

全南地域 明礬石鑛床의 成因에 關한 研究

文 熙 壽*

A Study on Genesis of Alunite Deposits of Jeonnam Area

He Soo Moon

ABSTRACT

The south and southwestern parts of Jeonra-namdo has been known as an alunite province in Korea. The alunite deposits investigated for the present study are Okmaisan, Seongsam, Bugog, Gasado south, Gasado north, Jangsando, Dogcheon and Jungyongri deposits.

The main purpose of this study is to depict the genetical origin of the alunite deposits. The rocks distributed in the areas mentioned above consist chiefly of rhyolitic tuff, breccia tuff and andesitic tuff of Cretaceous age which represent different episodes of volcanic activities during Cretaceous epoch. The attitude of bedding of the tuffaceous rocks varies from place to place but generally dips very gently.

The alunite deposits are embedded mostly in the rhyolitic tuff so that they appear as layered deposits, this occurrence may be the result of stratigraphic and lithologic controls. The result of this study can be summarized as below.

The mineral sequence studied by the mineral paragenesis and the result of the spectrograph analyses is such that (1) alunite was formed at first and pyrophyllite was nearly contemporaneous with alunite but pyrophyllite formation can be recognized as a secondary mineralization products, (2) kaoline was succeeded to form later and hematite finally deposited, and (3) pyrite was deposited from the begining to the end of the above mineralization period.

The compositional change of host rocks is such that CaO, SiO₂ and Na₂O were largely removed from the parent rocks and some Al₂O₃ and SO₃ were transported by the solution so as to enrich the rocks. The sequential process of such mineralization has resulted in forming those distinguish mineral zones; alunite, kaoline, pyrophyllite, silicifide and sulphide zone which manifest irregular shape. These deposits were formed by hydrothermal solution which was possibly low temperature and contained sulphuric acid originated from H₂S and SO₂ gases.

I. 序 論

本 研究의 調査研究 對象地域은 全南 海南郡一帶에 賦存하는 玉埋山鑛床, 加沙島南部鑛床, 加沙島北部鑛床, 성산鑛床, 부곡鑛床, 증용리鑛床, 장산도鑛床, 독진鑛床의 8個 明礬石鑛床이다.

지금까지는 資源調査의 일환으로 日人 地質學者인

木野崎吉郎(1927)에 의해 最初로 명반석鑛床이 調査되었으며 그후 김규봉(1970), 박병철(1974), 조한익·문희수(1975)에 의하여 調査된 바 있으나 前記한 調査資料는 鑛床의 經濟的인 측면에서 이뤄진 것이며 本 研究는 前記한 鑛床에 賦存하는 명반석의 成因을 究明 考察하여 본 研究 結果이다.

II. 地質 概要

本域은 大部分이 韓半島 南 西海岸 地域에 發達하는

* 國立 地質鑛物 研究所 鑛床科

表 1. 地質系統表

海南·右水營(1929)
(木野崎吉郎)

南 倉(1967)
(金瑞雲·朴楊大)

珍島·智山(1971)
(김상옥·윤운영)

冲 積 層
~不整合~
玢 岩
石英 玢岩
石英은조나이트斑岩
내지 石英閃綠岩
石英閃綠岩
각심석 흑운모 화강암
黑雲母 花崗岩
분출산성암층
~不整合~
噴出流紋岩層
(上部慶尙層上部)
~不整合~
剝狀石英斑岩
小花崗岩
剝狀復雲母花崗岩
~貫入接觸~
結晶片岩層群

冲 積 層
~不整合~
脈岩類
微文象花崗岩
閃綠岩
石英閃綠岩
黑雲母花崗岩
斑狀黑雲母花崗岩
一貫 入一
石井里流紋岩
馬鳴洞凝灰岩
~不整合~
松山里流紋岩
長印里凝灰岩
~不整合~
萬安里流紋岩
無等山熔岩
~不整合~
時代未詳 { 今江里片狀花崗岩
~貫入~
古生代末 { 午山里層(平安系)
~不整合~
雪玉里層
~關係不明~
斑狀變晶片麻岩 및
花崗岩質 片麻岩

제 4기 테일리스 >
冲積層
~不整合~
酸性岩脈
鹽基性岩脈
酸性斑岩
~貫 入~
黑雲母花崗岩 및 花崗斑岩
閃綠岩
安山岩質岩脈
一貫 入一
玉島流紋岩
~熔 岩~
加沙凝灰岩
女貴山凝灰岩
晚吉里層
珍島流紋岩
~熔岩~
三島層
安山岩質凝灰岩
~不整合~

쥬라紀 { 쥬라기 片狀花崗岩
一貫入一
時代未詳 { 雲母片岩

凝灰岩類가 分布되며, 이들 凝灰岩類가 分布된 地域은 緩慢한 斜面과 低丘陵을 이루고 있다. 本域의 東南部 比較의 高峯을 이루는데 이들은 熔岩類가 主이다.

本 地域은 南倉, 右水營, 珍島와 智山(1/50,000지형도) 圖幅에 해당되며 이들 地域은 木野崎吉郎(1929)에 의해 海南·右水營이 金瑞雲·朴楊大(1967)에 의해 南倉이 김상옥 윤운영(1971)에 의해 珍島·智山도쪽의 地質調査가 이뤄졌다. 이들 調査者들이 作成한 地質系統表로 綜合한 것이 表 1이다.

本域의 地質은 慶尙系에 屬하는 凝灰岩類의 火山堆積岩類와 火山岩類가 分布하고 있으며 이를 貫入하는 花崗岩類가 海南郡 山二面等에 分布하고 있는 比較의 단순한 地質分布를 같은 地域이다. 이들 慶尙系 岩石들은 層에 따라서 各已 灰色, 淡홍색, 녹색, 灰色등 여러가지이며 大部分은 粗粒質이다. 凝灰岩類는 本域

의 거의 全域에 걸쳐 廣範圍한 分布를 보이고 있다. 이들 凝灰岩類는 角礫質 凝灰岩, 安山岩質 凝灰岩, 流紋岩質 凝灰岩, lapili tuff 등으로 區分된다. 角礫質 凝灰岩의 主構成角礫은 流紋岩내지 非晶質 碎屑物 및 火山灰等이다.

本 應회암류를 貫入하는 海南郡 山二面에 分布하는 比較의 큰 規模의 花崗岩類는 地表에서의 노두가 風化에 依해서 신선한 面을 보기가 어렵다.

本 域의 東南部에 分布하는 片狀花崗岩類는 本域에서 最古期의 岩石이나 이의 時代는 아직 밝혀져 있지 않다. 그를 除外하고선 本域의 大部分을 이들 凝灰岩類가 덮고 있으며 분출암류의 分布가 이에 準하고 있다.

本域은 대체로 完만하게 warping을 하고 있으며 이들의 走向은 一定치 않으며 경사는 25°정도를 나타낸

다. 慶尙系 以前의 地層인 片岩類로 이뤄진 雪玉里層과 午山里層만이 褶曲作用을 比較的 심하게 받고 있으며 그 以後의 地層인 火山岩類와 凝灰岩類는 Warping을 이루고 있다.

本域에서 큰 規模로 發達한 斷層을 野外에서는 인지할수는 없었으나 작은 規模의 斷層은 認知되었고 特히 海南군 황산면등 산성噴出岩質 凝灰岩중에 협재 되는 lamination이 잘 발달된 shale中에서는 무수히 많은 Minor fault가 나타나고 있다. 凝灰岩類에서도 變質을 받은 部分에서는 이들 minor fault가 나타나고 있다. Shale이나 變質된 部分에서 쉽게 minor fault를 알수 있는 것은 lamination이나 變質된 凝灰岩類에서 흔히 나타나는 色相의 差異 때문이다.

節理는 本域에서 잘 發達 되어있다. 이런 節理를 따라서 鑛化作用을 받은 곳도 있는 것으로 보아 鑛化作用 이전에 生成된 것이 있음을 알수 있다. 이들의 方向性은 N80W와 EW系의 경향을 나타내고 있으며 경사는 모두 거의 수직에 가깝다.

Ⅲ. 地層各論 및 岩石各論

도폭조사자들의 地質系統을 綜合, 檢討해보면 南倉, 海南-右水營, 珍島-智山圖幅 調查者들은 堆積順序 및 構成岩石에 따라 細分하고 圖幅마다 그 名稱을 달리고 있다.

南倉圖幅의 長印里凝灰岩은 珍島-智山圖幅의 晚吉里層과 같으며, 南倉圖幅의 雪玉層의 今江里一片狀花崗岩은 珍島의 片狀花崗岩과 同一한 것이며 이는 海南-右水營圖幅에선 Schistose two-mica granite로 命名되어 있다. 木野崎吉郎의 海南-右水營圖幅에서는 玢岩質凝灰岩을 白堊紀 下部層으로 보았으며 珍島-智山圖幅 調查者들은 이들 岩類를 安山岩質岩으로 名稱을 달리고 있다.

表1의 地質系統表에서 本 研究에 관계가 있는 地層은 加沙島凝灰岩, 酸性噴流岩質 凝灰岩이다. 이들은 다같이 酸性火山起源의 岩石이라는 共通點이 있다.

本 研究와 直接의 關係는 없지만 時代未詳으로 알려지고 있는 本域의 東南部陽村里附近에 分布를 나타내는 雲母片岩이 主構成岩石인 午山里層도 이 片岩類속에 納석화작용을 받아 納석鑛床을 형성하고 있다.

A. 午山里層

本 調查地域의 海南郡 三山面 陽村里 附近에 小規模로 分布하고 있다. 이는 時代未詳의 雪玉里層을 不整合으로 被覆하고 있으며 主로 雲母片岩으로 構成되나 slate, graphite schist, 珪岩等이 狹在되고 있다.

本域에서 午山里層의 上部層은 나타나지 않으며, 本

層은 薄層의 石炭層을 狹在하고 있으며 coaly shale도 隱재되어 있다. 石炭層은 薄層일 뿐만 아니라 低質이라서 開發의 價치는 없는 것으로 본다. 이들중 coaly shale과 운모편암이 變질을 받아서 納석화한 것을 볼수 있다. 部分的으로 이들의 品位는 양호한 편이나 絹雲母가 섞여있어 使用上問題點이 있는 것으로 안다. 이들의 走向과 傾斜는 N 40~50°E, 65~70°NW로서 나타나고 있다. 이들 地層은 等斜褶曲을 이루고 있어 同一한 地層이 3~4回 反復하여 나타나고 있다. 本層의 變質된 雪母片岩 mica schist을 X-線회절을 한 結果 또한 納석이 絹雲母와 거의 같은 比率로 들어 있음을 알수 있었다.

B. 慶尙系層群

本域에 分布하는 慶尙系層群은 酸性火山岩類와 火山活動에 수반되었을 것으로 믿어지는 堆積岩類로 되어 있다. 이는 佛國寺系統과 新羅系統으로 區分되고 있으며 花崗岩類가 이를 貫入하고 있다. 이들이 本 調查研究對象地域의 거의 全體面積을 덮고 있다.

1. 酸性 噴出岩質 凝灰岩

本岩類들은 右水營圖幅인 全南 海南郡 黃山面 一帶에 넓게 分布하고 있다.

이들 凝灰岩類들은 流紋岩質凝灰岩, 角礫質凝灰岩, 安山岩質凝灰岩等으로 區分될 수 있다. 本 岩類는 海灣半島 南, 北에서 바다에 接해있고 東쪽은 黃山面과 山二面과의 境界에서 혹은도 화강암과 貫入接觸을 하고 있다. 그러나 이의 接觸面은 風化에 의해 두꺼운 沖積層으로 덮여 있어 쉽게 노출면을 보기가 어렵다. 本岩은 西方에서 安山岩과 凝灰岩類에 의하여 덮여있다. 海南·右水營 조사자인 木野는 이들이 斷層接觸을 하나 沖積層에 의하여 덮여 있다고 지적하고 있으나 이는 地質圖學上의 추측일뿐 야외에서 이의 증거는 發見할수 없었다.

대체로 走向은 대개 東西 내지 北北西-東東南이 主이고 傾斜는 10~15°NW이다.

이들 凝灰岩類들은 前記한대로 流紋岩質凝灰岩, 角礫凝灰岩, 安山岩質凝灰岩으로 크게 三分된다. 角礫質凝灰岩類의 角礫은 凝灰岩의 角礫을 含有하는 수도 있으나 大部分은 流紋岩質 角礫으로 構成되어 있다. 安山岩質 流紋岩에서 신선한 長石結晶이 드물었고 變質을 받아 絹雲母化되어 細粉의 絹雲母가 흔히 나타났으며 이들 岩類가 鑛化作用을 받은 근처에서는 흔히 高령토화작용을 받기도 했다. 流紋岩質凝灰岩類중에서 flow structure가 잘 나타나 있어서 전적으로 유문암질凝灰岩으로서만 볼수없는 岩相을 觀察할 수 있다고 김규봉은 지적하고 있다. 이는 凝灰岩類중에 流紋岩이

카질수 있는 조적을 가짐으로서 凝灰岩으로서만 취급이 곤란하다는 것으로서 역시 調査者도 玉埋山 頂上 근처에서 유상구조가 뚜렷이 보이는 流紋岩類가 있음을 確認할 수 있었다.

本層의 두께는 1000m를 상회할것으로 본다. 이들이 노출된 연장은 동서 약 26-7km로 화원반도의 대부분을 차지하고 있다.

本 岩類中에 本域에서 제일큰 납석광상과 全國에서 제일큰 規模의 명반석 鑛床을 갖고 있다.

2. 加沙島凝灰岩

本岩의 分布地는 全南 珍島郡 鳥島面一帶의 도서지방 가사도 南部, 주지도, 성남도, 새섬에 分布되어 있다. 이들 本岩類는 珍島에 發達되어 있는 女貴山 凝灰岩과 對比되거나 그 以後의 岩層으로 規定하는 것이 가장 타당하리라고 보고 있다.

本 岩層에서 層序로서 考慮해볼때 加沙島 南部에 發達하는 砂岩 및 泥岩의 互層帶와 凝灰岩類가 下部이고, 加沙島北部의 lapili tuff와 유문암질 凝灰岩類는 上部에 屬한다.

本層이 女貴山 凝灰岩과 對比되는 이유는 火山活動의 進化過程에 따르는 火山岩類의 岩石學的인 特徵 즉 이들 모두가 주로 熔結凝灰岩類로 構成된다는 것이며 層序의인 關係로 可能하다는 것이다. 火山岩層로서는 流紋岩質이 大部分이며 이들 岩類는 後期 安山岩에 의하여 貫入되고 있다. 이들 岩類中 심히 硅化된 부분을 볼수 있는데 이는 鑛化作用을 받을때 型成된 것으로 보고 있다.

C. 花崗岩類

花崗岩質 片麻岩: 本域의 海南郡 北平面 東部와 康津部 道岩面에 分布하여 黑雲母花崗岩에 의하여 貫入당하고 있다. 巨晶質이며 灰白色을 띠는 本花崗岩은 本域에서 명반석 鑛化作用과는 無關하다. 이의 時代는 未詳이나 先캠브리아로 보고 있다.

片狀花崗岩: 本岩은 海南郡 松指面과 花山面에 分布된다. 本岩은 晚吉里層 松山里流紋岩等의 慶尙系에 의하여 不整合으로 被覆되고 午山里層을 貫入하고 있다. 本岩은 片麻岩類를 포획하고 있음이 發見되며, 構成鑛物은 주로 石英, 微斜長石, 正長石, 알카리斜長石과 黑雲母이다. 石英 및 長石類는 等粒質이고 黑雲母는 方向性있는 配列을 하기도 한다. 이렇게 黑雲母가 方向性있는 配列을 나타내는 곳은 花崗岩質 片麻岩狀의 產出을 보이고 있다.

黑雲母 花崗岩: 本岩은 海南郡 山二面 一帶와 女貴山 山稜部, 北面面 屯山里에 分布되고 있으나 風化에 의해 낮은 丘陵地帶를 이루고 있어 이의 신선한 면을

보기가 어렵다. 特히 화원 반도에서는 이의 接觸부가 잘 들어나지 않고 있다. 이는 佛國寺統의 花崗岩類이다.

本岩의 主 構成鑛物은 石英, 正長石 斜長石 및 黑雲母이며, 綠泥石化作用을 받은것을 볼수 있다.

IV. 鑛 床

A. 概 況

우리나라에서 명반석은 日本人地質學들에 의해 1924年度부터 調査가 이뤄졌다. 二次大戰末期에 이의 개발이 始作되었으나 終戰으로서 개발이 中止되었다. 해방 후 이의 開發은 繼續 中斷된 상태였으나 1960年代 巴료원료로서의 명반석 調査가 實施되었으며 그후 몇몇 鑛床에 대해 調査가 實施되었다. 現今 bauxite 때문에 alumina 原鑛으로서의 명반석의 개발은 어려운 형편이다. 產物은 alumina, potassium sulphate, ammonium sulphate이다.

B. 鑛 石

1. 명반석의 成分 및 定義

명반석은 hydrous sulfate of potassium and aluminum으로서 그의 分子式은 $K(AIOH)_3(SO_4)_2 \cdot 3H_2O$ 혹은 $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$ 로 표기되며 이상적인 이의 成分比는: Al_2O_3 37.0% : K_2O 11.4% : SO_3 38.6% : H_2O 13.0%이다. 世界各地에서 產出되는 전형적인 명반석의 分析値는 아래와 같다(表3).

우리나라의 명반석은 대부분이 납석 내지 고풍토와 함께 產出되고 있으며 거의가 순수한 명반석만이 아닌 細粒의 石英과 함께 存在하고 있었다. 實質的으로 순수한 명반석은 거의 없다고 볼수 있으며 불순물로서 고풍토, 석영, 황철광 등을 함유하고 있으며 거의 순수하게 보이는 명반석 일지라도 理論値와는 그 成分의 差異가 있음을 알수 있다.

2. 物理的 性質

Ladoo와 Myers의 "Nonmetallic Minerals"에 의하면 hardness는 3.5-4이고, 비중 2.58~2.8, 굴절율은 1.572~1.592이다. 불용해성이다. 조흔색은 白色이며 진주광택을 가지며 塊狀을 이룬다. 이는 거의 불투명이고 또한 brittle하다.

結晶系는 六方晶系 菱形半面像晶族에 屬하며 結晶은 立方體에 가까운 等面체를 이룬다. Alunite Series中 $K > Na$ 일때 명반석이며 $K < Na$ 일때 Natroalunite이다.

명반석의 物理的 性質中 거의 순수한 명반석인 pinkish alunite는 이들에 거의 一致되는 것으로 나타나고 있다. pinkish alunite는 塊狀으로 緻密하며 樹脂光澤에 가까우며 正確한 경도를 측정할수는 없으나 측정할

Table 3. Analyses of alunite

Comp. No.	Comp.										Total	Remarks
	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	H ₂ O	Miscellaneous			
1	9.71	0.56	34.40	tr.	5.28	36.54	0.50	13.19	—	—	100.18	Utah, U. S. A. after Ladoo
2	7.55	—	27.60	1.20	22.71	29.74	—	11.20	—	—	100.00	La Tolfa, Italy after Ladoo
3	9.64	—	37.98	—	—	34.77	—	17.61	—	—	100.00	Calafatite variety from Benahadux, Spain after Ladoo
4	9.51	1.12	37.52	0.26	1.92	36.76	tr.	13.25	—	—	100.34	Pink variety New South Wales, after Ladoo
5	6.53	0.82	25.91	0.07	32.40	24.47	0.02	9.81	0.07	—	100.10	Purple variety, New South Wales, after Ladoo
6	10.35	0.89	35.53	0.34	1.13	35.61	0.23	15.50	0.72	—	100.30	South Australia after Ladoo
7	4.90	1.80	38.2	0.86	6.70	33.1	0.11	14.50	—	—	100.17	Jeonnam, Korea Pinkish variety

結果에 의하면 4.5에서 5사이의 硬度를 나타내고 있다. 그러나 적갈색, 담황갈색 또는 담회색을 띠우는 비교적 저품위의 명반석은 전형적인 명반석의 정도보다 낮은 경향이 있다(表 4). 그러나 그중 SiO₂ 成分이 增加된 部分은 약간 이들보다 정도가 높은 것을 알 수 있었다.

이들 대부분은 엽편적인 쪼개짐이 發達하며 鑛體의 品位가 순수한 것에 가까울수록 쪼개짐은 이에 더욱 가깝다. 명반석의 색은 크게 다음의 세가지로 分類될 수 있다. 첫째 pinkish 한것과 둘째 reddish brown 한

Table 4. 색에 따른 각 명반석의 정도 및 굴절율 측정표

Color	Pinkish alunite	Dark grey alunite	Reddish brown alunite
Index of Refraction	Nw: 1.572 Nw: 1.592	1.582	1.580
Hardness	4.5~5	4.0	3-5~4.0

것과 dark grey 내지 grey를 띠는 것으로 大分할 수 있다. 첫째 Pinkish 한것은 高品位로서 比較的 순수한 명반석이다. 이는 塊狀이며 치밀하다. 둘째로 reddish brown 한 색을 갖는 명반석은 alumina의 品位는 높으나 K₂O의 品位는 相對的으로 낮다. 이들중에 불순물로서 kaoline이 많이 끼여들면 색상은 현저히 더 脫色

한 양상을 띠워 pale brown을 나타내며 品位는 떨어진다. 세째로 dark grey내지 grey는 대체로 저품위이며 SO₃의 量은 상당히 增加되어 이들이 風化面에서의 색, 같은 yellowish grey가 된다. 이는 유화물이 산화되어 風化面에 나타난 결과인 것이다.

3. 명반석의 顯微鏡의 特徵

海南郡 黃山面 玉洞里 所在의 玉埋山頂上部에 產出되는 pinkish한 명반석과 同一한 產出狀을 같은 加沙島 北部鑛床의 명반석과 부곡광상의 명반석은 同一한 顯微鏡하에서 모양을 나타내고 있다. 이들은 大端히 적은 微粒내지 細粒의 集合體로 되어있다. Relief는 Balsam보다는 높으며 open nicols 下에서는 無色이다. 아주 대단히 적은 不透明鑛物이 드물게 나타나기도 하는데 이들은 대단히 적은 微粒이며 또한 아주 드물다. 이들의 배열은 어떤 方向性을 나타내는데 이方向이 鑛化作用時 熱水의 進行方向을 指示하는 것으로 생각된다.

Reddish Brown 한것을 보면 코령토 인지 견운모인지 分別이 어려운 점토物이 부분적으로 들어 있는것을 볼수있다. 玉埋山産中 이러한 색을 띠는 명반석중 細粒의 柱狀結晶을 보이면서 分別이 어려운 점토광물이 部分的으로 들어 있는것이 있다.

上記鑛石은 거의 순수한 것으로 構成된 것이며 變質된 凝灰岩속에서 명반화가 部分的으로 이뤄진것 중에는 quartz가 主成分 鑛物로 鑛晶으로 나타나며 副成分 鑛物로서 chlorite, zoisite, magnetite나 pyrite등이

온다.

變質糜灰岩類에서 變質產物로서 產出되는 chlorite, sericite 등이 많이 나오며 長石의 결정이 보이는 경우도 있으나 대체로 심한 變質狀을 나타내고 있다.

특히 유화대를 포함한 접촉부에서는 현저한 pyrite의 增加를 볼수 있다. 소위 紅납석이라 불리는 가사도 北部에서 產出되는 납석中에는 大端히 많은 양의 황철광의 pseudomorphic crystal을 볼수 있다. 이를 C. H. Clapp은 地表에서 하강하는 meteoric water가 산화제의 역할을 하면서, 이용액이 갈철광이나 kaoline, 유황 등을 형성시키는데 큰 영향을 끼쳤다는 것이며 pyrite 自體도 變質을 주었고 이 하강하는 산화제에 의해 pyrite의 pseudomorphic crystal을 형성시켰다는 것이다. 顯微鏡하에서 이들은 limonite처럼 보이나 分析結果 鐵分の 含量이 다른 납석과 同一한 것으로 미루어 보아 이는 pyrite에서 본 Pseudomorphic crystal로 볼수 있다.

X-線회절 結果도 같은 結果를 보여주고 있다.

4. X-Ray diffraction 結果

本 實驗에 使用된 機械는 國立地質鑛物研究所에 비치된 GX-2B Shimadzu X-Ray diffractometer이다, 회절은 Cu Radiation($\lambda=1.5418\text{\AA}$), Ni Filter로 單一波의 X-線을 얻었으며 이 두께는 0.0085mm (0.0076 gr/cm²)이었다. 電壓은 38Kv 18ma이고 $2\theta=5\sim 40^\circ$ 로 X-Ray powder法으로 하였다. 試料는 200mesh의 powder로 만들었으며 試料의 一部는 550°C에서 1時間 熱處理하여 koalinite와 dickite를 分離하였다.

여기에 使用된 總試料數는 23個로서 玉埋山產 鑛床 18個, 加沙鑛床 5個였다.

명반석은 dA. 3.01, 1.75, 1.70 등의 회절치를 나타낸다.

23個의 試料中 單一鑛物로 alunit과 dickite는 있었으나 납석의 단일광물은 없었다.

여기서 종래에 kaolinite로 알려진 것중의 대부분은 dickite 임이 判別되었다. 그러나 작은 양이지만 Kaolinite도 함유되어 있었다. 이들 試料의 X線회절 分析結果와 같은 試料의 化學 分析值를 綜合하면 다음과 같다(table 5). 이들중 시료번호 18번이 代表的인 명반석으로 거의 순수한 것에 가까운 Pinkish alunit이다. 그외의 대부분은 石英을 함유하고 있었다. Fig 5 중의 No. 18은 전형적인 alunit의 X-Ray회절 그래프이다. Fig 5는 23個 試料中 8個의 회절 patterns이다.

위 結果를 綜合하여 보면 一般의으로 鑛物成分은 명반석외에 石英이 多量含有 되어있으며 Kaoline도 그에 준하여 함유되어 있다. X-線회절結果 명반석으로 同定된 14個 試料中 化學分析된 12個試料成分別 산술 평

균은 다음과 같다.

K₂O. 3.52, SiO₂, 51.85, Al₂O₃, 19.98, SO₃, 15.94, Fe₂O₃, 3.08%이며 이들 試料의 Na₂O의 含量은 大端히 적으며 玉埋山 地表試料 168個의 平均品位는 0.92%이다. 그러나 0.92%를 나타내는 것은 鑛石 全體가 명반석이 아닌 比較的 變質度가 낮은 명반석을 소량 含有하는 저품위의 鑛石이 含有하는 Na₂O의 양이 이 平均 含量을 增加시킨 것이다. 순수한 명반석에서는 Na₂O가 1.80이였으나 순수한 명반석의 양은 그리 많지 않으므로 平均含量에 영향을 끼칠 수는 없을 정도이다. 紅色을 띠는 명반석도 K이 Na보다 그含量이 크므로 명반석도 Natroalunit은 아니다. 그러므로 玉埋山鑛床에서 Natroalunit은 없다는 結論을 얻을 수 있다.

C. 鑛床의 부존상태 및 構造的 規制

1. 鑛床의 부존상태

명반석 鑛床을 生成한 全南地域은 慶尙系 地層이 分布되어 있으며 구능을 이루고 있다. 이들이 이룬 구능 地帶中 명반석 鑛床은 比較的 同地域의 다른 부분보다 높은 지대를 이뤄 돌출되어 있는 特徵을 갖고 있다. 本 調査地域外에 이에對한 比較表가 김규봉(1970)에 의하여 作成된 것이 있는데 이는 表6과 같다. 이같이 鑛床이 부존하는 地域이 돌출부를 이루는 것은 鑛床 生成後에 같은 층중에 있는 鑛化作用을 받지 않은 地層들은 剝蝕작용에 의해 깎이여 내리고 이들 鑛床을 배태한 부분이 남아서 돌출부를 이룬 것으로 믿어진다. 실제로 이러한 證據로 들수있는 것이 野外에서 인지되고 있다. 명반석 鑛床을 형성할때 원래 母岩이 갖고 있던 Silica 成分이 이동되어 硅化帶를 형성시키는데 이들 硅化帶가 다른 火山岩類보다 風化에 더 強했으리라 보고 또한 鑛化作用을 받은 명반석 鑛床도 또한 母岩에 比하여 풍화에 強했으라 보는 것이다. 대개 그 돌출부의 上部에 명반석 鑛床을 배태하고 있는 것이 全南地域 명반석 鑛床의 共通點이기도 하다.

2. 鑛床의 構造的 規制

첫째의 가정은 廣域的으로 본 構造의 問題이다. 本域의 화원반도 北部에서 數組의 EW系 斷層을 이대성은 밝히고 있다.

鑛床分布圖(Map 1)에 나타난 本域에서 鑛床의 分布를 보면 N70-80W의 方向性을 갖고 장산도 玉埋山, 성산, 부곡 鑛床이 分布되어 있다. 이로서 이 方向의 큰 斷層을 型成시켰을 可能性을 보여준다고 생각할 수 있을 것이다. 이 큰 斷層線의 形成에 부수적인 것으로 화원반도 北部에서 發見되는 數組의 斷層을 설명할 수 있다는 가정이다.

둘째는 玉埋山 地域을 中心으로 해서 綫의 방향을

表 5. X-선 회절결과와 分析值 對比表

시료 번호	성분	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	명반석	Dicke	부성분	광물	色 (岩石)
1		1.93	66.0	11.6	9.76	2.84	+		ES	P	
2		4.82	41.0	19.8	23.5	4.81	+				pale brown
3		4.79	34.4	28.0	23.6	2.02	+		S		grey
4		4.89	61.4	15.6	10.0	4.02	+		S		reddish brown
5		4.34	66.6	13.5	7.14	2.94	+		S		pale brown
6		5.54	59.8	20.2	10.9	2.58	+		S		grey
7		0.18	56.0	17.3	18.8	3.3	+		S		dark grey
8		3.37	43.4	19.4	25.6	5.83	+		SP		pinkish with grey
9		2.43	57.8	18.4	12.4	1.60	+		SD		pale brown
10		3.73	34.1	32.1	19.4	2.30	+		D		reddish brown
11		1.81	64.6	15.5	8.44	3.05			+		purple with prussian blown
12		2.65	58.5	18.4	13.0	2.01	+		ES		grey
13		1.14	73.8	16.6	4.98	0.55		+	SA		milky white
14		3.61	43.2	25.4	17.2	2.12	+		S		pale khaki
15		2.77	56.3	20.5	12.0	1.19			+		pale brown
16		0.12	69.3	21.1	0.69	0.90		+	S		grey with white
17		0.78	60.3	19.7	11.2	3.97		+	SA		dark grey
18							+				pink
OS-8		0.35	73.5	19.8	1.17	1.61		+	S		khaki
OS-9		0.25	46.4	23.0	18.9	3.01			ES	P	greyish Wh.
OS-21											greenish grey
OS-22									+		prussian bluish grey
OS-23							+		S		grey

副成分鑛物 S: 석영 P: 납석 D: Kaoline group ES: 석영이 다량함유

表 6 鑛床別 명반석帶 比較表

鑛床名	下部境界標高	上部境界標高	帶의 두께	備考
玉埋山鑛床	80~110m	170m	60~90m	*대의 층후는 8~40m
北部鑛床	20	40	20	
득천鑛床	120~140	209	69~89	동편 광상의 경우 하부경계는 접이적
加沙島南部鑛床	80~100	160	60~80	**대의 층후는 5~40m 下部경계 40~100m
加沙島北部鑛床	15~20	30~40	15~20	
장산도鑛床	35~40	60	20~25	경계접이적
중용리鑛床	55	62	7	경계접이적
*성산鑛床			15~30	

*표는 調査者의 수정 添加임.

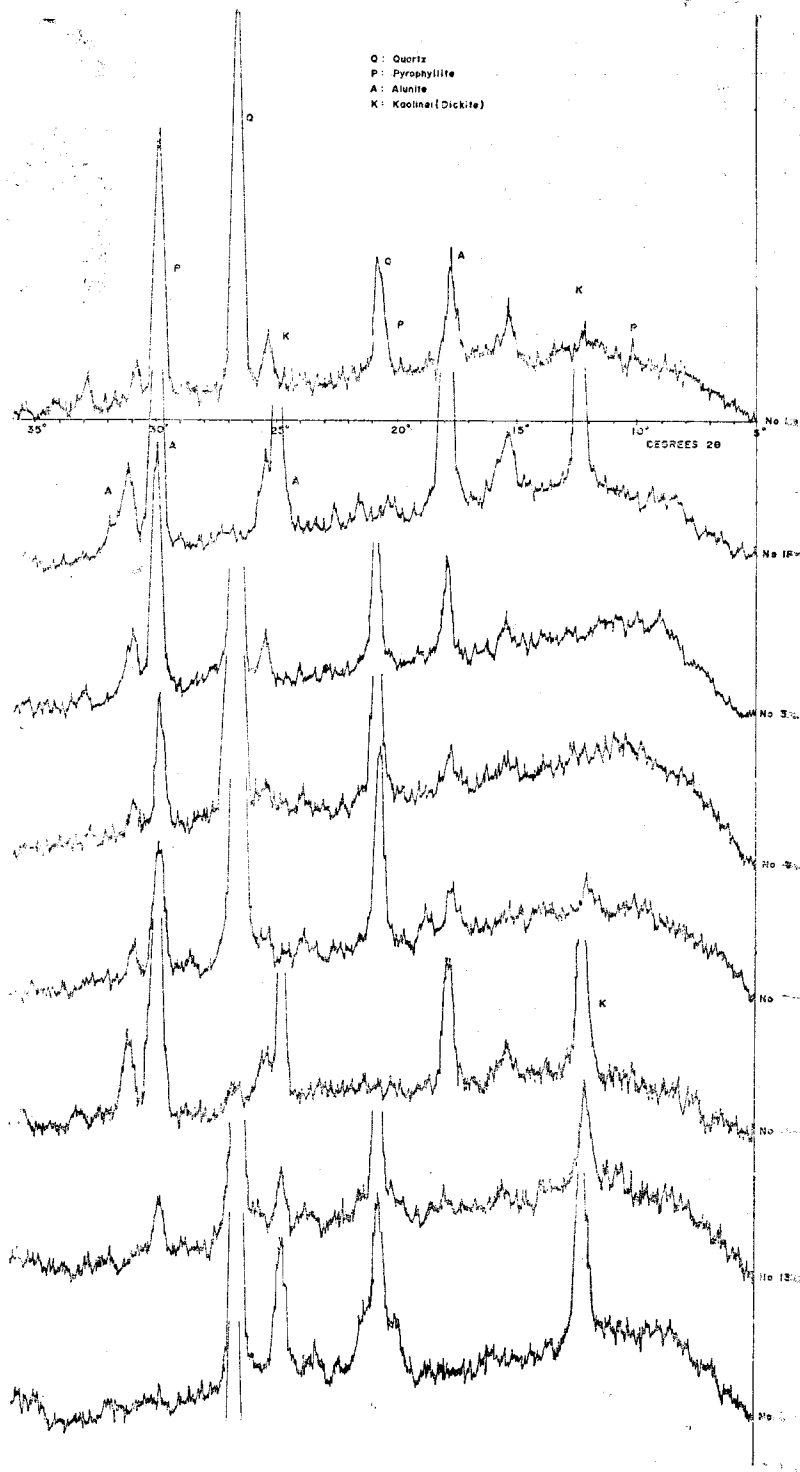


Fig. 5 X-ray diffraction patterns of alunite from Jeonam area.

Stereographic net에 plot한 結果이다. 여기에 가장 크게 發達하는 fracture의 方向은 N80W와 EW系의 돌이다. 이는 鑛化作用과 밀접히 關係를 갖고 있다. 혹 간은 NS系의 fracture에 二次的으로 열수의 上昇을 가저와 高品位의 명반석, 고령토, 납석을 형성시킨 것도 發見할수는 있다. 玉埋山 부곡, 성산 명반석 鑛床이 그 鑛床부존상태가 EW系로 이뤄져있다는 一致點이다. 그러나 玉埋山을 中心으로 格子狀으로 76지점에서 測定한 joint direction은 Stereographic net에 plot해본 結果 이결리의 경향성은 없었다. 이는 측정시에 생긴 오차에 의한다고 보는 것보다는 鑛床生成後 生成된 節理에 혼란과 또 성산이나 부곡鑛床에서 일제시 노천채굴을 용이하기 위하여 實施한 대발파로 인한 파쇄로 地域的으로 체계적인 측정을 할 수 없었는데 이유가 있는것 같다. 그러나 否認할수 없는 유력한 야외증거는 EW系의 열극을 따라서 용해물이 광염되어 風化面에서 주위로 황록색을 띠우며 K_2O 의 含量이 높은 명반석을 형성하고 있는 것이다. 이로 보아 EW系와 약간의 NS系의 절리나 열극은 鑛床生成 以前에 形成되었고 이는 鑛床의 부존에 凝灰岩類의 層理面과 함께 鑛床作用에 유리한 條件을 形成시켜 鑛床賦存에 큰영향을 미쳤을 것이라고 생각되어진다.

3. 鑛床의 岩石學的인 規制

加沙島 北部鑛床의 경우는 凝灰岩類의 주향은 N70W 내지 EW이며, 이 주향의 方向으로 명반석이 부존하며 上下部의 안산암質凝灰岩과 자력질凝灰岩은 전혀 變質을 주지 않은 것을 볼 수 있다. 이는 層理面이 鑛化作用을 규제한 것으로 볼수 있으며 그層의 凝灰岩類自體가 명반석화작용을 받기쉬운 岩體였을 것이다. 하여튼 層理面을 따라 鑛化作用이 規制를 받은 것은 事實이다. 玉埋山, 성산, 부곡鑛床의 경우도 同一層준을 따라 硫化物이 광염된 상태를 볼수 있다. 勿論 鑛化作用의 수직적인 연장을 갖으면서 層理面을 따라 이뤄진 것이다.

鑛床의 形態는 거의 모두가 層狀이며 성산鑛床에서 광체중의 일부가 납석광체중에 렌즈상으로 명백히 產出되고 있다. 加沙島 南部鑛床은 層理의 規制를 받았으나 다소간 不規則한 形態로 產出되고 있다.

D. 鑛床의 特徵 및 變質帶

1. 鑛床의 特徵

本域에 分布하는 8個 명반석 鑛床에서는 대부분이 母岩은 流紋岩質凝灰岩으로 되었다. 이들 鑛床別로 그 母岩 및 特徵을 說明하면 다음과 같다.

加沙島 南部 鑛床: 加沙島 全島에는 lapili tuff와 泥岩등의 互層으로 되었으나 部分的으로 發達한 流紋岩質凝灰岩이 母岩을 이루고 있다. 本岩은 粗粒質과 微

粒質이 있는데 後者보다는 前者가 鑛化作用을 더 우세하게 받았다. 특히 本鑛床은 현저한 硅化帶를 갖고 있는데 이는 多孔質이며 結晶은 반음정질이다.

加沙島 北部鑛床: 本鑛床은 本域의 8個 鑛床中 鑛化作用을 받은層 上下部가 거의 신선한 응회암류로 되었다. 이는 交代받기 쉬운 岩石만이 선택적으로 鑛化作用을 받아서 岩石學的인 規制를 나타내는 代表的인 例子이다. 鑛床의 北側 절벽에서 잘 노출되고 있는데 명반석鑛體를 中心으로 上下部에 고령토의 양이 증가되고 있다. 명반석 鑛床中에 紅色의 납석이 끼는 現象이 다른 鑛床에 비해 더 현저하다.

성산鑛床: 母岩은 石英斑岩質—凝灰岩으로서 되었으며 명반석보다는 양질의 납석의 매장량이 많다. 다른 명반석광상에서와는 반대로 도석질 납석이나 납석의 광체중에 명반석이 부존되는 양상을 띤다.

부곡鑛床: 本域의 다른 鑛床이 지형상 돌출부를 이루고 있는데 反하여 本鑛床은 주위의 지형보다 낮다. 주위의 응회암류에 현저한 硅化帶로 형성시켰으며 명반석은 紅色을 띠는게 다른 鑛床에 比하여 많이 分布되어 있다.

독천광상: 流紋岩質 凝灰岩이 母岩이며 硅화된 부분에서 微孔이 發達되어 있다. 우메산의 경우처럼 명반석 鑛體中에 小規模의 고령토맥이 發達되어 있다.

중용, 장산도 명반석 鑛床의 모양도 역시 응회암류이며 이들 주위에는 규화대가 발달되어 있다.

玉埋山鑛床: 本 鑛床을 기재하면서 다른 鑛床에서 수집된 資料를 綜合한 結果는 다음과 같다.

本 鑛床은 流紋岩質 凝灰岩 外에 角礫質 凝灰岩도 명반석화 작용을 받았는데 角礫을 構成하는 것들은 流紋岩類가 大部分이다. 鑛床은 大體로 層理에 平行하며 명반석 鑛床에서 나타나는 特徵的인 變質帶를 갖고 있다.

鑛床은 대부분 石英, 명반석, 고령토로 되어 있으며 좀 적게는 납석도 있다. 이들 四鑛物은 모두 細粒으로 混在되어 한 岩石을 構成하는 것이 보통이나 순수한 명반석에 가까운 것은 약간의 石英의 細粒만이 있다. 이들 명반석 鑛床中에 나타나는 비교적 순수한 고령토에서도 마찬가지로이다. 이렇듯 이들이 이 鑛物의 混合比率은 鑛體의 부위에 따라 變化한다. 一般的으로 명반석의 품위가 높은 곳에서는 石英이 적고 고령토가 우세한 곳에서는 SO_3 의 量이 현저히 減少되는 結果以外에는 化學成分上의 變化에서도 뚜렷한 다른 事實이 없는 것 같다. 地質鑛物研究所에서 玉埋山鑛床에 5개공 490m의 試錐를 실시한 結果를 보아도 이런 結論을 얻을 수 있다. 玉埋山 명반석 鑛床 地質圖(map 2)에서 試錐 13號孔과의 위치는 도시된 대로이며 이들이 柱狀圖는

LEGEND

- Oa Alluvium
- Kp Porphyries
- Kbg BULGUSSA Granite
- Kpl Intermediate & Basic plutonic rocks
- Kav Acidic volcanic rock
- Kiv Intermediate volcanic rock
- Kne Neungju group
- Jng Gneissage granite
- Hd Hypabyccal rocks
- Al Alunite deposit

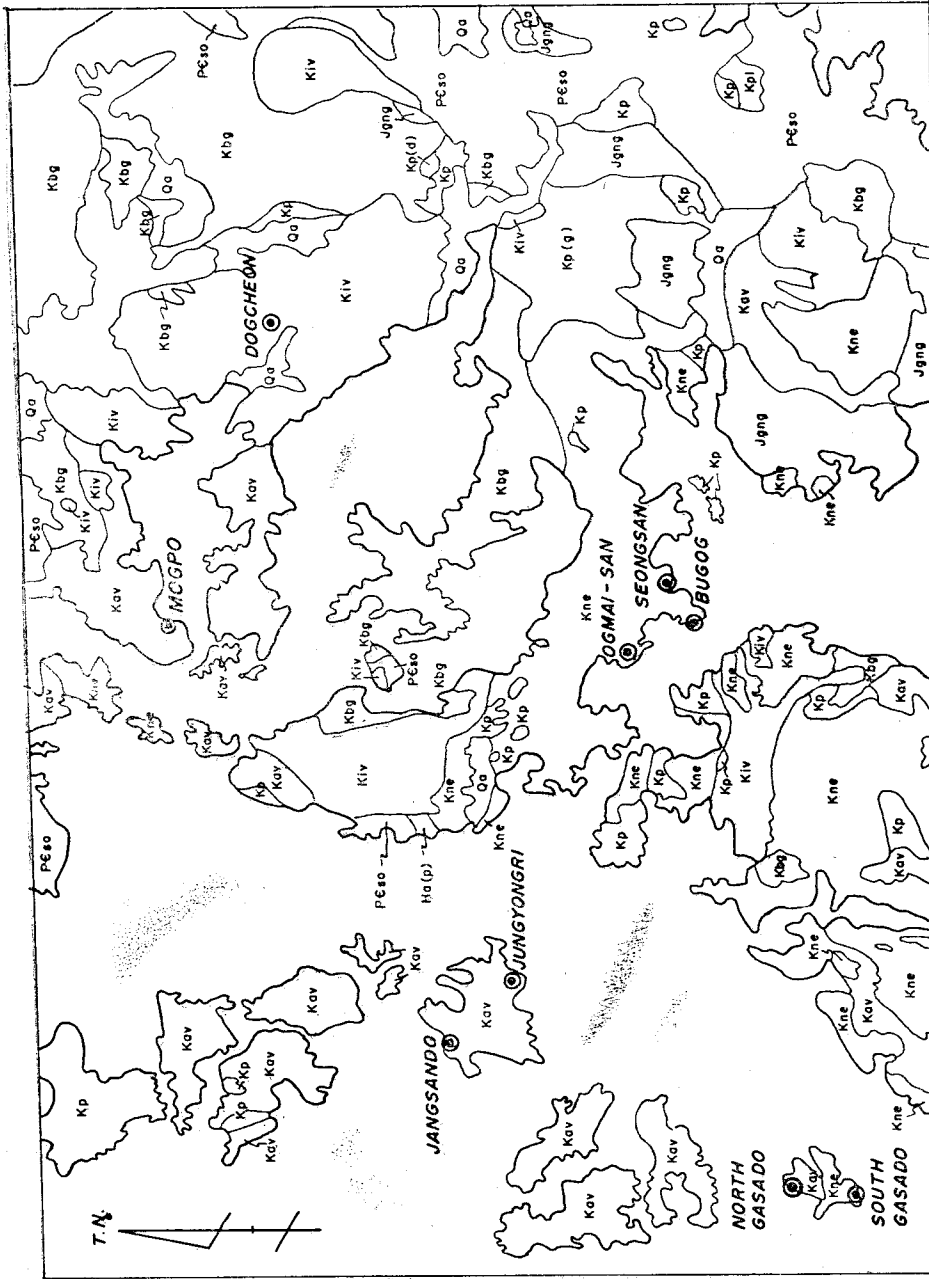


그림 1. 명반석 광상 분포도

表7 玉埋山 試錐 1號孔, 3號孔 分析表

1號孔 分析值

성분 번호	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	SK
1	1.87		12.17	2.38	68.4	8.92	
2	3.73		32.1	2.30	34.1	19.4	
3	0.69		9.16	2.26	77.0	4.34	26이하
4	1.81	0.50	15.5	3.05	64.6	8.44	27
5	2.65		18.4	2.01	58.5	13.0	
6	72		20.1	2.30	7.3	3.84	
7	1.45		16.3	2.70	65.9	6.59	
8	35		19.8	1.61	73.5	1.17	
9	96		15.8	2.96	71.9	4.32	
10	1.26		15.1	2.01	73.5	5.55	
11	0.25	0.23	23.0	3.01	46.4	18.9	27
12	0.55		20.2	2.44	68.2	1.96	
13	0.25		26.0	2.58	63.4	0.89	
14	0.06	0.23	21.9	2.18	70.0	0.61	26
15	0.35		18.6	4.59	72.9	0.87	
16	0.90		6.81	2.93	80.5	3.04	
17	0.72		21.4	1.44	65.6	4.46	
18	0.63		10.7	4.79	76.9	2.40	
19	0.30		23.7	6.06	63.8	1.68	
20	0.25		18.2	2.76	71.2	1.54	
21	0.34		15.4	7.92	68.1	2.11	
22	0.18		13.9	3.93	75.1	1.17	

3號孔 분석치

성분 번호	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
1	12.0	8.95	9.21		60.7	4.67
2	1.93	11.6	9.76	0.40	66.0	2.84
3	4.82	19.8	23.6		41.0	4.81
4	4.79	28.0	23.6		34.4	2.02
5	4.89	15.6	10.0		61.4	4.02
6	4.34	13.5	7.14		66.6	2.94
7	5.54	20.2	10.9		50.8	2.58
8	1.20	22.1	18.9		53.6	4.55
9	0.18	17.3	18.8		56.0	3.83
10	0.72	11.3	4.10		74.6	2.45
11	3.37	19.4	25.6		43.4	5.83
12	1.26	14.1	10.7		65.5	3.34
13	1.81	14.7	9.54		66.6	3.19
14	1.87	21.8	13.4		54.9	32.2
15	2.43	18.4	12.4		57.8	1.60
16	0.69	29.3	10.3		50.7	3.54
17	0.84	27.9	26.7	0.50	20.7	20.8

국립지질 광물연구소(1975), 지질광물연구보고서 Vol. 3, Part I. 옥매산지역명방석 광상조사보고(조한익, 문희수)

Table. 8 Chemical analysis of breccia tuff and rhyolitic tuff Ogmai-san

Rock	comp.									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Total
Breccia tuff	71.45	16.48	3.82	3.94	0.47	1.41	0.62	tr.	0.21	98.40
Rhyolitic tuff	73.65	15.20	1.65	3.87	0.53	0.64	0.26	tr.	0.23	96.03

Fig 6에 分析値는 表 7과 같다. 試錐 1號, 3號孔과의 成分을 깊이에 따른 어떤 變化를 알아보기 위한 단순한 道표를 (Fig. 6-1, 6-2, 6-3)작성했다. 1호공은 上部에 7-8m 低質명반석대를 함유하고 下部로 가면서 고령토가 우세하다. 3호공은 약 40m의 良質의 명반석대를 갖고며 그 下部에 현저한 硫化帶를 갖고 있다.

도표는 이들 두 시추공을 同一標高에 놓은 다음 分析値를 對比한 것이다. K₂O의 變化는 명반석화作用을 받은 부분이 이의 增加가 약간 있었고 그렇지 않은 부분에서는 약간의 減少가 있었다. Al₂O₃의 變化는 1호공, 3호공이 큰 差異가 없었으며 명반석화가 현저한 부위에서는 母岩보다는 增加하고 있다(表 8 參考). SiO₂의 變化는 1호공이 모암과 같은 수준의 SiO₂를 함유하고 있으며 3호공은 모암보다는 훨씬 SiO₂의 감소가 있어서 이의 移動이 예상되어 진다. 本 鑛床外에도 대부분의 명반석 광상이 硅化帶를 갖고 있는데 이는 명반석화될때 잔여 SiO₂의 이동 농집에 의해 형성된다고 믿어진다. SO₃의 양은 1호공에 비해 현저히 증가되는 것을 알 수 있으며 유화대 특히 황철광이 농집되어 있는 부분은 S가 27%나 되고 있다.

本 鑛床外에도 이들 명반석 광상은 명반석화 작용만 받은 것이 아니라 모두다 同時에 또는 이보다 後期에 남석화나 고령토화作用을 받았다. 이는 남석이나 고령토맥이 二次的으로 명반석을 蝕고 오기도 하므로 이를 알 수 있다.

玉埋山 頂上附近에 灰色을 띠우는 명반석대내에 다시 二次的인 紅色의 명반석이 散點狀 혹은 5~6cm 의 크기로 生成된 것을 볼 수 있다. 이는 명반석화용 즉 熱水의 作用이 적어도 2회이상은 있었다는 증거가 된다. 또한 열극을 따라서 양질의 고령토와 남석이 二次的으로 生成된것도 있다.

2. 變質帶

명반석 鑛體를 中心으로 그 上下部를 보면 各已 特徵的인 變質帶가 있는데 김규봉은 이를 ① 上部고령토帶 ② 중부 명반석대 ③ 下部 고령토대로 分類하고 있으며, C. H. Clapp은 이를 岩石學的인 面에서 Quartz-sericite-chlorite rocks ② quartz-sericite rocks ③ quartz-pyrophyllite rocks ④ quartz-alunite rocks로 分類

하고 있다. George M. Schwartz에 의하면 熱水作用時 岩石의 물리적 變化로서 色の 變化를 지적하고 色에 의한 分帶를 시도해 보았다. 變질대 별로 各已 特徵的인 色相은 나타내나 이 역시 타당성이 부족하다. 이들의 分類는 各已 타당성을 갖고 있으나 全南地域의 명반석鑛床에 그대로 적용하기는 힘들다. 그러나 本城의 鑛床들은 硅化帶, 硫化帶와 고령토대의 分帶는 可能하여 또 各鑛床은 모두 이러한 變質帶를 갖고 있다.

硅化帶: 加沙島南部鑛床이 가장 현저한 硅化대를 갖고 있으며 옥매산, 성산, 득천광상이 현저한 硅化대를 갖고 있다. 本帶의 特徵은 물론 silica의 함량이 많을 뿐만 아니라 작은 공극들이 發達되어 있다는 것은 前術한 바와 같다. 이들 공극은 鑛床 附近의 地質構造가 심히 교란되어 있지 않고 母岩의 構造가 희미하게 보이는 것으로 보아 容積의 變化없이 (等容積) 硅化대가 이뤄진 것으로 思料된다.

가사도 남부광상은 음정질 석영으로 構成된 高品位 硅石이 產出된다. 이 硅石의 分析値는 Fe₂O₃; 0.08%, Al₂O₃; 0.46%, SiO₂ 98.6% (Spectro에 의한 分析試料番號는 10番일)이다. 色은 白色, 多孔質이며 파쇄하기 가 용이한 特徵을 가지고 있다. 이는 日本의 字久須地域의 명반석 鑛床에서 보고된 硅石과 同一한 產出狀態를 갖고 있다.

이 역시 명반석화 작용시 잔여 silica分의 이동농집에 의한 것으로 여겨진다.

玉埋山 주위의 流紋岩質凝灰岩의 SiO₂의 함량은 73.65%이며 鑛石에서의 SiO₂의 함량은 X-線回絶結果 명반석으로 同定된 試料의 平均은 51.85%이다. 그러므로 나머지 silica의 이동은 필연적인 것이며 이들이 硅化帶를 형성시킨다고 여겨진다.

一般的으로 硅化帶는 鑛床의 上部에 더 잘 發達되며 下部의 硅化帶는 上部보다 미약한 경향이 있다.

이들 硅化帶와 岩石과를 연관해 보면 角礫質凝灰岩類는 流紋岩質凝灰岩類보다 變質作用을 덜 받고 있어서 硅化된 部分이 角礫質凝灰岩類가 더 많았다.

硫化帶: 鑛床의 下部에는 黃鐵鑛이 광염되어 있으며 명반석대내에서도 黃鐵鑛의 광염된 곳을 볼 수 있다. 그러나 현저한 硫化帶(extremely pyrite disseminated)

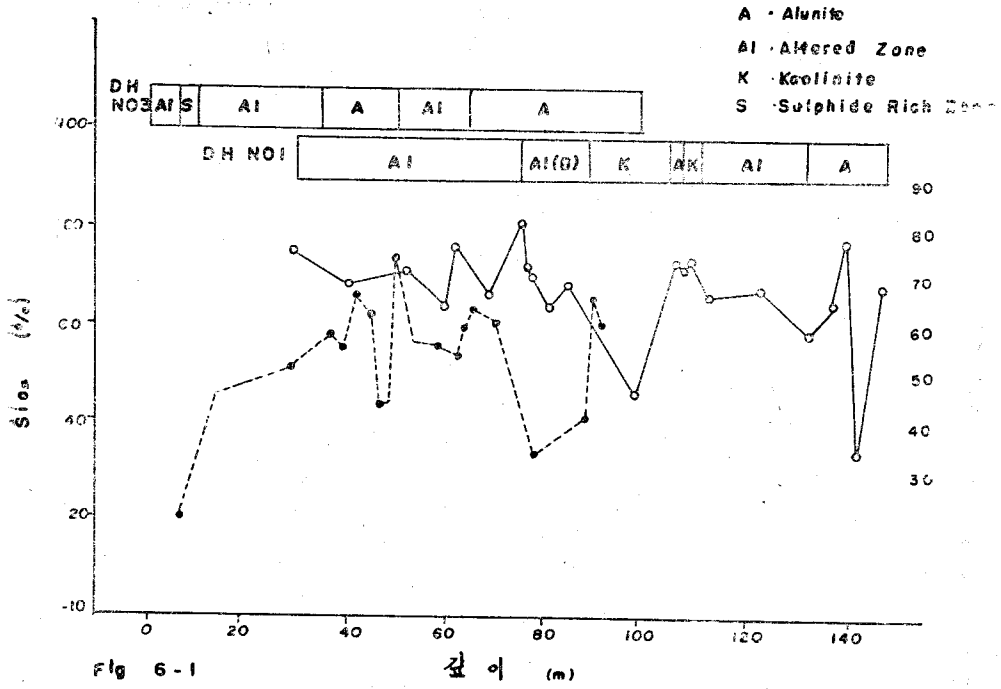


Fig 6-1

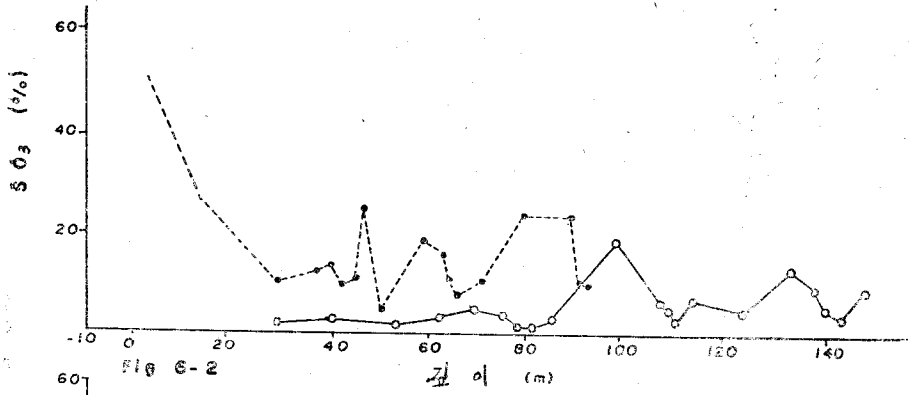


Fig 6-2

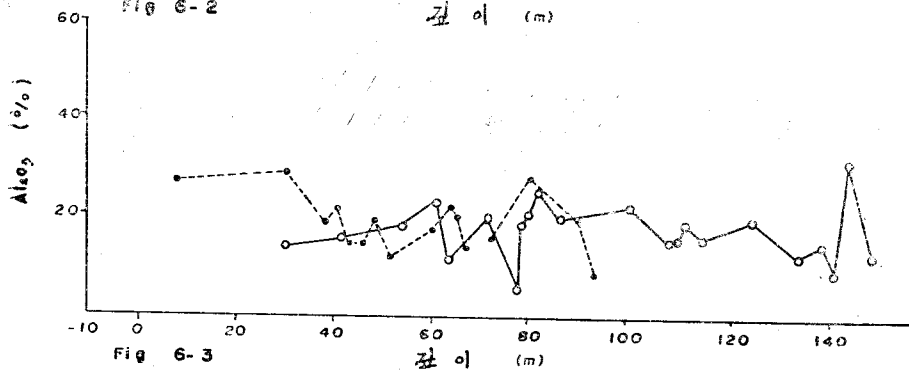


Fig 6-3

6-1 깊이에 따른 SiO_2 의 변화

6-2 깊이에 따른 SO_3 의 변화

6-3 깊이에 따른 Al_2O_3 의 변화

1호공 —○—

3호공 —●—

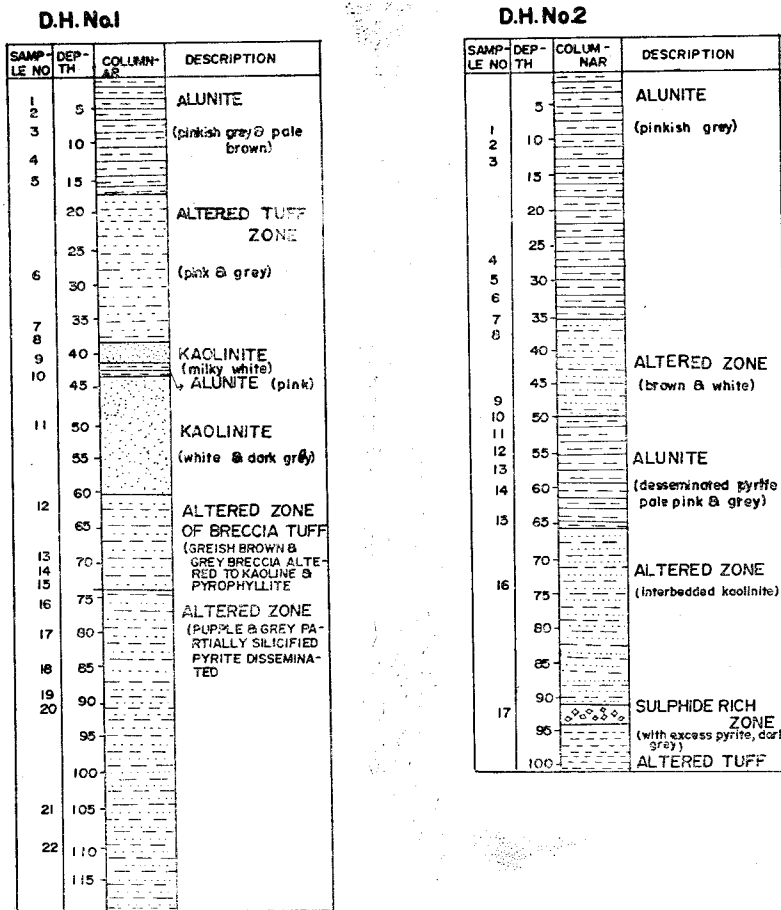


Fig. 3 Columnar section of drill holes Ogmaisan alunite deposits. (after G.M.I.K. report, 1975)

zone)는 거의 해수준면에 가까운 標高에 위치한다는 것이 玉埋山, 加沙南部鑛床의 試錐結果 밝혀졌다. 이들 황철광이 농집된 부위에서는 S의 함량이 27%에 이르고 있으며 多數의 金屬鑛物이 trace되고 있다.

고령토대 : 本帶가 우세한 곳은 鑛床의 上部이거나 直下部에 發達되어 있다. 直下部나 上部의 고령토가 産出되는 곳에서는 양질의 고령토가 屢제되나 그의 양은 大端히 적으며 dickite類의 岩石으로서 存在한다.

이帶에서 Si₂O의 양은 명반석 광체보다 뚜렷한 增加를 보이나 原來 母岩에서 양과는 거의 비슷하다. 이는 母岩에서 SiO₂의 이동없이 고령토화작용을 받았음을 알려준다. 이帶에서 sericite나 chlorite 등이 顯미경하에서 관찰된다.

명반석 鑛體內에서 혹은 그 上下部에서 脈石을 볼수 있는데, 玉埋山의 경우 脈石안에서 細脈의 명반석을 볼수도 있다. 명반석대내의 脈石은 良質의것도 있으며

그 量도 상당한 정도이다. 加沙島北部와 南部鑛床, 부곡광상층의 脈石은 이례적으로 단층면에서 그 증거로 나타나는 slickenside가 不規則的으로 發達하고 있는데 이는 鑛床生成後에온 shear zone에서 生成된것이라고 생각되어 진다.

이를 다시 간단히 綜合해 보면 一般的으로 最上部에 명반석 鑛體 그 下部에 變質帶로서 고령토를 많이 함유하며 變質産物로 (장석류로부터 온것으로 思料된) chlorite, sericite等の 鑛物을 갖는 '고령토대가 오며, 그 下部에 현저한 硫化帶가 地下水面근처에 형성된다. 矽化帶는 一定한 경향이 없이 鑛體의 上部와 下部에 형성되나 그 上部가 더 뚜렷한 양상을 나타내고 있다.

3. 微量成分 分析에 의한 變질대의 特徵

各鑛床에서 生成되는 명반석의 産狀은 거의 同一하다. 本域에서 微量成分 分析은 玉埋山鑛床 試錐3號공에서 鑛體를 이루는 鑛石과 그 하부 變質帶에 따라서

表 9 全南地域 明礬石 鑛床 分布表

광 상 명	위 치	모 암	광체형태	규화대	유화대	비 고
육매산광상	해남군 황산면 옥동리	유문암질응회암 각력질응회암	불규칙	중	현저	주향불규칙 경사10°내외
가사도 남부광상	진도군 조도면 가사도리	유문암질응회암	불규칙	가장 현저	가장 현저	경사 수평~10°내외
가사도북부광상	진도군 조도면 가사도리	유문암질응회암	층 상	미약	미약	
성산광상	해남군 황산면 부곡리	석영분암질응회암	괴 상 렌즈상	현저	현저	
부곡광상	해남군 황산면 부곡리	유문암질응회암	불규칙	현저	중	
중용리광상	무안군 장산도 중용리	각력질응회암		현저	불명	※ 1 경제점이적
장산도광상	무안군 장산도 시미리	응회암		중	미약	※ 2 N50°~60°E 경사 20°~25°NE
독천명반석광상	영암군 학산면 독천리	유문암질응회암	불규칙	중	현저	※ 3

(※1. 2 김규봉, ※3 박병철 자료임)

9개의 試料를 선택했고, 一般矽石과의 差異를 보기 위하여 가사도 北部矽化帶에서의 矽石을 分析해 보았다. 分析은 國立地質 鑛物研究所 分析科에서 實施하였으며 使用機器와 條件은 다음과 같다.

Spectrograph: Jarrel-Ash Evert type, 3.4m focal length grating spectrograph (grating; 15,000 lines/in) reciprocal linear dispersion of 5 A/mm in 1st order

Electrode: United carbon products type, preformed electrode (No. L3170) as low electrode. National carbon products type preformed electrode (No. L 4236) as upper electrode.

Sample and standards: 10 mg of sample or standard mixed with 20mg internal standard graphite powder in plastic vial.

Analytical gap: 5mm

Excitation source: DC arc 220V 12 amp.

Exposure time: 120 sec (complete burning)

Emulsion plate: SA-1 Kodak plate

Developing time: 20°C, 4mm, continuous agitation

Developer: D-19 Kodak developer

Wave length: 2250-4750A

이들 試料는 36個微量成分을 보았으나 이들중 N. D

된 成分과 아주 미량의 것은 除外하고 17個成分에 대한 分析表는 表 10과 같다. 이들중 共通으로 變질대나 明반석광체나 납석중에 多量으로 檢出되고 있는 것은 Ba, Sr, Ti이며 Zn와 Mn은 거의 순수한 明반석에서는 檢出이 不되고 있으나 矽化帶, 硫化帶, 高령토대에서는 高루 檢出되고 있다. Zuev와 Kosterin은 熱水 鑛化進行의 最終段階일수록 Y의 含量은 增加한다고 보고 있다. 本 分析結果에 依하면 硫化帶內에서 現저하게 Pyrite가 凝集된 部위의 試料(시료번호 7)에서 Y의 含量은 80ppm이며 下部 變질유문암質응회암류에서 (시료번호 8) 40ppm, 가사도 북부의 矽化帶에서 產出되는 矽石은 20ppm으로 나타나며 高령토대에서 10ppm이 檢出되고 있다. 그러나 明반석帶에서는 이의 檢출이 없으며 납석에서도 分析結果는 역시 N. D이다. 이로서 Zuev (1960)의 이론에 따르면 최초로 明반석, 납석이 生成되고 次후에 次어 Sulphide가 모여서 硫化帶를 形成시켰다고 볼수 있다. 이는 鑛物共生關係에서 본 生成順序와 一致되는 見解이다.

이들 試料全體中에서 순수한 明반석이나 유화대의 黃철광들속의 Ba의 含量이 거의 同一하다. 이를 當量比로 計算하면 약 0.68%의 BaSO₄를 함유하는 것으로 나타난다. 一般的인 矽石에 비하여 明반석광상 규화대

Table 10. Analyses of the samples from drill hole No. 3 Okmaisan.

Comp. No.	Mn	Ag	Be	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Sr	V	W	Y	Zn	Zr	In	Ti	Ba
1	N. D	N. D	N. D	2.5	N. D	5	N. D	N. D	200	6	N. D	N. D	N. D	50	N. D	500	4000
2	35	<1	N. D	20	10	15	N. D	"	90	15	"	"	"	20	<10	300	200
3	50	<1	"	20	10	18	"	"	170	15	"	10	700	80	<10	1800	400
4	35	<1	"	10	10	15	"	"	1,000	15	"	N. D	N. D	70	<10	1200	400
5	40	<1	"	15	10	15	"	"	250	20	"	"	500	25	<10	500	250
6	50	<1	"	15	10	10	"	"	900	20	"	10	200	50	<10	800	500
7	20	9	"	20	25	15	800	20	450	10	"	80	200	60	N. D	1000	4000
8	150	<1	<1	5	N. D	10	N. D	N. D	70	15	"	40	200	40	10	750	180
9	N. D	N. D	N. D	2	"	20	"	"	N. D	15	"	N. D	200	10	N. D	70	500
10	70	7	"	30	"	120	100	"	70	600	"	20>	1000	120	<10	950	300
11	35	<1	"	8	10	15	N. D	"	N. D	15	"	N. D	N. D	80	N. D	250	60
12	200	<1	"	7	20	25	N. D	N. D	80	30	"	N. D	N. D	60	N. D	500	600

試料番號	1. 가사도北部鑛床 紅色의 明礬石	7.	"	91-94m
	2. 玉堆山 試錐3號孔 9.7m	8.	"	98m
	3. " 23.5m~24m	9.	玉堆山 地質 노동에서의 鑛石	
	4. " 34.5m	10.	加沙島南部鑛床 白色의 鑛石	
	5. " 40-41m	11.	國立地質鑛物研究의 鑛石分析值	
	6. " 49-53m	12.	" 鑛石분석치	

내에서의 矽石과의 差는 V. Zn. Ti. Ba. Ni. Mo 등 金屬 元素들의 양이 상당히 증가되어 있다는 것이다.

이들 成分中 가장 현저한 變化를 보이는 것은 Ba 이다. 硫化鑛物이 풍부한 부위에서와 명반석대 내에서 Ba 이 각기 4,000PPm이 검출되고 있다.

V. 成 因

本城의 명반석 광상의 成因을 밝히기에 앞서 이의 成因과 關係있는 諸說을 밝히기로 한다. Butler는 명반석鑛床의 形成에 유리한 條件은 비교적 적은에서이며 드물게는 deep-seated solution으로부터 形成되었으리라 보고 있다. 또한 鑛床의 산화대에서 secondary mineral로서 산출되기도 한다는 것이다. Clarke는 solution은 산성열수이며 이는 황철광의 산화에 의하여 生成되고 이 열수가 aluminous rock에 영향을 미쳐 sulphates of almina를 形成한다는 것이다. Lingreen은 카리 알루미늄 규산염鑛物에서 oxidizing sulphide로부터는 sulphuric acid를 함유한 熱水作用에 의하여 명반석을 生成하였다고 보았다. Larsen은 어떤 外因的 要素가 없이 명반석화 작용을 일으킬만한 열수의 上昇을 (sulphuric acid solution), 강력히 시사하고 있다. Rand-som (1905)은 hydrogen sulphide와 약간의 carbon dioxide를 함유한 열수의 上昇에 의한 것으로 보고 있

다. 이 유화수소는 지표근처의 sulphuric acid에 의해 산화되었을 것이며 이에 의하여 명반석화작용이 可能하였을 것이라는 것이다.

本城의 광상에서 보던 hydrothermal alteration의 주요 生成鑛物로 알려진 sericite, quartz, chlorite, sulphide (주로 Pyrite) zoicite와 carbonates가 나타나고 있다. 또한 熱水變質의 과정에서 많이 生成되어지는 점토鑛物이 가장 흔하게 分布되어 있다. 이로써 熱水變質作用에 의해 生成된 것임을 알수 있다.

Deville (1852)에 의하여 명반석 人工合成實驗이 최초로 성공되었고 그후 R. J. Reonard (1927)에 의하여 이뤄졌다. 그의 實驗에서 大氣壓下에서 각기 22°, 65°, 100°C에서 200 mesh로 저리된 feldspar로부터 aluminum sulphate, potassium sulphate, sodium sulphate solution의 첨가로서 時間은 7日, 14日, 60日 등에서 명반석의 生成이 可能하였고 200°C 15대기압하에서는 aluminum sulphate solution에 의해서만도 生成이 可能하다는 것이다. 實驗에서 얻어진 명반석 결정의 감정은 X-線회절에 의해서 判別했다. 65°C에서 처리한 結果는 表 11과 같다.

위 實驗에서도 밝혀졌듯이 鑛床에서의 sericite zoicite kaoline 鑛物 分布狀態로 보아 저온성임을 유추할 수 있다. 특히 上昇하는 열수용액은 유화수소나 SO₂를 포함

Tab. 11. Temperature: 65°C. Time: 60 days

500 C. C. Solution	Mineral (1gm., 200 mesh)			Blank
	Microcline	Albite	Bytownite	
H ₂ SO ₄ +Al ₂ (SO ₄) ₃	1.18 gm 50% Alunite	1.17 gm 60% Alunite	0.80 gm 30% Silica 60% Alunite	
H ₂ SO ₄ +Al ₂ (SO ₄) ₃	0.77 gm 85 Alunite	6.60 gm 90% Alunite	10.32 gm 9% Silica 90% Alunite	
Na ₂ SO ₄ +Al ₂ (SO ₄) ₃	4.43 gm 90% Alunite	5.03 gm 90% Alunite	6.92 gm 9% Silica 90% Alunite	
Al ₂ (SO ₄) ₃	1.46 gm 80% Alunite	1.5 gm 80% Alunite	1.80 gm 19% Silica 80% Alunite	

하고 있었을 것으로 생각한다. 이는 변질대 전체에 넓게 分布하는 黃鐵鑛으로서 이의 存在를 알 수 있다.

여기서 可能한 反應式은 $2SO_2 + 3O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 2O_2 + 22600 \text{ Cal}$ 로 Sulphur trioxide를 生成하고 Lunge (1913) 實驗에 의하면 大氣壓下 150°C에서 $3SO_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + S$ 의 反應式이 可能하다는 것이다. 鑛床生成時의 조건은 대기압보다는 壓力이 더욱 컸을 것이므로 이보다 더 낮은 溫度條件下에서도 sulphuric acid를 生成시킬 수 있을 것이다. 이런 황산은 長石類와의 反應에 의하여 K₂SO₄과 Na₂SO₄, Al₂(SO₄)₃ 등의 生成을 얻을 수 있을 것이다. 이런 岩石類와의 反應式은 복잡하기 때문에 간단히 설명하기는 곤란하지만 이의 生成은 용이했을 것이다. 여기서 R. J. Reonard (1927)의 實驗결과와 대비해 생각해 보면 이렇게 生成된 H₂SO₄, Al₂(SO₄)₃, K₂(SO₄), 와 Na₂(SO₄)₃가 장석류인 microcline (KAlSi₃O₈), albite (NaAlSi₃O₈) 또는 anorthite (CaAl₂Si₂O₈) 등과 反應하여 alunite K(Al(OH))₂(SO₄)₂·3H₂O를 生成시켰으리라 본다. 여기서 물론 적당한 溫度나 地表로부터 Oxidizing water의 복합적인 요소가 갖춰져야 되리라 본다. 本域에서도 明礬화가 이뤄진 것은 長石類가 풍부한 응회암류였다. 明礬石의 成因中 supergene product로 보는 學者도 있으나 이는 변질화산암류중에 散點狀의 分布를 보이는 경우에 해당될 것이며 本鑛床은 상승하는 열수에 의한 것이다.

上昇하는 熱수가 가져온 硫化物로서 明礬화가 최초로 일어났을 것이며 이들중의 일부는 Fe와 작용하여 황철광을 거의 明礬화 작용이 일어나는 것과 同時에 生成되었을 것이다. 그리고 그 明礬화를 이룬 광체 上部로 고령토화작용이 일어났을 것이다. 明礬석 광체

내에서 납석이 협제되는 것으로 미뤄보아 납석이 生成되고난 후 잔여열수의 二次的인 變質이 영향을 주어 生成되었거나 明礬석의 生成과 同時에 生成되었을 것이다. 그러나 後者は 아무래도 明礬석作用에 필요한 sulphide가 납석의 生成에 무관하므로 이에 의문이 따르고 전자도 의문이 따르나 초기 明礬석이 生成된 후에 납석이 生成된 것으로 보여진다. W. Nall(1936)의 合成實驗에 의하면 Al₂O₃: SiO₂=1:4의 混合物에 여러 種類의 酸과 알카리를 加하여 高溫處理를 한 結果 300°C에서 kaolinite, 500°C에서 pyrophyllite 合成되었다고 한다. 이 실험에 의하면 kaoline보다는 납석광상의 生成溫度가 높다는 結論이 나온다. 이러한 理論을 實證케 하는 증거를 발견하기는 힘드나 실제로 明礬석이 초기에 生成되고 그와 거의 동시에 또는 그이후에 kaolinite가 生成되기전에 납석이 生成된다는 것은 微量成分分析의 結果로서 비교해 볼때도 鑛石의 生成順序는 明礬석, 납석 그리고 고령토의 순서로 보는 것이 가장 타당하리라고 본다. 황철광은 초기 그리고 鑛床 生成 末期에도 生成되었을 것으로 여겨지며 실제로 鑛床에서 그런 分布狀을 나타내고 있다. 明礬석鑛床 生成溫度는 저열수성 내지는 중열수성 광상에 해당되는 범위였을거라고 생각한다. 변질대의 산물을 나타내는 광물도 저온성 광물로 나타나고 있다. William H. Emmons(1908)가 綜合한 表를 보면 明礬석은 Randsme과 Lindgren에 의해 천열수내지 中熱水 광상으로서 주위에 花崗岩體와 연관이 있거나, 二次鑛物로서 산화대나 sulphide enrichment zone에서 나타나는 것으로 되었다. 이로서 Lindgren의 鑛床의 分類에서 보면 50~300°C의 범위의 온도를 指示하고 있다. R. J. R. Eonard (1927)에 의한 人工合成實驗에서 보아도 저온에서 형

성했을 가능성은 충분히 있다고 보여진다. 실제로 야외 증거에서도 절촉된 花崗岩體도 없으므로 이들의 生成溫度는 이범위에서 그쳤으리라 생각된다. 명반석의 정확한 生成溫度를 얻고자 fluid inclusion을 시도해 보았으나 아주 작은 유체포유물만이 있어서 이 自體가 確實한 초생유체포유물인지의 여부를 가리기도 어려웠다. 熱水變質作用時 一般的으로 카리의 이동에 관심을 보이는데 本域에서는 이의 증가는 열수自體가 함유한 것이라기 보다는 주위의 응회암류가 포함한 (자력질응회암류 K_2O 3.82, 유문암질응회암류 1.65)이동에 그치는 것으로 볼수 있다. Na_2O 는 상당량 교대되었는데 이를 K가 교대한 것으로 보고 있다. Al_2O_3 는 成分의 이동없이 自體것이 그대로 변질작용에 끼여든것 같다. 결론으로 本域에서의 명반석 광상은 저온성 열수교대변질作用에 의한 것이다.

VI. 結 論

本 研究는 명반석의 成因을 밝히는데 있었으며 전남

지역에 부존하는 명반석 광상에 대한 연구결과는 다음과 같다.

1. 本域에 南韓의 명반석鑛床이 集中되었다.
2. 母岩은 대부분이 酸性火山活動과 關係있는 火山퇴적암류인 流紋岩質 凝灰岩類로 되어 있다.
3. 鑛床의 賦存은 넓은 의미로 볼때 層狀을 이루고 있는데 이는 鑛床이 層序의인 規制 岩石學的인 規制를 현저히 받은데 기인한다.
4. 鑛物의 生成順序는 微量分析結果와 鑛物共生關係로 보아 黃鐵鑛이 生成되면서 최초로 명반석이 生成되었으며 이와 거의 동시에 그리고 後期에 各己 鑛석이 生成되고난후 고령토가 生成되었으며 최후로 赤鐵鑛을 形成시켰다.
5. 이들 鑛床은 鑛體주위에 硅化帶, 硫化帶, 고령토대의 현저한 變質帶를 갖고 있다.
6. 鑛床의 生成溫度는 低溫性이며, 鑛床은 熱水中에 함유된 H_2S 나 SO_2 가 上昇하면서 凝灰岩類中的 長石類와 交代變質作用을 일으켜 生成된 熱水交代鑛床이다.

參 考 文 獻

- 김규봉(1970): 全南一帶 明鑛石鑛床調查報告書, 지질광상 조사 연구보고 제12호 P. 171-235.
- 지경만(1962): 남석의 成因, 서울대학교
- (1975): 南韓의 螢石鑛床의 成因에 關한 研究, 광산지질 8권 1호
- 趙漢益·文熙壽(1975): 玉埋山地域 明鑛石鑛床 調查報告, 지질광물조사연구보고서 Vol 3. Part I P.163-186
- 박병철(1974): 독천지역 명반석광상조사보고, 지질광물조사연구보고서 Vol 2. Part II P. 141-160.
- 김상옥, 윤운영(1971): 珍島, 智山 圖幅說明書
- 김서운, 박양대(1967): 南倉 圖幅 說明書
- 木野崎吉郎(1929): 海南, 右水營 圖幅 說明書
- 木野崎吉郎(1934): 조선광상조사요보 8권
- 조명승 외 2인(1969): 명반석에 대한 선광시험, 선광시험연구보고 제 3호 P. 1-18.
- Clifford Frondel (1962); Dana's the system of mineralogy, Vol. III, silica mineral.
- Hubert Lloyd Barnes (1967); Geochemistry of Hydrothermal ore deposits, Holt Rinehart and Wirston, INC.
- Raymond B. Ladoo and W.M. Myers (1951); Nonmetallic Minerals, McGraw-Hill Book Co.
- George M. Schwartz (1959): Hydrothermal Alteration. Eco. Geol. Vol. 54 No. 2
- Robert L. Bates (1959); Classification of the nonmetallics, Econ. Geol. Vol. 54 pp. 248-253.
- Frank C Schrader (1913); Alunite in Patagonia, Arizona, and Bovard, Nevada, Econ. Geol. Vol. 8 No. 8
- Butler and Gale (1912); Alunite a newly discovered deposit near Marysvale, Utah. U. S. G. S. Bull. No. 511 p. 8
- William H. Emmons (1908); A Genetic classification of minerals. Econ. Geol. Vol. 3 No. 6
- Gerald parkinson (1971); Alunite or though low-grade, can now be treated to yield alumina and fertilizers' Engineering Mining Journal Aug.
- (1973); Golden pilot plant points way to 500,000-tpy alumina from-alunite mine and plant in Utah
- Edson S Bastin(1913); Metasomatism in Down ward sulphide enrichment, Econ. Geol. Vol. 8 No. 1
- B. S. Butler (1919); Primary (Hypogene) sulphate minerals in ore deposits., Econ. Geol. Vol. 4 No. 8
- Alfred Wandke (1925); The Caridad mine, Sonora, Mexico, Econ. Geol. Vol. 20 No. 4
- R. J. Reonard (1927); Hydrothermal alternation of certain silicate minerals, Econ. Geol. Vol. 22

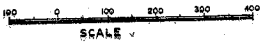
Lunge and George (1913); The manufacture of sulphuric acid and Alkali, New York D. Van Nostrand Co.

Harold P Klug (1962); X-ray diffraction procedure, New York John Wiley and Sons.

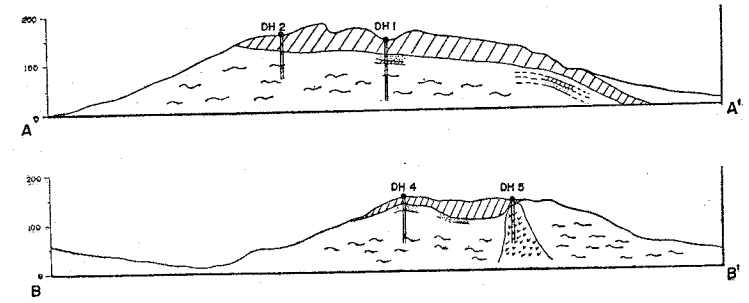
F. C. Phillips (1955); The use of stereographic projection in structural geology, London Edward Arnold Co.

U. S. G. S (1967); Ash flows and Related Volcanic rocks associated with the Creede caldera San Juan Mountains
Colorado, U. S. G. S. prof. paper 524-H

GEOLOGIC MAP OF OGMAI - SAN ALUNITE DEPOSIT



CROSS SECTION (A-A', B-B')



LEGEND

- Alluvium
- Alunite
- Pyrophyllite
- Kaolinite
- Alteration zone
- Rhyolite tuff
- Ramprophyre
- Open cut
- Cross SECTION line
- Drill Hole site
- Strike and dip

INDEX MAP

