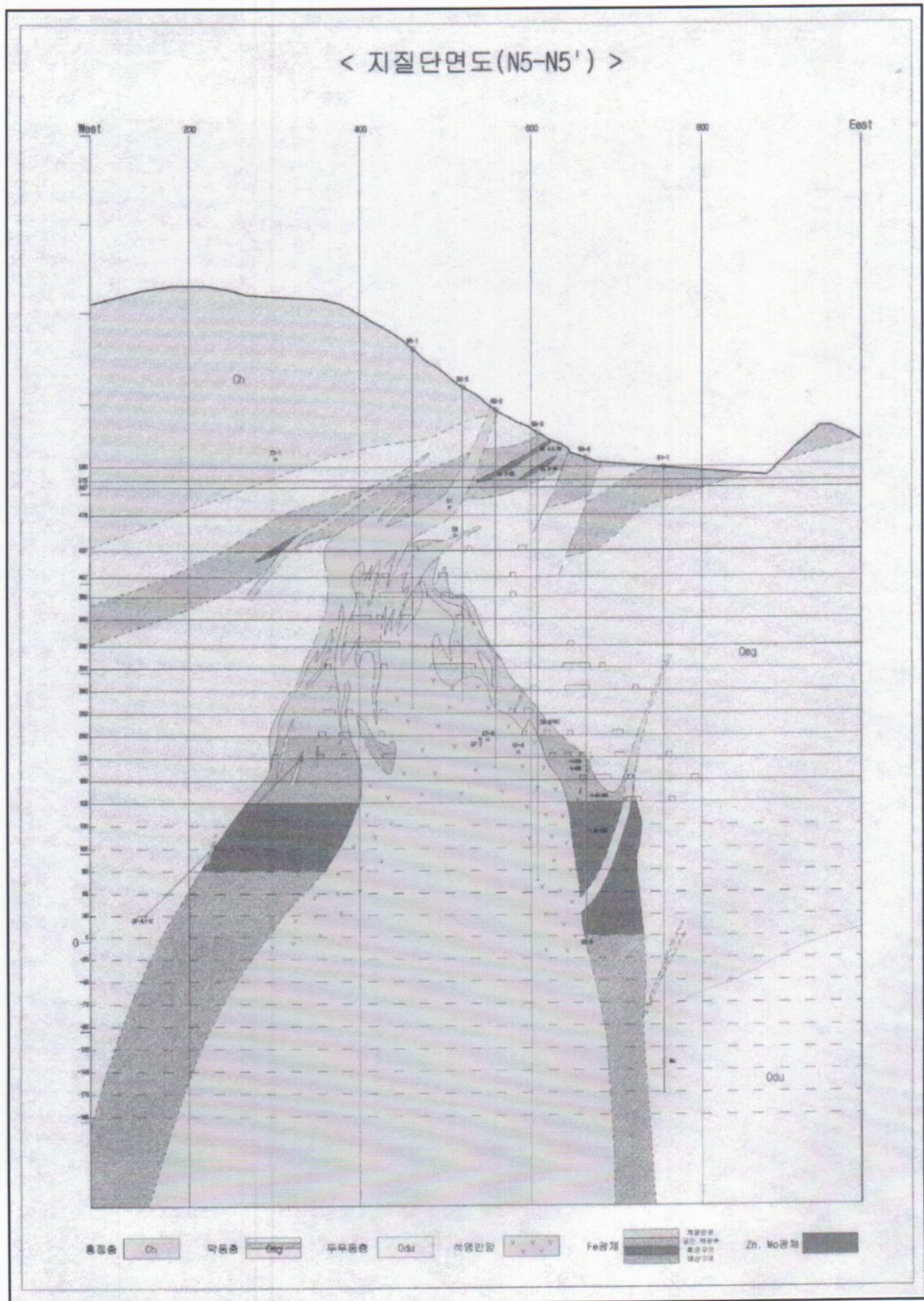
○ Skarn 광물 - 감람석, 녹니석, 녹염석, 휘석, 석류석

○ 광석광물 - 자철석, 섬아연석, 방연석, 황동석, 휘수연석, 황철석,
자류철석



< 지표 지질도 >

530 M: *Handwritten note*

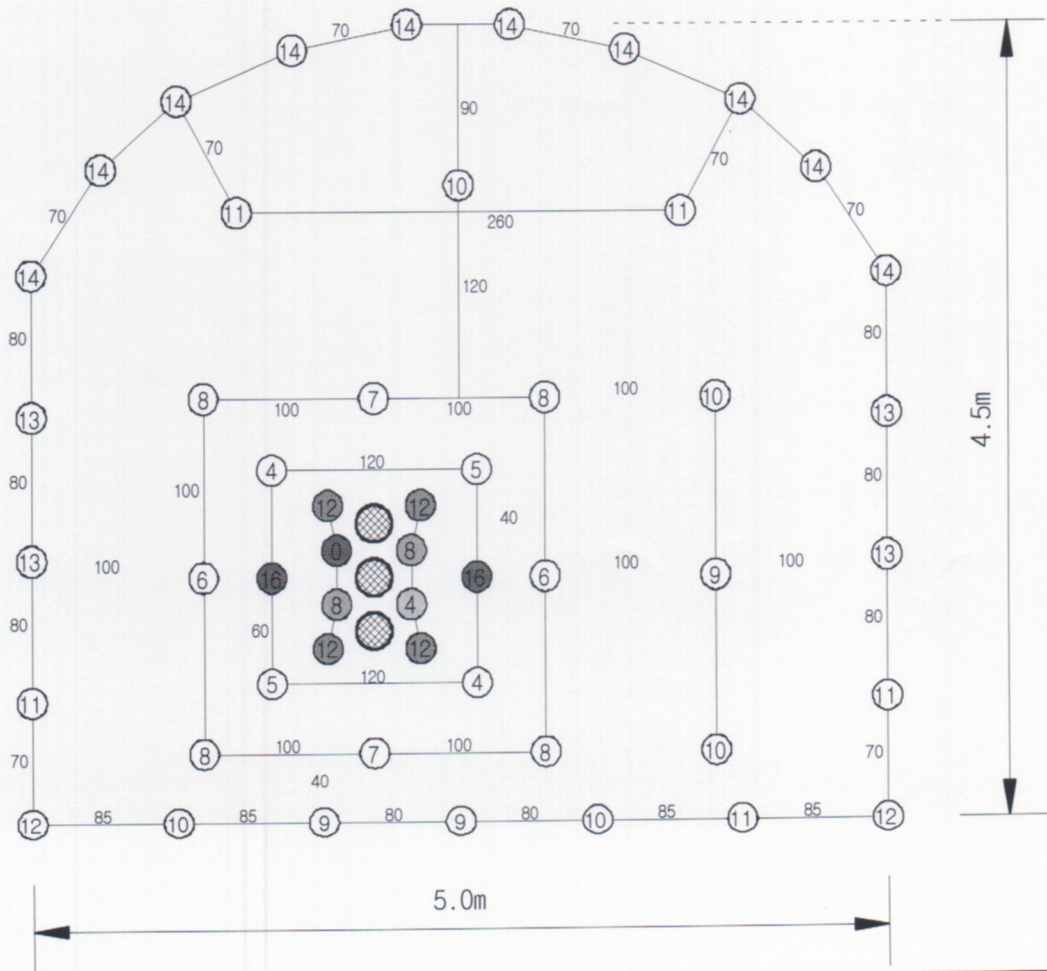


4. 굴진

굴진배공 및 화약사용도표

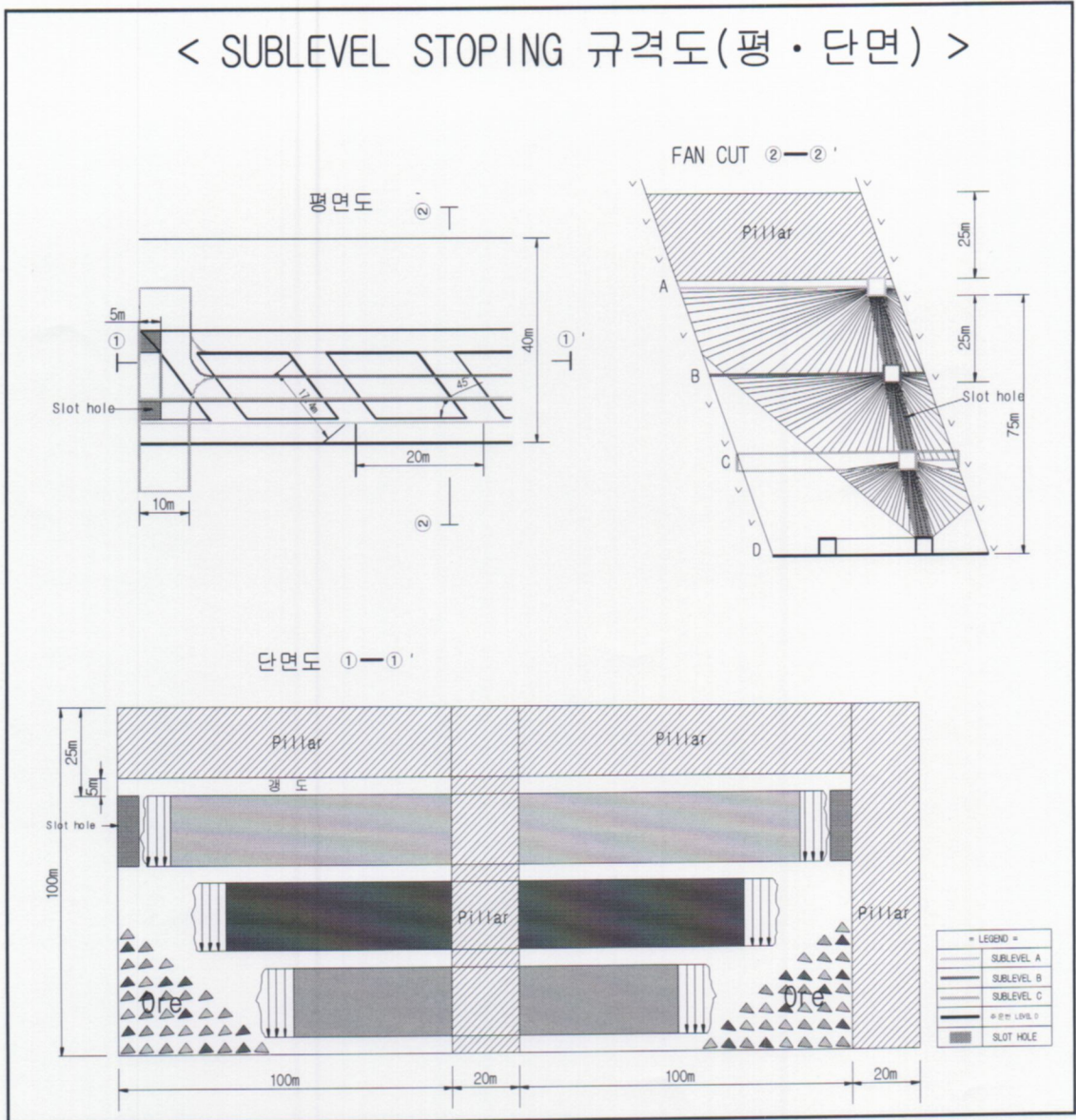
구분	New-Mite (32mm)	공수	계	AN-F0	뇌관															
					M.S	0	4	8	12	16										
바닥공	2	7	14	6포	M.S	1	1	2	4	2								10		
나머지공	1	44	44		D.S	2	2	2	2	4	3	5	5	2	4	10	41			
계		51	58			바닥공 :														

규격: 5.0M × 4.5M (scale=1:40)



5. 채 광

< SUBLEVEL STOPING 규격도(평·단면) >



7. 연도별 생산실적

(단위:TON)

구분	연도	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 (계획)
	철광석	제철용	220,546	247,849	254,454	424,912	522,157	454,487
시멘트용		109,788	56,917	74,692	10,675	24,497	190,931	200,000
계		330,334	304,766	329,146	435,587	546,654	645,418	800,000

8. 주요장비 및 설비 시설현황

구분	장비 및 시설		사용내역
	명칭	대	
천공, 발파	Jumbo Drill	2	굴진 작업 천공
	Solo(장공천공기)	2	채광 작업 천공
	AN-FO Charger	2	화약류 장전
적재, 운반	L.H.D 501 DL	2	광석, 폐석 적재
	Wheel Loader 980	1	광석, 폐석 적재
	Dump Truck 15Ton	14	광석, 폐석 운반
	Mine Truck 40Ton	2	광석, 폐석 운반
부석제거	Scaler 0.13m'	1	갱내 전 구역 부석 제거
도로정리	Grader 3.7m	1	운반 갱도의 평탄 작업
작업장정리	Poclain	4	굴진 작업장 정리 및 갱외용
수갱운반	Jaw Crusher 300HP	1	광석 파쇄(20cm)
	Skip 3.5m'	2	광석 운반
	Winder 500HP	1	광석 권상
선 광	Cone Crusher 250HP 외	2	-
	건식자선기	6	광석 선별 (강자선기 2대, 약자선기 4대)
	Vibrating Screen	2	광석 분급
	집진기	5	800m' 3대, 500m' 1대, 350m' 1대
배수	Pump 350HP	2	갱내 배수(230ML→530ML)
골재작업	Jaw Crusher	3	골재 파쇄
	Wheel Loader 770-3	1	골재 적재

현장견학 참가자 명단

학사과정

학번	성명
2004-12334	최준영
2005-11674	조용채
2008-11790	김신용
2008-11798	김재준
2008-11815	문석준
2008-11829	박준혁
2008-11831	박지혜
2008-11848	신영재
2008-11861	오창훈
2008-11868	유슬아
2008-11904	정혜영
2008-11924	추승호
2005-11679	한지영
2006-11638	양승희
2007-11562	김성일
2005-11673	조아라
2007-11567	김우진
2007-11580	박보나
2007-11582	박영숙
2007-11595	유경진
2007-11615	정진안
2009-13398	한주현

대학원과정

과정	학번	성명	비고
석사과정	2008-22987	김윤수	
	2009-21061	정지은	
	2009-21053	이소라	
	2009-23189	전수현	
	2010-21048	정선우	
	2009-21060	장항석	
	2009-22946	김병수	
박사과정		김종남	

참가교수 : 전효택
이진수

<자원공학실습 견학 조편성>

	1조	2조	3조	4조	5조
조장	최준영	조용채	조아라	한지영	대학원생
조원	양승희	김성일	김우진	박보나	
	김신웅	정진안	유경진	박영숙	
	김재준	문석준	박준혁	박지혜	
	정혜영	유슬아	오창훈	신영재	
	한주현	추승호	정강원		

교외교육 계획서

1. 행사명 : 강원도 정선군 신예미광산, 일동광산, 광해복구현장 견학
2. 일 시 : 2010년 5월 5일(수)
3. 장 소 : 신예미광산, 일동광산 (강원도 정선)
4. 목 적 : 자원공학실습 및 광해방지공학 수강생 현장 견학

교과과정의 이론으로 습득한 지식의 이해를 돕기 위하여, 실제 광산을 방문하는 현장체험교육을 실시 하려고 합니다. 채광, 선광 등 광산개발현장을 견학하고 광산 주위 환경 변화를 관찰함을 통해, 에너지 자원공학과 학생으로서 갖추어야할 광물자원과 환경에 대한 소양을 쌓는 것을 목적으로 합니다.

5. 참석인원 : 27명 (교수 2명(+1명), 대학원생 6명, 학부생 18명)

6. 일 정

시간	일정	장소	내용
07:00 - 10:00	서울출발 → 신예미광산도착	교대역 → 강원도 정선군 신동읍 신예미광산	대절버스 이용
10:00 - 12:00	신예미광산 견학	신예미광산 견학	광산 가행현장 견학 및 실습
12:00 - 13:00	이동 및 점심	도시락 이용	점심식사
13:00 - 14:00	일동광산 견학	강원도 정선군 남면 일동광산	휴광산 주변 지질실습
14:00 - 15:00	광해복구현장 견학	강원도 정선군 사북읍 동원탄좌 광산배수처리시설	광해복구현장 견학 및 실습
15:00 - 19:00	광해복구현장 출발	강원도 사북 → 서울	대절버스 이용

7. 예상비용

- 교통비 : 650,000원 (대절버스)
- 식사비 : 8,000원 × 27명 = 216,000원
- 예비비 : 50,000원
- 총합 : 916,000원

교외교육 및 행사계획서

행사명	강원도 정선군 신예미광산, 일동광산, 광해복구현장 견학			
기간	2010. 5. 5			
장소	신예미광산, 일동광산, 동원탄좌(강원도 정선)			
일정	07:00 - 10:00 서울출발 → 신예미광산도착 10:00 - 12:00 신예미광산 견학 12:00 - 13:00 점심식사 13:00 - 14:00 일동광산 견학 14:00 - 15:00 광해복구현장 견학 15:00 - 19:00 광해복구현장 출발			
책임인솔자	이름	전효택/이진수	직위	교수
참석자 명단 총인원 (27 명)	학부생	최준영, 김재준, 박지혜, 신영재, 조용채, 박준혁, 정혜영, 오창훈, 김신웅, 문석준, 유슬아, 추승호, 김성일, 박보나, 정진안, 양승희, 김우진, 박영숙		
	대학원생	김윤수, 정지은, 이소라, 전수현, 정선우, 김종남		
	기타	이숙자		
안전교육 담당자	책임자	전효택	안전교육 실시여부	

2010. 4. 22 .

보고자 : 김윤수 (서명)

에너지자원공학과장 (인)

신예미광산, 일동광산, 동원탄좌 광산배수처리시설 현장견학 보고서

1. 일시

- 2010년 05월 05일(수)
- 보고서 작성자 책임자: 전효택 교수

2. 방문지

- 강원도 정선군 신동읍 조동리 신예미광산
- 강원도 정선군 남면 무릉리 일동광산
- 강원도 정선군 사북면 사북읍 동원탄좌 광산배수처리시설

3. 참가자 (총 31명)

- 교수 : 전효택, 이진수
- 대학원생 : 김종남, 김윤수, 정지은, 이소라, 전수현, 정선우, 장항석,
- 학부생 : 최준영, 조용채, 김신웅, 김재준, 문석준, 박준혁, 박지혜, 신영재, 오창훈, 유슬아, 정혜영, 추승호, 한지영, 양승희, 김성일, 조아라, 김우진, 박보나, 박영숙, 유경진, 정진안, 한주현

4. 목적

- 교과과정의 이론으로 습득한 지식의 이해를 돕기 위하여, 실제 광산을 방문하는 현장체험교육을 실시하려고 한다. 채광, 선광 등 광산개발현장을 견학하고 광산 주위 환경 변화를 관찰함을 통해, 에너지자원공학과 학생으로서 갖추어야 할 광물자원과 환경에 대한 소양을 쌓는 것을 목적으로 한다.

5. 활동 및 견학내용

- 자원공학실습(담당교수 전효택) 및 광해방지환경공학(담당교수 이진수)의 수강생(학부생 22명, 대학원생 5명)과 교수 및 대학원생 중 견학 희망자 4명은 전효택 교수의 인솔아래 약 12시간의 일정으로 강원도 정선군에 위치한 신예미광산, 일동광산, 동원탄좌 광산배수처리시설을 방문하였다. 신예미광산은 국내 유수의 가행 금속광산으로 스키르 타입의 광산이며 철이 주요 광종이다. 광산사무실에서 광산의 현황과 지질에 대한 강의를 듣고, 강의실 내에서 보기 힘든 채광, 수직갱시설, 선광 및 정광시설 등의 광업과정을 생생하게 견학하였다.
- 일동광산 또한 스키르 타입의 철광산으로 현재는 휴광중이다. 일동광산은 지표에 노출되어 있는 노두를 관찰할 수 있고, 스키르 광물의 암석을 볼 수 있어, 이 일대에서 지질실습을 하였다.
- 동원탄좌 광산배수처리시설은 석탄광에서 흘러나오는 지하수를 정화하는 시설로, 일련의 수처리 과정에 대하여 설명을 듣고 이를 순차적으로 관찰하였다. 또한 광산의 흥망이 지역경제에 미치는 영향성에 대한 이해를 할 수 있었다.

6. 주요일정

시간	일정	장소	내용
07:00 - 10:00	서울 출발 → 신예미광산 도착	강원도 정선군 신동읍 조동리 신예미광산	교대역 8번 출구
10:00 - 12:00	신예미광산 견학	신예미광산	광산 가행현장 견학 및 지질실습
12:00 - 13:00	점심식사		
13:00 - 14:00	일동광산 견학	강원도 정선군 남면 무릉리 일동광산	휴광산 주변 지질실습
14:00 - 15:00	광해복구현장 견학	강원도 정선군 사북읍 동원탄좌	산성광산배수(AMD) 처리시설
15:00 - 19:00	현장 출발 → 서울		대절버스 이용

7. 관련 사진 :

- 신예미광산 사진





- 일동광산 사진



- 동원탄좌 광산배수처리시설 사진



- 단체사진



8. 지출 내역

항목	내용	금액
전세버스 대여료	금호고속	650,000원
식대	도시락	330,000원
간식	샌드위치	99,000원
	음료	41,800원
합계		1,120,800원

- 영수증 별도 보관