

御來山地域의 褐簾石鑛床

吳 敏 秀*

Allanite Mineralization in the Mt. Eorae Area

Mihn-Soo Oh*

Abstract: A study of rare-earth mineralization in Kyemyungsan metasedimentary formation of Precambrian Ogcheon Group was carried out in the Mt. Eore Area near Choongju City based on the thorium (Th) and uranium (U) count data of geophysical airborne survey.

This rare-earth mineralization was found in the magnetite-bearing banded quartzite which contains diagnostically some amounts of the metamict allanite. The brown colored allanites are distributed as aggregates of fine grains and sometimes banded structures with magnetite (intergrowth) along the banding.

The ore bed is displaced by the small faults and granite intrusions, and separated 5 ore blocks. The dimensions of the outcrop are 50-80 m in width, 1,500 m in length with the strike of N70-80°E and dip of 50-80°NW.

In the field, the values of total gamma ray count of GR-101A scintillometer were able to measure more than 400 cps and maximum 1,500 cps, which data are coincided with the values of GR-310 gamma ray spectrometer and the gamma ray count of well logging data.

The chemical compositions of the allanites from EPMA data are ranged from ΣTR_2O_3 18.57% to 26.00%, and the cerium oxides (Ce_2O_3) of allanite are positive relation with La_2O_3 , MgO, FeO, MnO and negative relation with SiO_2 , Al_2O_3 , Nd_2O_3 .

The result of Neutron Activation Analysis (N.A.A.), Multi-Channel Analysis (M.C.A.) and wet chemistry of 25 outcrop samples for the elements of REE, Zr, U, Th shows strong anomalies. The good correlation elements with the thorium (Th) are the elements of La, Ce, LREE, TR_2O_3 , Pr, Sm, Yb, Lu by the increasing order.

序 言

御來山(383 m 標高)地域은 堆積起源의 鐵鑛床 賦存地域으로 鐵鑛石을 生産(御來·金谷鐵鑛山)하고 있는 地域으로, 先캄브리아紀의 變成堆積岩인 沃川系 鷄鳴山層이 넓게 分布하고 있다.

行政區域上으로는 忠淸北道 中原郡 周德面과 利柳面, 陰城郡 蘇伊面 및 槐山郡 佛頂面 等 3個郡의 接境地로 御來山體의 頂上部가 鑛層의 中心部

를 이루고, 地理座標上으로는 北緯 36°54'~36°58', 東經 127°45'~127°50'의 範圍地域으로 忠州市에서 西南西方向으로 直線距離 12 Km 地點에 御來山 頂上이 位置한다.

對象 稀土類 鑛物은 褐簾石(allanite)으로 鷄鳴山層中에 層狀으로 御來山 頂上部를 中心으로 大體로 東西의 走向으로 山陵線部를 따라서 急傾斜를 이루면서 發達하고 있다.

御來山地域에 對하여는 動資研에서 航空物理探查를 實施하여 Uranium, Thorium 및 Total Gamma Ray Count 異常帶를 確認한 바 있고(Park *et al.*, 1987), 이를 根據로 地表露頭部에서 U, Th의 放射能 異常値와 U, Th의 地化學的 異常을 確認하

*韓國動力資源研究所(Korea Institute of Energy and Resources, 219-5, Garibongdong Kurogu, Seoul, 152-600, Korea)

고 精密調査를 추천한 바 있다(吳天赫外, 1987).

野外調査時는 鑛化區域을 確認하기 爲하여 GR-101A Gamma Ray Scintillometer 와 GR-310 Gamma Ray Spectrometer 를 使用하였고, 鑛床의 地化學의 特性을 糾明하기 爲하여서는 MCA 方法 (Multi-Channel Analysis), XRF 方法, NAA (Neutron Activation Analysis) 方法, EPMA 및 습식 분석방법 등으로 精密化學分析을 實施하였다.

地質概要

沃川系의 地質에 關하여는 많은 研究結果가 있으므로 詳細한 記述을 省略하고, 다만 鑛化作用과 관련된 現地 調査結果를 記述하고자 한다.

本域의 地質은 先캄브리아紀의 鷄鳴山層이 넓게 分布하고, 이를 貫入하는 侏羅紀의 黑雲母花崗岩이 低地帶를 이루며 分布하고 있다(Fig. 2)

鷄鳴山層은 黑雲母-角閃石 片岩과 含磁鐵石 縞狀 硅岩으로 構成되며, 含磁鐵石 縞狀 硅岩層 中에 黑雲母-角閃石 片岩이 薄層으로 狹在되어 있으며, 一般的인 走向은 N20~70°E, 50~80°NW 의

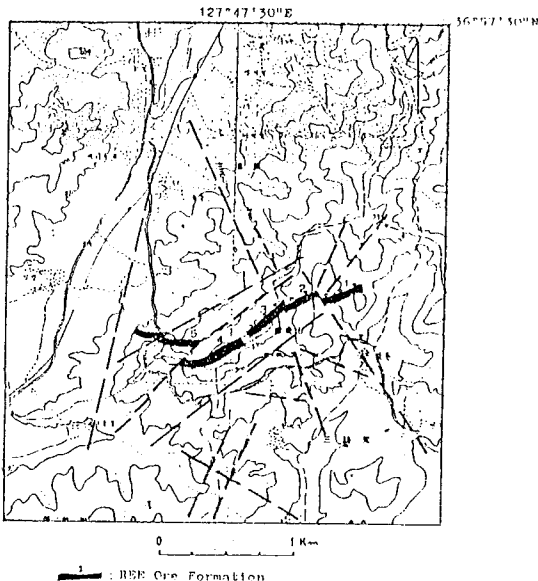


Fig. 1. Lineament interpretation (Landsat Image) and distribution of REE ore formation of Mt. Eorae area.

傾斜를 보이고 있다.

黑雲母-角閃石 片岩보다는 含磁鐵石 硅岩이 높은 放射能 異常値를 보이며, 含磁鐵石 縞狀 硅岩 中에서도 縞狀構造가 뚜렷한 部分이 높은 放射能 異常値를 보이는 것이 特徵이다.

含磁鐵石 縞狀硅岩은 淡褐色 乃至 淡紅色을 띄우며, 磁鐵石이 方向性을 보이며 淡紅色의 長石과 交互하여 나타나고, 顯微鏡觀察에 依하면 主構成 鑛物로 石英, 斜長石 및 카리長石, 副成分鑛物로는 黑雲母, 角閃石, 綠簾石, 褐簾石, 白雲母, 磁鐵石 및 赤鐵石이 觀察된다. 또한 褐簾石의 量과 比例하여 放射能 異常値가 높게 나타난다.

黑雲母花崗岩은 白色으로, 中粒質이며 色指數 (color index)가 2~3% 程度이다. 黑雲母花崗岩體 中 部分的으로는 角閃石의 量이 增加하여 閃綠岩에 가까운 岩相을 보이는 部分(第1鑛體와 第2鑛體 北側)도 있으나 低地帶에 主로 分布하여 露頭 發達狀態가 不良하여 兩者의 關係나 精確한 分布 狀態를 區分할 수 없었다.

線構造

御來山體를 中心으로 하는 地域에 對하여 航空 寫眞判讀에 依한 線構造를 解折하여 Fig. 1에 表示 하였다.

NE 系의 線構造는 N12~58°E 範圍이고, NW 系의 線構造는 N20~80°W 範圍內에서 多數 發達하고 있다. 그러나 野外調査結果로는 褐簾石(allanite) 鑛層이 航空寫眞判讀外에 나타난 斷層에 依하여 切斷移動된 것을 觀察할 수 있다.

鑛床概要

褐簾石(allanite) 鑛床은 沃川系 鷄鳴山層 中 含磁鐵石 縞狀硅岩層準에 沿하여 層狀으로, 御來山 頂 上部를 中心으로 大體로 東西走向의 陵線을 따라 急傾斜를 이루며 發達하고, 地表 露頭部에서는 層厚 50~80 m, 延長 1500余 m가 確認된다(Fig. 2, 3).

鑛層의 東西端은 黑雲母 花崗岩의 貫入에 依하여 切斷되어 그 延長은 確認할 수 없고, 鑛層自體는 NS 系의 小斷層들과 小規模 花崗岩 貫入體에 依하여 6個 blocks으로 切斷移動되어 分離하여 分

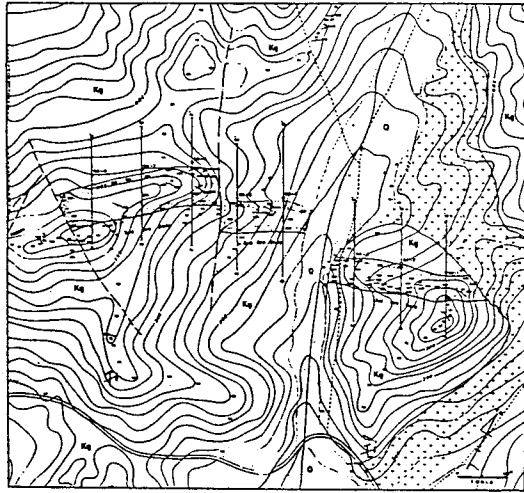


Fig. 2. Geological map of Mt. Eorae area.

本 研究에서는 上述한 6個 鑛體 中에서 第 1, 第 2 및 第 3鑛體의 3個 鑛體만을 對象으로 研究를 進行하였다.

動資研에서 1986年度 實施한 航空物理探查結果 直徑 2,000 m 크기의 圓形의 Uranium, Thorium 및 Total Gamma Ray 異常帶가 御來山 頂上部를 中心으로 確認되어, 本 異常帶를 調査 對象地로 하여 研究를 進行하였다.

御來山體區域의 自然放射能 背景値는 50~120 cps(花崗岩 20~30 cps, 閃綠岩 20 cps, 鐵鑛石 50~70 cps, 塊狀硅岩 120 cps) 이고, 對象 稀土類鑛體의 경우는 400~1,500 cps 値를 보여서 鑛化作用의 運轉을 確認할 수 있었다.

確認된 稀土類 鑛物은 褐簾石(allanite)으로 含磁 鐵石 縞狀 硅岩內에 磁鐵石과 帶狀으로 分布하거나 또는 微粒의 集合體로 產出하고 있으며(Fig. 6, 20, 21), 또한 褐簾石은 metamict 狀態로 產出하므로 XRD 로는 確認할 수 없었다.

布하고 있어서, 東端에서 西側을 向하여 편의상 第 1鑛體, 第 2鑛體, 第 3鑛體..., 第 6鑛體로 命名 하였다(Fig. 4, 5).

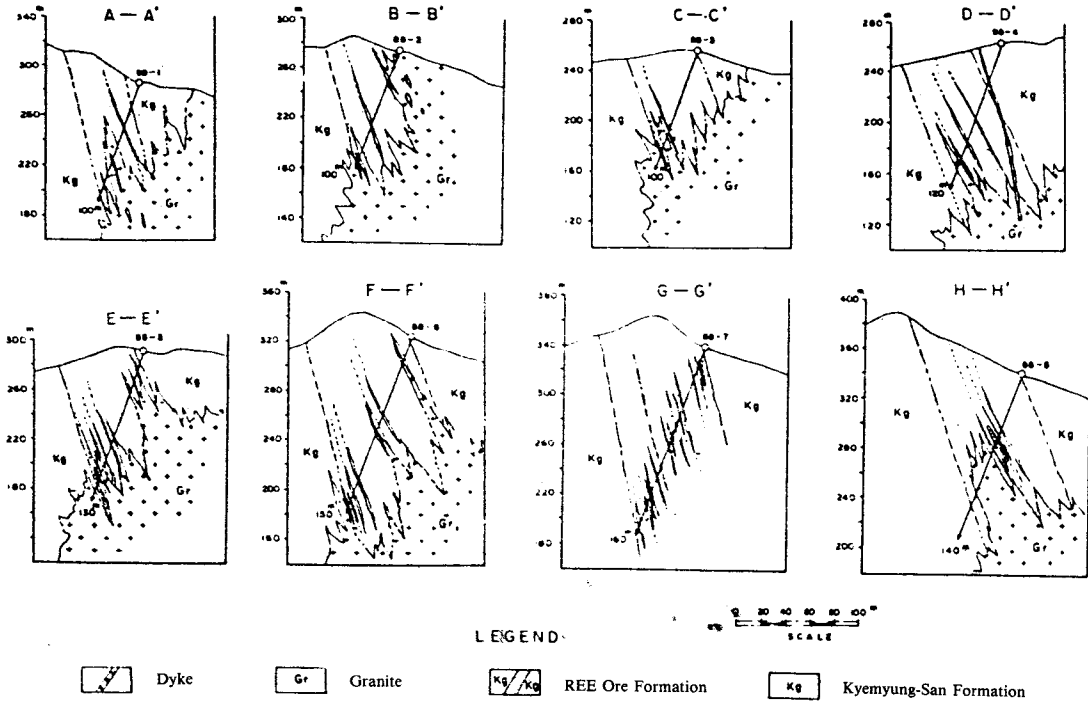


Fig. 3. Geological section of Mt. Eorae area.

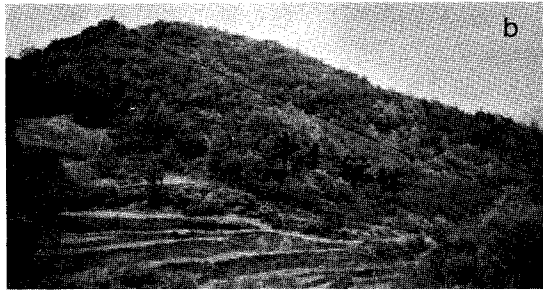
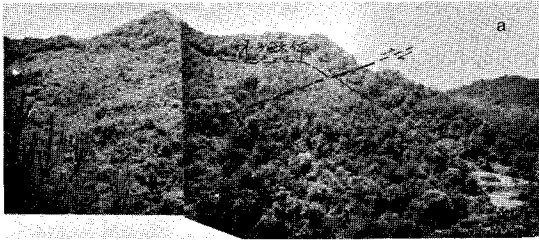


Fig. 4. View of REE ore bodies of Mt. Eorae area.

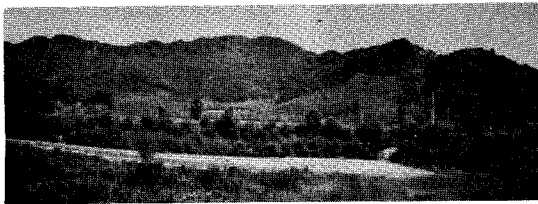


Fig. 5. View of Mt. Eorae area.

航空物理探査異常帶와 鑛體

動資研에서 1986年 1/5萬 忠州圖幅(新形)地域에 對하여 實施한 航空物理探査結果 御來山 頂上部를 中心으로 U, Th, Total Gamma Ray, Total Magnetic Intensity 및 Residual Magnetic Intensity의 正의 異常帶가 나타났고, U/Th Ratio와 Potassium(K)의 負의 異常帶가 確認되었다(Fig. 7-13).

正(+의 異常帶는 大體로 直徑 2,000 m 크기의 圓形으로 나타났고, U, Th 및 Total Gamma Ray 異常帶의 경우 異常值의 最高值의 頂點部가 御來山體 頂上部(383 m)와 一致하고 鑛層은 異常帶 頂點部 또는 御來山體 頂上部를 中心으로 大體로 東

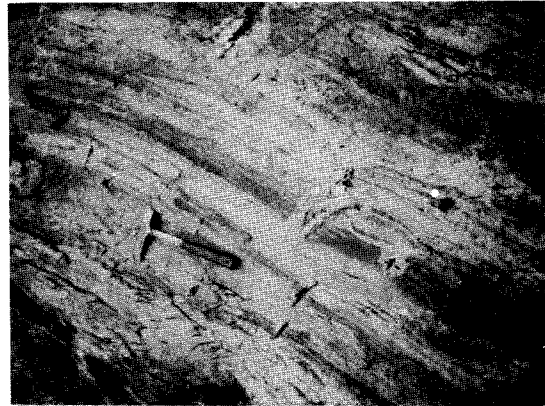


Fig. 6. Outcrop of REE ore.

西方向의 山陵線을 따라 發達하고 있다.

Potassium(K) 異常帶의 경우는 負(-)의 頂部의 中心을 基點으로하여 鑛層이 亦是 東西走向으로 發達하고 있다.

其外 U/Th Ratio, Total Magnetic Intensity 및 Residual Magnetic Intensity 異常帶와 鑛層과는 相互 연관성을 찾을 수가 없다.

그러므로 鷄鳴山層 分布地內에서는 御來山體에서 確認된 U, Th 및 Total Gamma Ray 異常帶를 Model로 하여 探査에 應用할 수 있으며, 다만 Potassium(K)의 負의 異常帶와 鑛體와의 關係는 앞으로 鑛床의 成因的 側面에서 考察하여야 할 것이다.

鑛床의 地球化學的 考察

御來山地域에 賦存發達하는 褐簾石鑛床의 地化

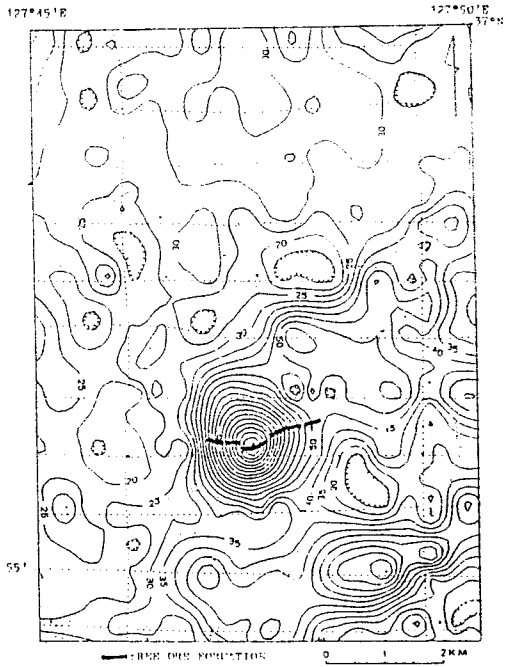


Fig. 7. Thorium count map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. et al., 1987).

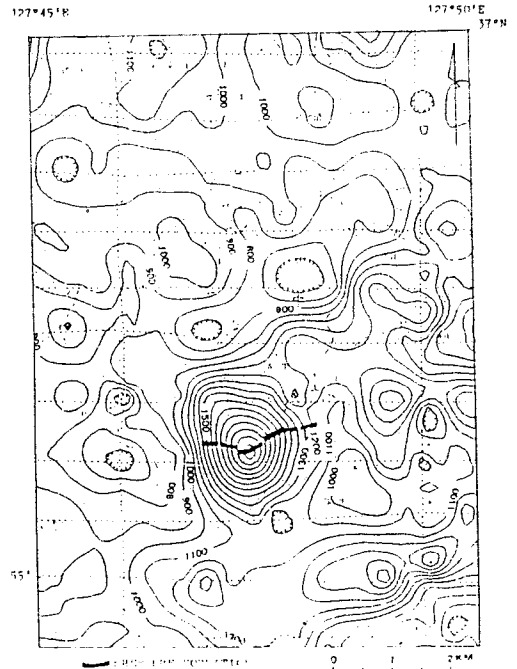


Fig. 9. Total gamma ray map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. et al., 1987).

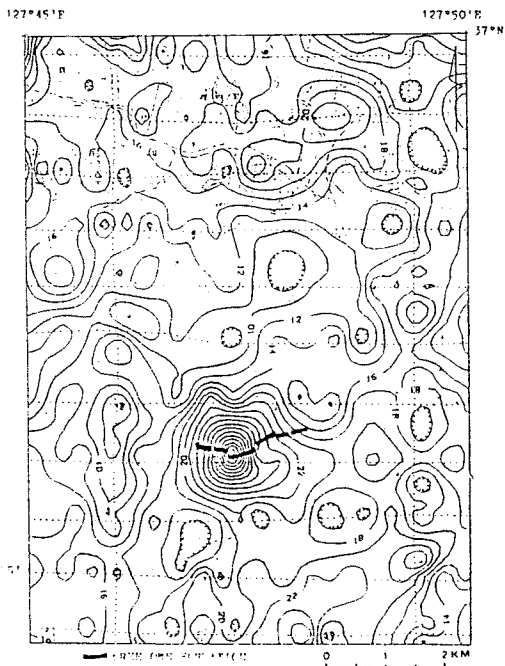


Fig. 8. Uranium count map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. et al., 1987).

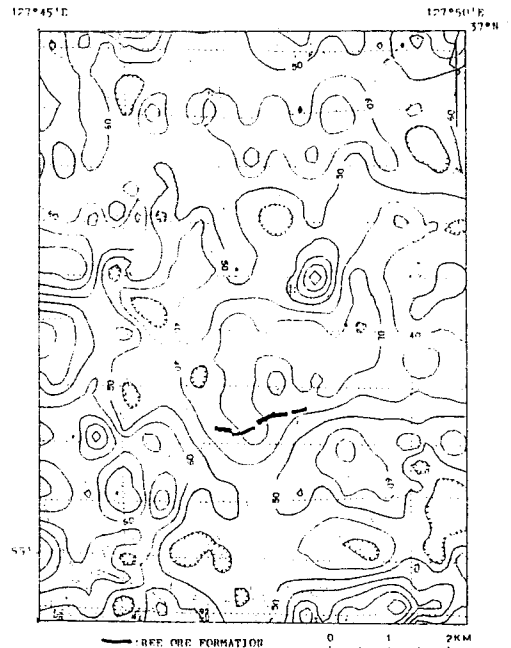


Fig. 10. Uranium/Thorium ratio map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. et al., 1987).

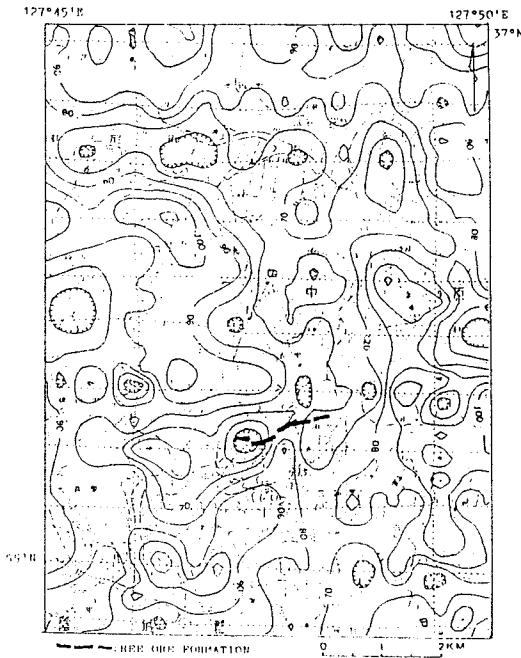


Fig. 11. Potassium count map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. *et al.*, 1987).

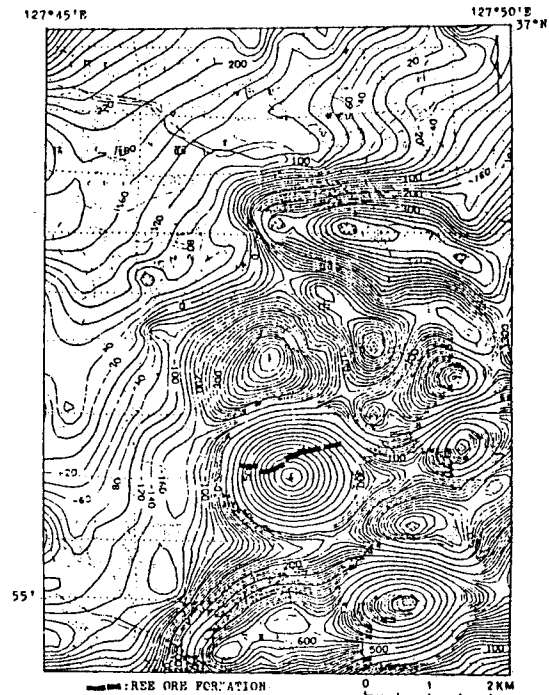


Fig. 13. Residual magnetic intensity map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. *et al.*, 1987).

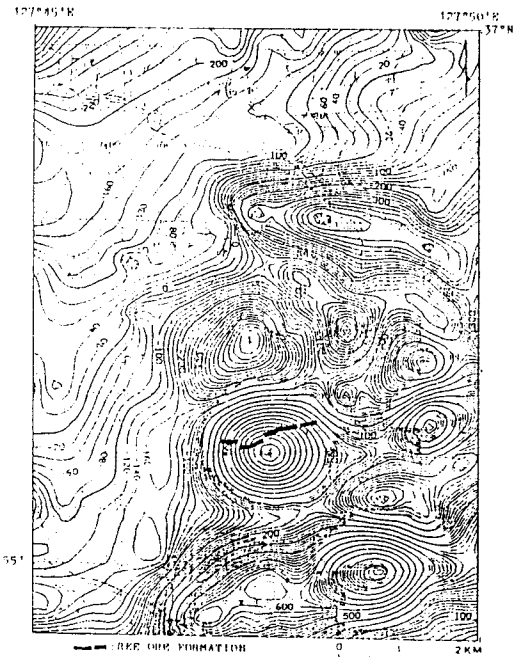


Fig. 12. Total magnetic intensity map of Mt. Eorae area (after Park, Y.S. *et al.*, 1987).

學의 特性을 糾明하기 爲하여 褐簾石을 含有하는 鑛體露頭試料, 周圍에서 產出되는 鐵鑛石(磁鐵石과 赤鐵石)試料, 鐵鑛體 周邊의 母岩試料(CJ-517), 鑛體를 貫入切斷하는 黑雲母花崗岩과 閃綠岩試料等 25個 試料를 GR-101A Gamma Ray Scintillometer 로 20 cps에서 1,350 cps(野外 露頭部에서의 測定值)값 사이의 試料를 選擇하였다.

精密化學分析은 M.C.A. 方法으로 U 과 Th 成分을, 습식분석으로 ΣR_2O_3 成分을, 그리고 同一試料에 對하여 N.A.A. 方法으로 REE(La, Ce, Nd, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Yb, Lu 등 10個 成分), U, Th, Sc, Cr, Fe, Zr, Hf, Ta 등 總 21個 成分을 實施하였다 (Table 1, 2).

Fig. 14에서 보는 바와 같이 精密化學分析值와 野外에서 GR-101A Gamma Ray Scintillometer 로 測定한 Total Gamma Ray 值와 몇 個의 試料를 제의하고는 大體로 正의 關係를 보이고 있다.

Total REE 值는 主로 輕稀土類值(LREE)가 大部分을 構成하며, 또한 輕稀土類值는 主로 Ce 과 La 이 主構成成分이다.

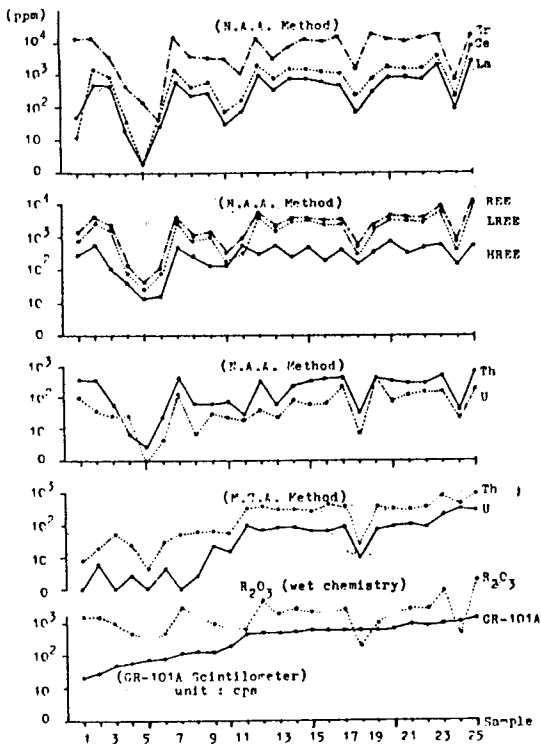


Fig. 14. Distribution of trace elements of REE & Fe ores and rocks from Mt. Eorae area (For analytical data and sample numbers from Table 1 and 2)

25個 研究對象試料 中 稀土類鑛石 試料까지의 試料番號 11(CJ-516)에서부터 25(CJ-3)까지의 15個 試料로서 Total Gamma Ray 測定値가 500 cps 以上 1,350 cps 區間으로 地化學的 特性을 分析方法 和 化學成分別로 綜合記述하면 아래와 같다.

Uranium 和 Thorium 成分은 M.C.A. 方法으로 分析한 結果는 U 成分이 9~315 ppm, Th 成分이 24~1,001 ppm 이고, N.A.A. 方法으로 分析한 結果는 U 成分이 6~516 ppm, Th 成分이 25~809 ppm 으로 分析方法에 따라서 若干의 差異를 보이고 있다.

N.A.A. 方法으로 分析한 稀土類(REE) 成分値는 Lanthanum(La) 成分이 61~1,915 ppm 이나, 100 ppm 以下인 3個 試料(CJ-516, CJ-606, CJ-513)를 제외한 12個 試料가 286 ppm 以上으로 12個 試料 平均値가 728 ppm 이다.

Cerium(Ce) 成分은 142.9~6856.7 ppm 範圍이나 역시 上記 3個 試料를 除外한 12個 試料가 698

ppm 以上이고, 12個 試料 平均値는 1994 ppm 으로 0.2%에 近接하고 있다.

La 和 Ce 成分 以外에 뚜렷한 異常値를 보이는 成分은 Pr, Nd, Sm, Gd, Yb 等 5個 成分이고, CJ-3 試料의 경우 Nd 成分이 1,269 ppm 을 보이고 있으며, 이는 褐簾石(allanite)으로부터 유래되었음을 間接적으로 시사하고 있다.

N.A.A. 方法에 依한 ΣTR_2O_3 値는 549~14,193 ppm 範圍이고, 上述한 3個 試料를 除外한 12個 試料의 경우 2,310 ppm 以上이며, 12個 試料의 平均値는 5,084 ppm 이 되고, 이 中에는 Yttrium(Y) 成分은 除外된 값이다.

습식방법에 의한 R_2O_3 成分値는 15個 鑛體試料 中 準備된 試料量의 不足으로 2個 試料(CJ-14, CJ-511)는 分析을 못하여, 上記 2個 試料를 除外한 13個 試料의 경우 R_2O_3 成分値가 0.02~1.96% 이고, 그 平均値는 0.4038% 이나, R_2O_3 値가 0.10% 未滿의 3個 試料(CJ-516, CJ-606, CJ-513)를 除外한 10個 試料의 平均値는 R_2O_3 0.512% 로서 N.A.A. 方法에 依한 Yttrium 値를 除外한 12個 試料의 平均 値 R_2O_3 0.508% 에 近接値가 된다.

N.A.A. 方法으로 分析한 成分 中 REE, U, Th 成分外에 Zr, Hf, Ta, Sc, Cr 및 Fe 成分을 分析하였으나, 其中 Zirconium(Zr) 成分만이 뚜렷한 異常値를 보이고 있으며, 15個 試料의 경우 Zr 成分 686~17,335 ppm 의 範圍의 變化幅을 보이고, 上述한 3個 試料(CJ-516, CJ-606, CJ-513)를 除外한 12個 試料의 경우 2,963 ppm 以上으로 12個 試料의 平均値는 Zr 12,660 ppm (약 1.30%) 으로 높은 異常値를 보이고 있다.

Trace Elements 의 相關關係

御來山地域의 稀土類鑛床에서 採取한 25個 試料에 對하여 實施한 trace elements(21個 成分) 値를 電算處理하여 元素들의 相關關係(correlation coefficient)를 求하였다.

Table 3 과 4에서 Mu 와 MTh 는 M.C.A. 方法으로 分析한 Uranium 和 Thorium 成分이고, GR 은 GR-101A Gamma Ray Scintillometer 測定値이고, R_2O_3 는 습식분석치이며, 其他 成分은 N.A.A. 方法으로 分析한 成分들이다.

Table 3 은 各 元素들에 對하여 相關係數가 +0.50 以上과 -0.50 以下 成分을 그 數値가 높은 順

Table 1. Trace elements of the rocks, Fe and REE ores (Outcrop) from Mt. Eorae area

No.	Sample Name	M.C.A. Method		GR-101A (cps)	R ₂ O ₃ (%) Wet. Method	N.A.A. Method (unit: ppm, Fe: %)							
		U (ppm)	Th (ppm)			U	Th	Sc	Cr	Fe (%)	Zr	Hf	Ta
1	CJ-518 Diorite	0	8	20	0.16	98	389	0.5	129.3	6.74	13719	303.5	177.1
2	CJ-514 Biotite-granite	6	19	30	0.16	37	346	0.8	117.6	5.44	14057	293.3	170.6
3	CJ-604 Qtzite	0	55	50	0.11	24	55	1.0	316.0	8.94	3265	68.5	26.9
4	CJ-517 Qtzite (near Fe Ore)	3	26	60	0.05	25	6	39.9	341.4	6.09	409	1.5	8.1
5	CJ-24-1 Magnetite rich	1	4	70	-	0.3	2.6	0.4	180.3	45.59	122	3.6	6.9
6	CJ-24-2 Hematite rich	5	33	75	0.05	4.1	20.5	0.7	312.0	44.18	26	19.8	10.1
7	CJ-601 Qtzite	1	55	120	0.28	146	441	0.5	ND	5.07	14938	336.7	220.8
8	CJ-501 Qtzite	3	59	130	-	6.5	58.8	0.5	60.6	2.59	3550	74.8	35.5
9	CJ-502 Qtzite	24	68	130	0.10	29	66	0.7	ND	2.90	2988	69.2	40.4
10	CJ-12 Qtzite	14	60	200	-	23	71	0.6	66.2	3.31	3046	73.6	35.6
11	CJ-516 Qtzite	104	305	500	0.06	18	25	1.1	77.1	9.36	1038	29.7	16.7
12	CJ-519 Qtzite	70	359	500	0.50	37	348	0.2	173.6	5.44	13139	283.1	162.2
13	CJ-522 Qtzite	86	279	500	0.20	22	59	0.7	159.0	4.70	2963	65.0	36.7
14	CJ-11 Qtzite	78	295	550	0.27	80	262	0.3	203.0	2.56	7180	195.4	75.4
15	CJ-515 Qtzite	65	270	600	0.22	67	308	0.3	126.5	4.48	12905	288.8	170.2
16	CJ-14 Qtzite	63	397	600	-	64	442	0.3	102.8	7.45	11064	270.7	153.3
17	CJ-520 Qtzite	86	357	600	0.24	244	441	0.5	98.8	3.67	15157	317.6	219.3
18	CJ-606 Qtzite	9	24	600	0.02	6	31	0.4	255.3	6.07	1475	36.3	18.8
19	CJ-512 Qtzite	78	352	650	0.12	516	479	0.6	ND	1.71	18338	400.6	250.5
20	CJ-511 Qtzite	94	305	700	-	77.2	366	0.4	ND	4.06	13053	304.2	176.8
21	CJ-13 Qtzite	107	292	900	0.29	133	317	0.6	171.5	4.51	11059	252.9	134.6
22	CJ-521 Qtzite	86	391	900	0.28	152	322	0.3	230.0	7.68	13077	281.3	166.9
23	CJ-605 Qtzite	215	757	1050	1.04	168	576	0.4	293.4	5.82	16648	419.3	110.9
24	CJ-513 Qtzite	315	401	1100	0.05	22.7	37	1.7	201.5	3.04	686	16.2	2.5
25	CJ-3 Qtzite	245	1001	1350	1.96	203	809	3.4	ND	10.88	17335	471.7	166.6

(Analised by KIER)

*Sample CJ-24-1 & CJ-24-2: Choongju-Iron Mine. Sample CJ-501, CJ-502 & CJ-601: Mt. Namsan

M.C.A.: Multi-Channel Analysis. GR-101A: Gamma Ray Scintilometer. Qtzite: Quartzite.

序로 表示하였으나, 分析時에 褐簾石(allanite) 과의 限定된 共生 元素만을 分析하였기 때문에 -0.50 以下の 負의 關係를 나타내는 成分은 없었다.

Uranium(Mu 와 U) 成分은 GR, MTh, Zr, Ta, Hf 와 正의 높은 相關關係를, Thorium(MTh 와 Th) 成分은 GR, La, Ce 等 稀土類 元素, Hf, Zr, Ta 과 正의 相關關係를 보이고 있다.

Lanthanium(La) 成分은 Ce, Sm, Yb, Lu, Pr, Nd, Hf, Eu 와 正의 相關關係를 보인다.

Cerium(Ce) 成分은 LREE, REE, TR₂O₃, Sm, Pr, Yb, Lu, Nd, Hf 와 正의 높은 相關關係를 보여서, 褐簾石의 一般的인 化學組成 元素와 親密性을 보이고 있다.

Zirconium(Zr) 成分은 Hf, Ta, TR₂O₃와 正의 相

Table 2. Trace elements of the rocks, Fe and REE ores (Outcrop) from Mt. Eorae area.

No.	Sample Name	N.A.A. Method (unit: ppm)										ΣREE	TR ₂ O ₃
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Yb	Lu		
1	CJ-518 Diorite	46.1	13.1	163.0	487.6	100.7	5.8	147.1	21.8	153.5	11.4	1150.1	1335
2	CJ-514 Biotite-granite	537.8	1546.8	99.8	623.9	123.8	7.6	321.8	30.9	195.9	15.0	3503.3	4086
3	CJ-604 Qtzite	440.7	822.2	20.0	267.6	41.9	4.4	72.8	5.6	32.0	2.9	1710.1	1999
4	CJ-517 Qtzite (near Fe Ore)	22.5	33.4	23.7	6.3	2.2	1.0	37.9	0.1	2.7	0.6	130.4	152
5	CJ-24-1 Magnetite rich	1.9	1.9	0.4	14.8	0.9	4.9	8.3	0.3	0.9	4.6	38.9	45
6	CJ-24-2 Hematite rich	27.0	34.1	0.2	16.2	6.1	0.5	8.7	0.7	6.7	0.2	100.4	117
7	CJ-601 Qtzite	594.9	1306.0	89.2	807.6	144.1	9.1	231.3	35.0	233.9	16.5	3467.6	4043
8	CJ-501 Qtzite	202.7	393.7	8.1	120.3	29.6	1.9	185.6	5.7	41.7	3.3	992.6	1157
9	CJ-502 Qtzite	263.7	559.1	25.9	198.6	32.4	1.8	90.6	5.3	33.5	2.8	1213.7	1418
10	CJ-12 Qtzite	29.0	67.6	49.8	18.2	12.6	0.5	105.1	3.6	25.1	2.2	313.7	364
11	CJ-516 Qtzite	68.8	142.9	76.8	29.7	2.9	1.4	538.8	2.6	15.9	1.5	891.3	1033
12	CJ-519 Qtzite	999.6	1873.9	245.4	986.3	161.5	9.1	59.3	28.2	194.5	14.6	4572.4	5341
13	CJ-522 Qtzite	325.2	698.1	39.1	307.6	49.0	3.5	509.1	7.9	40.0	3.2	1982.7	2310
14	CJ-11 Qtzite	614.4	1386.5	120.6	488.6	145.5	3.5	64.3	13.2	148.3	12.4	2997.3	3501
15	CJ-515 Qtzite	659.0	1244.9	146.1	807.2	143.3	7.5	284.7	26.8	158.2	11.2	3488.9	4070
16	CJ-14 Qtzite	593.1	1157.8	97.7	564.8	108.2	5.1	26.3	16.2	126.8	10.5	2706.5	3161
17	CJ-520 Qtzite	473.7	1114.5	91.5	686.2	137.2	8.0	102.1	34.8	229.2	16.3	283.5	3374
18	CJ-606 Qtzite	60.5	216.5	11.7	17.0	10.1	1.0	134.6	2.9	16.2	1.4	471.9	549
19	CJ-512 Qtzite	286.3	819.9	114.5	487.6	110.1	6.2	109.6	29.5	219.7	15.7	2199.1	2562
20	CJ-511 Qtzite	807.1	1720.1	40.5	657.0	137.3	8.5	520.7	30.2	202.0	15.6	4139.0	4827
21	CJ-13 Qtzite	756.3	1540.0	150.9	605.3	101.4	5.6	186.5	18.7	121.4	9.6	3495.7	4083
22	CJ-521 Qtzite	668.1	1446.5	119.4	696.9	144.4	7.4	293.8	24.6	168.5	12.5	3582.1	4179
23	CJ-605 Qtzite	1915.3	4071.9	215.1	981.1	295.2	8.8	115.7	31.4	380.5	30.1	8045.1	9401
24	CJ-513 Qtzite	79.8	182.6	67.1	89.0	7.8	1.8	118.4	9.1	4.2	0.5	560.3	653
25	CJ-3 Qtzite	628.5	6856.7	458.9	1269.2	334.8	9.8	77.0	39.5	432.4	31.2	12138.0	14193

關關係를 보이고 있다.

以上の trace elements 의 分布, 特히 稀土類 元素들의 相關關係와 鑛體의 特性으로 보아서, 稀土類 元素의 主成分을 이루는 Ce, La, Th 等은 褐簾石에서 由來되었을 것이며, Zr 과 Hf 成分은 zircon 에서 由來되었을 것으로 思料되고, 이는 顯微鏡觀察結果와 EPMA 分析結果와도 잘 一致하고 있다.

稀土類 元素의 分布特性

御來山地域의 稀土類 鑛床과 地質時代(先캄브리아紀)와 鑛種(鐵鑛床)이 類似한 中國本土의 稀土類 鑛床(主 對象 鑛石은 鐵鑛石이고 稀土類는 副產物)의 稀土類 元素의 分布特性을 比較 檢討하기 爲 하여 chondrite C1 值(Evensen *et al.*, 1978)로 normalized 하여 Fig. 15 에 表示하였다.

Table 3. Correlation Coefficients of Trace Elements in the Fe & REE Ores and Rocks from Mt. Eorae Area.

	MU	MTh	GR	R ₂ O ₃	U	Th	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	LREE
MU	1.0000												
MTh	0.8181	1.0000											
GR	0.8492	0.8866	1.0000										
R ₂ O ₃	0.5895	0.8137	0.6008	1.0000									
U	0.2582	0.4477	0.3979	0.3221	1.0000								
Th	0.3694	0.7063	0.5342	0.7147	0.6634	1.0000							
La	0.5437	0.8514	0.6577	0.9283	0.3296	0.8021	1.0000						
Ce	0.5486	0.8456	0.6510	0.9510	0.3519	0.8000	0.9887	1.0000					
Pr	0.5738	0.7970	0.6196	0.9006	0.4045	0.8179	0.8606	0.8686	1.0000				
Nd	0.3593	0.6878	0.5256	0.7230	0.4750	0.9172	0.8491	0.8152	0.8254	1.0000			
Sm	0.4559	0.7908	0.5967	0.8380	0.4971	0.9293	0.9300	0.9107	0.8605	0.9476	1.0000		
Eu	0.2090	0.5245	0.3802	0.5561	0.4937	0.8494	0.7035	0.6706	0.6562	0.9260	0.8389	1.0000	
LREE	0.5342	0.8455	0.6507	0.9351	0.3816	0.8460	0.9935	0.9921	0.8908	0.8787	0.9485	0.7401	1.0000
Cd	-0.0187	0.0297	0.1114	-0.1367	-0.0846	-0.0408	-0.0354	-0.0389	-0.1039	0.0591	0.0004	0.1287	-0.0263
Tb	0.2960	0.5693	0.4560	0.5660	0.6320	0.9200	0.6863	0.6754	0.6923	0.9234	0.8602	0.9289	0.7405
Yb	0.3390	0.7327	0.5392	0.7847	0.6177	0.9643	0.3672	0.8610	0.8163	0.9287	0.9739	0.8653	0.8997
Lu	0.3959	0.7320	0.5325	0.7809	0.5899	0.9512	0.8729	0.8625	0.8025	0.9156	0.9733	0.8703	0.8995
HREE	0.2436	0.4966	0.4338	0.4044	0.3459	0.6045	0.5366	0.5294	0.4550	0.6573	0.6376	0.6718	0.5659
REE	0.5285	0.8451	0.6544	0.9234	0.3910	0.8540	0.9894	0.9876	0.8851	0.8894	0.9544	0.7584	0.9979
Sc	-0.1124	-0.1443	-0.1924	-0.0425	-0.1088	-0.2116	-0.1307	-0.1112	-0.1121	-0.2360	-0.1981	-0.2596	-0.1400
Cr	0.0113	-0.1518	-0.0776	-0.1115	-0.3560	-0.3872	-0.1485	-0.1935	-0.2232	-0.2787	-0.2196	-0.2983	-0.2028
Fe	-0.1673	-0.1707	-0.2289	-0.0534	-0.2475	-0.2973	-0.1469	-0.1302	-0.2191	-0.3081	-0.2588	-0.1896	-0.1712
Zr	0.2097	0.5326	0.4077	0.5136	0.7149	0.9398	0.6433	0.6238	0.6797	0.8969	0.8454	0.8919	0.6957
Hf	0.2760	0.6155	0.4718	0.6075	0.7003	0.9749	0.7284	0.7125	0.7458	0.9210	0.9016	0.8844	0.7749
Ta	0.0407	0.3455	0.2669	0.2978	0.7171	0.8414	0.4280	0.4158	0.5172	0.7904	0.6723	0.8341	0.4974
TR203	0.5287	0.8452	0.6545	0.9237	0.3906	0.8537	0.9896	0.9877	0.8852	0.8890	0.9542	0.7578	0.9980
	Cd	Tb	Yb	Lu	HREE	REE	Sc	Cr	Fe	Zr	Hf	Ta	TR203
Cd	1.0000												
Tb	0.1431	1.0000											
Yb	0.0109	0.9213	1.0000										
Lu	-0.0127	0.8952	0.9925	1.0000									
HREE	0.7542	0.7193	0.6645	0.6415	1.0000								
REE	0.0340	0.7624	0.9100	0.9080	0.6180	1.0000							
Sc	-0.1849	-0.2547	-0.1962	-0.2032	-0.2705	-0.1547	1.0000						
Cr	-0.3175	-0.4179	-0.3187	-0.2888	0.4507	-0.2287	0.3655	1.0000					
Fe	-0.3039	-0.3760	-0.2780	-0.2241	-0.4126	-0.1955	-0.0336	0.3199	1.0000				
Zr	0.0751	0.9621	0.9085	0.8881	0.6591	0.7150	-0.2563	-0.4011	-0.3980	1.0000			
Hf	0.0451	0.9545	0.9488	0.9323	0.6608	0.7907	-0.2591	-0.3966	-0.3604	0.9890	1.0000		
Ta	0.1185	0.9154	0.7667	0.7333	0.6029	0.5215	-0.2498	-0.4918	-0.3788	0.9506	0.9109	1.0000	
TR203	0.0331	0.7618	0.9096	0.9077	0.6171	1.0000	-0.1544	-0.2282	-0.1950	0.7144	0.7901	0.5207	1.0000

Table 4. Paragenetic Relation of Each Trace Elements.

Mu r	GR 0.85	MTh 0.82																
MTh r	GR 0.89	La 0.85	Ce 0.85	LREE 0.85	TR ₂ O ₃ 0.85	REE 0.84	R ₂ O ₃ 0.81	Pr 0.80	Sm 0.79	Yb 0.73	Lu 0.73	Th 0.71						
R ₂ O ₃ r	Ce 0.95	LREE 0.94	La 0.93	REE 0.92	TR ₂ O ₃ 0.92	Pr 0.90	Sm 0.84	Yb 0.79	Lu 0.78	Th 0.72	Nd 0.72							
U r	Zr 0.72	Ta 0.72	Hf 0.70															
Th r	Hf 0.98	Yb 0.96	Lu 0.95	Zr 0.94	Sm 0.93	Nd 0.92	Tb 0.92	Eu 0.85	LREE 0.85	REE 0.85	TR ₂ O ₃ 0.85	Ta 0.84	Pr 0.82	La 0.80	Ce 0.80			
La r	Ce 0.99	LREE 0.99	REE 0.99	TR ₂ O ₃ 0.99	Sm 0.93	Yb 0.87	Lu 0.87	Pr 0.86	Nd 0.85	Hf 0.73	Eu 0.70							
Ce r	LREE 0.99	REE 0.99	TR ₂ O ₃ 0.99	Sm 0.91	Pr 0.87	Yb 0.86	Lu 0.86	Nd 0.82	Hf 0.71									
Pr r	LREE 0.89	REE 0.89	TR ₂ O ₃ 0.89	Sm 0.86	Nd 0.83	Yb 0.82	Lu 0.80	Hf 0.75										
Nd r	Sm 0.95	Eu 0.93	Yb 0.93	Tb 0.92	Lu 0.92	Hf 0.92	Zr 0.90	REE 0.89	TR ₂ O ₃ 0.89	LREE 0.88	Ta 0.79							
Sm r	Yb 0.97	Lu 0.97	LREE 0.95	REE 0.95	TR ₂ O ₃ 0.95	Hf 0.90	Tb 0.86	Zr 0.85	Eu 0.84									
Eu r	Tb 0.93	Zr 0.89	Hf 0.88	Yb 0.87	Lu 0.87	Ta 0.83	REE 0.76	TR ₂ O ₃ 0.76	LREE 0.74									
LREE r	REE 1.00	TR ₂ O ₃ 1.00	Yb 0.90	Lu 0.90	Hf 0.75	Tb 0.74	Zr 0.70											
Gd r	HREE 0.75																	
Tb r	Zr 0.96	Hf 0.96	Yb 0.92	Ta 0.92	Lu 0.90	REE 0.76	TR ₂ O ₃ 0.6	HREE 0.72										
Yb r	Lu 0.99	Hf 0.95	REE 0.91	Zr 0.91	TR ₂ O ₃ 0.91	Ta 0.77												
Lu r	Hf 0.93	REE 0.91	TR ₂ O ₃ 0.91	Zr 0.89	Ta 0.73													
REE r	TR ₂ O ₃ 1.00	Hf 0.79	Zr 0.72															
Zr r	Hf 0.99	Ta 0.95	TR ₂ O ₃ 0.79															

(r : correlation coefficient)

中國의 Baiyun Obo 鑛床은 R₂O₃ 2.0~9.0%, Liaosheng 鑛床은 R₂O₃ 3.5%, Dianyi 鑛床은 R₂O₃ 1.35~4.55%로 高品位이지만 其他 3個 鑛床 (Anshan, Jida, Lushi 鑛床)은 R₂O₃가 26~550 ppm 程度로 低品位 鑛床이다(Tu, Guangzhi *et al.*, 1985, Table 5).

이들의 稀土類 鑛物은 主로 Bastnaesite 이고 鑛床의 母岩도 石灰質岩으로 本 研究의 對象地인 御

來山鑛床의 含磁鐵石 縞狀 硅岩과는 差異가 있으나, 鐵鑛床과 同一起源이고 地質時代가 原生代라는 類似性을 갖고 있다.

御來山鑛床의 경우는 Table 2에서 試料番號 11~25까지 15個 鑛石試料의 分布範圍를 表示한 것이다.

그러나 이들 相互間의 稀土類 元素의 分布特性은 觀察할 수가 없다.

Table 5. REE Compositions of Iron Ores and Rocks from China (after Tu Guangzhi *et al.*, 1985)

Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Yb	Y	REE*	TR ₂ O ₃	δEu
Anshan													
Banded magnetite Ore	1.31	14.32	0.24	0.91	0.17	0.15	0.40	0.04	0.14	2.96	21.31	26	1.93
Magnetite Qtzite	14.05	24.10	3.19	10.40	2.11	1.31	2.39	0.28	2.23	13.35	77.54	94	1.97
Magnetite Qtzite	3.43	5.93	0.91	2.86	1.00	0.58	1.01	0.20	0.92	8.0	27.35	33	1.90
Qtz-pl-horn-schist	14.27	24.40	2.58	8.77	1.42	0.87	1.58	0.27	1.70	18.27	78.01	78	1.96
Dianyi													
Banded magnetite siderite Ore	216.7	422.9	45.4	195.1	34.3	14.7	31.2	4.8	9.9	100.0	1124.7	1350	1.49
Banded siderite magnetite Ore	305.4	484.8	51.6	209.0	48.9	37.0	50.8	8.3	13.7	216.8	1504.9	1810	2.49
Massive magnetite siderite Ore	384.2	862.4	65.5	262.4	36.8	25.6	28.6	5.6	11.5	140.0	1877.2	2260	2.56
Banded magnetite siderite Ore	703.8	1378.0	136.7	592.5	97.7	71.2	62.8	8.9	27.1	536.4	3777.2	4550	2.85
Baiyun Obo													
Massive Nb-REE-Fe Ore	2171.0	7166.0	1319.0	5061.0	567.0	67.0	134.0	17.0	16.0	134.0	16718.0	20000	0.57
Banded Nb-REE-Fe Ore	19780.0	38510.0	3745.0	10790.0	749.0	104.0	441.0	77.0	72.0	372.0	74790.0	90000	0.56
Qtzite	13.5	41.7	3.6	10.2	2.3	0.5	1.3	0.21	0.23	3.9	78.74	95	0.87
Liaosheng													
Monazite biotite barite magnetite Ore	7450.0	13860.0	1320.0	4330.0	558.0	163.0	428.0	66.0	-	719.0	29126	35000	1.08
Jida													
Massive hematite Ore	32.8	72.0	7.1	27.6	6.3	4.8	7.0	1.1	1.8	28.2	199.0	240	2.43
Lushui													
Massive hematite Ore	88.3	173.0	17.4	63.9	13.4	3.5	12.1	1.3	3.5	28.4	417.0	500	0.76
Massive magnetite Ore	75.0	181.4	19.1	75.5	18.0	3.8	17.2	1.9	2.9	-	413.0	550	0.71
Inner Mongolia													
Horn-pl-gneiss	25.6	62.4	9.6	2.2	6.9	2.2	6.9	1.5	3.1	19.8	150.1	210	1.09
Biot-pl-gneiss	125.3	243.1	37.8	112.1	20.2	5.0	17.9	2.7	3.3	35.5	617.1	740	0.91
Qtz-biot-gneiss	30.9	83.0	11.1	36.2	7.7	2.0	7.6	1.1	3.5	25.3	217.2	262	0.87
Dahongyu													
Qtzite	20.5	65.0	4.6	12.0	1.2	0.27	-	-	-	3.3	107.55	130	0.81
Xiamaling													
Sandstone	20.7	45.9	4.9	14.2	2.7	0.63	3.4	0.59	2.5	22.5	124.2	150	0.71

* REE and TR₂O₃ : with Dy_R Ho, Er and Tm values.

(unit: ppm)

御來山地域 褐簾石의 特性

褐簾石(Allanite)은 1808年 East Greenland에서

T. Allan이 최초로 發見하였고, 그 2年后인 1810年 Thomson에 의하여 REE(Ce)를 含有하는 硅酸鹽鑛物인 綠簾石群(epidote group)의 單斜晶系에

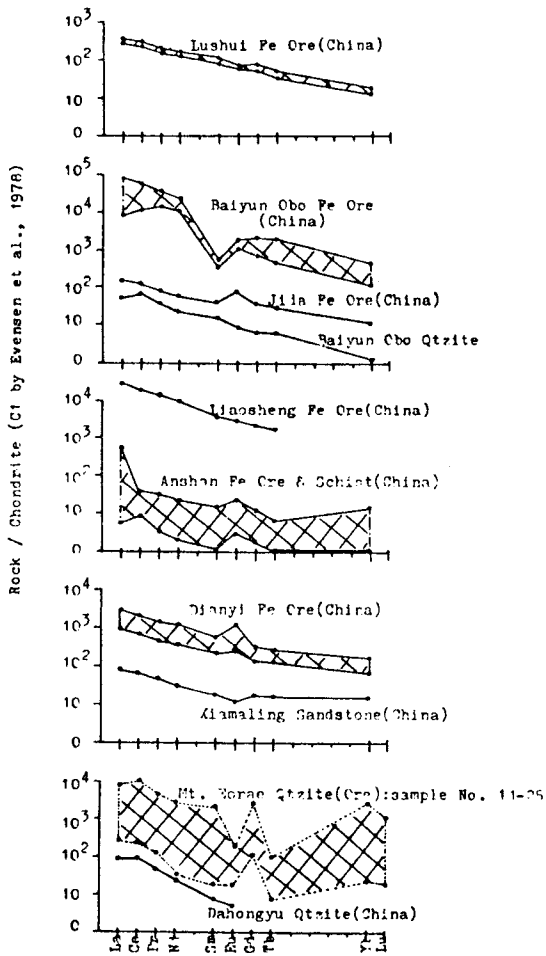


Fig. 15. REE distribution patterns for different types of Fe Ores & Rocks in Mt. Eorae of Korea and China.

屬하는 한 member 鑛物로 “Allanite”라고 命名되었다.

또한 褐簾石은 化學造成上 成分의 種類와 含量比의 變化가 심하며, 一般的으로 小量의 Thorium (Th)을 含有하여 metamict 狀態로 自然 中에 產出되는 것이 特徵이다.

褐簾石의 化學造成은 $[(Ca, Fe^{2+}, Ce, La, Na)_2 (Al, Fe^{3+}, Mn, Be, Mg)_3 (SiO_4)(Si_2O_7) \cdot OH]$ 로 代表되지만 稀土類 元素가 Mn 과 Mg 等を 置換하여 多樣한 組成을 보여서, 既知의 褐簾石의 稀土類 元素 酸化物 含量은 R_2O_3 10.3~29.1%의 範圍를

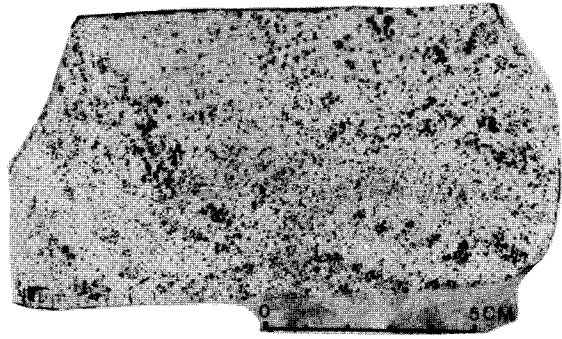


Fig. 16. Autoradiograph of CJ-522

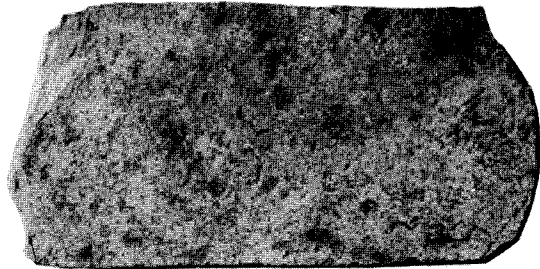


Fig. 17. Hand specimen of CJ-522

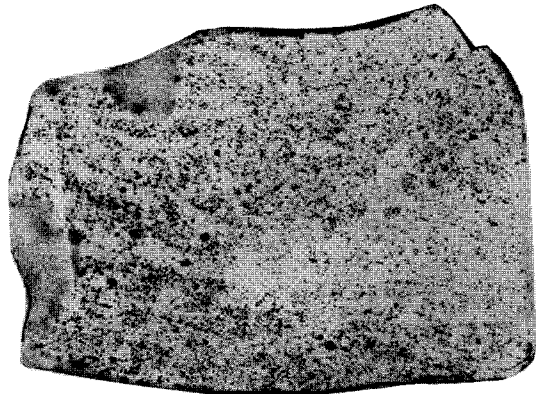


Fig. 18. Autoradiograph of CJ-522

보인다(K.A. Vlasov, 1966).

御來山地域產 褐簾石은 褐色으로 含磁鐵石 綫狀 硅岩 中에 微粒의 aggregates 또는 磁鐵石이나 赤鐵石과 intergrowth 하면서 帶狀構造를 보이며 產出하고, 赤褐色 乃至는 軟綠色의 干涉色을 보이면서 metamict 狀態로 產出되는 것이 特徵이다 (Fig. 20, 21).

鑛石試料의 切斷面에 對한 放射能 寫眞(autor-

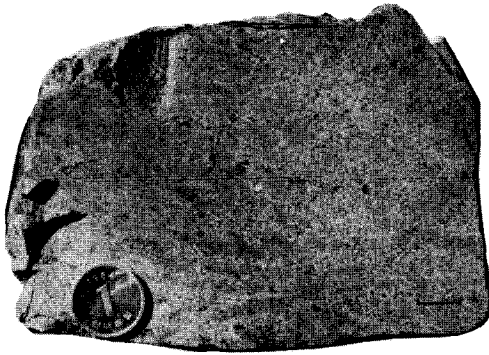


Fig. 19. Handspecimen of CJ-522



Fig. 20. Handspecimen of CJ-3

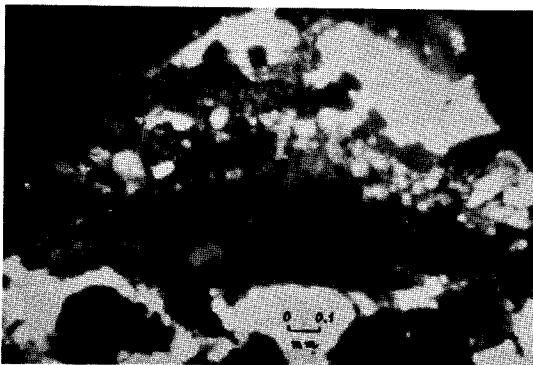


Fig. 21. Allanite under polarizing microscope (sample CJ-3)

adiograph)에서 보는 바와 같이 黑色點들은 放射能에 의해 損像을 입은 部分으로 磁鐵石이 構成成分인 葉理에 一致하여 뚜렷한 方向性을 보이기도

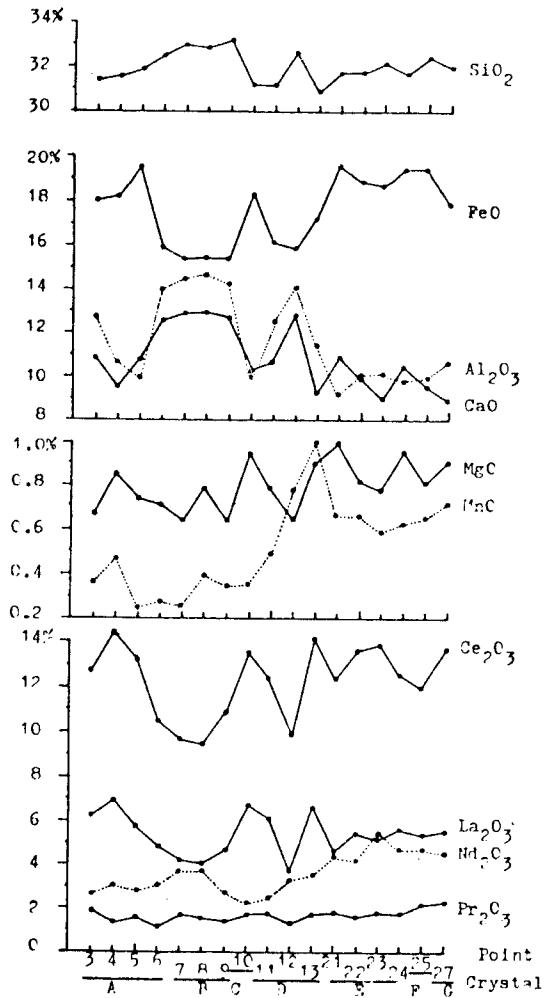


Fig. 22. Microprobe analyses of allanite from Mt. Eorae area.

하고, 때로는 散點하는 경우도 觀察(Fig. 17, 19, 20) 되는데 이는 褐簾石에 起因된 것으로 顯微鏡 觀察 內容과도 잘 一致한다(Fig. 16-19).

本域의 褐簾石에 對한 EPMA(JEOL 733) 分析 結果를 Table 6 과 Fig. 22 에 表示하였다.

本 褐簾石의 稀土類 含量은 Ce₂O₃가 9.564~14.479%, La₂O₃가 3.832~6.975%, Nd₂O₃ 2.318~5.439%, Pr₂O₃ 1.184~2.341%, Y₂O₃ 0.0~0.479% 로 TR₂O₃는 18.749~26.600%範圍의 含量을 보이고 있다.

褐簾石의 化學組成間의 相關關係는 SiO₂의 경우

Table 6. Microprobe analyses of allanite from Mt. Eorae area.

Sample & Crystal	CJ-3-AX				CJ-3-BX			CJ-3-CX	CJ-3-DX			CJ-520-EX				CJ-520-FX	CJ-520-GX
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	21	22	23	24	25	27
SiO ₂	31.441	31.620	31.877	32.465	33.083	32.920	33.231	31.177	31.206	32.668	30.938	31.782	31.838	32.166	31.746	32.423	31.990
TiO ₂	0.515	0.725	0.765	0.643	0.403	0.452	0.526	0.993	0.842	0.693	0.976	0.398	0.487	0.443	0.331	0.554	0.322
Al ₂ O ₃	12.783	10.741	9.962	14.080	14.447	14.653	14.258	9.971	12.543	14.089	11.527	9.319	10.054	10.188	9.925	9.993	10.732
FeO	18.010	18.212	19.462	15.890	15.428	15.457	15.417	18.344	16.169	15.853	17.304	19.550	18.927	18.799	19.519	19.485	17.926
MnO	0.369	0.470	0.251	0.278	0.263	0.404	0.345	0.363	0.490	0.776	1.021	0.672	0.672	0.588	0.628	0.658	0.724
MgO	0.672	0.856	0.735	0.714	0.640	0.794	0.637	0.952	0.792	0.639	0.905	1.023	0.818	0.775	0.955	0.813	0.912
CaO	10.910	9.585	10.800	12.628	12.948	12.946	12.673	10.240	10.641	12.764	9.267	10.881	10.024	9.031	10.483	9.631	9.041
Ce ₂ O ₃	12.812	14.479	13.218	10.455	9.715	9.564	10.887	13.628	12.451	9.910	14.240	12.439	13.645	13.858	12.639	12.131	13.791
La ₂ O ₃	6.205	6.975	5.833	4.917	4.183	4.139	4.675	6.766	6.122	3.832	6.736	4.722	5.517	5.329	5.653	5.356	5.644
Y ₂ O ₃	0.090	0.180	0.030	0.479	0.195	0.150	0.180	0.075	0.000	0.299	0.000	0.000	0.241	0.076	0.180	0.106	0.030
Pr ₂ O ₃	1.920	1.412	1.743	1.184	1.786	1.550	1.422	1.835	1.829	1.294	1.832	1.929	1.745	1.898	1.848	2.341	2.264
Nd ₂ O ₃	2.740	3.136	2.884	3.057	3.767	3.813	2.796	2.318	2.554	3.414	3.583	4.463	4.147	5.439	4.780	4.804	4.625
Total	98.467	98.392	97.559	96.790	96.859	96.842	97.047	96.662	95.640	96.232	98.328	97.178	98.115	98.587	98.687	98.296	98.001

(X: crystal)

(unit: %)

Al₂O₃ 및 CaO 와 正의 關係를, FeO, MgO, MnO, Ce₂O₃, La₂O₃와는 負의 關係를 보이고 있다.

EPMA data 에서 total 値가 95.640~98.687%로 1.4~4.3%의 부족분은 Th, Sm, Gd, Dy, Er, Yb, SrO 等の 成分을 分析하지 않았기 때문이다.

結 言

本 御來山地域 稀土類(褐簾石) 鑛床에 對한 本文이 國內에서는 最初의 記載로써, 우선 鑛床의 產出狀態와 地球物理 및 地化學的 特性을 考察하고, 앞으로 계속하여 鑛床의 成因 等 基礎研究을 進行하고자 한다.

廣域의인 航空物理探查資料는 surface geochemical anomaly 와 그 性格이 類似하여 現場에서의 鑛體露頭探查를 爲해서는 地上物理探查, 地化學探查 및 地質·鑛床調査가 並行되어야 하는 어려움이 있다.

本 御來山地域 褐簾石鑛床 探查結果가 Modeling 되어, 今後 同一鑛種의 探查時 應用이 가능할 것

이다.

謝 辭

本 研究結果를 發表할 수 있도록 配慮를 하여주신 韓國動力資源研究所 金志同 所長님과 資源擔當 先任部 具滋學 先任部長님께 깊은 感謝를 드립니다.

또한 EPMA 分析을 도와준 연세대학교 지질학과 조등룡군에게도 감사를 드립니다.

參考文獻

김기완, 이흥규(1965) 1/5 만 충주도폭 지질설명서와 지질도. 상공부. 국립지질조사소 단행본.
 오천혁외(1987) 우라늄광상조사연구:충주 어래산지역 광산대조사. 동자연, 연구보고서, KR-86-2-3, p.67-80.
 Brooks, C.K. et al.(1981) Rare earth partition between allanite and glass in the obsidian of Sandy

- Brases, North in Ireland. *Min. Mag.* Vol.44, p. 157-160.
- Exley, R.A.(1980) Microprobe studies of REE-rich accessory minerals : implications for Skye granite petrogenesis and REE mobility in hydrothermal systems. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 48, p.97-110.
- Fleischer, M.(1972) New Mineral Names : Bastnaesite. *Am. Mineral.*, Vol.57, p.594.
- Fron del, J.W.(1964) Variation of some rare earth in allanite. *Am. Mineral.*, Vol.49, p.1159-1177.
- Glass, J.J. and Smalley, R.G.(1945) Bastnasite. *Am. Mineral.*, Vol.30, p.601-615.
- Gromet, L.P. and Silver, L.T.(1983) Rare earth element distributions among minerals in a granodiorite and their petrogenetic implications, *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, Vol.47, p.925-939.
- Henderson, P.(1984) Rare earth element geochemistry. *Elsvier*.
tnaesite Deposits of the Gallinas Mountains, New Mexico and Bastnaesite Paragenesis. *Econ. Geol.*
- Izett, G.A. and Wilcox, R.E.(1968) Perrierite, chevkinite and allanite in upper cenozoic ash beds in the Western United States. *Am. Mineral.*, Vol.53, p. 1558-1567.
- Lee, D.E. and Bastron, H.(1962) Allanite from the Mount Wheeler Area, White Pine County, Nevada. *Am. Mineral.*, Vol.47, p.1327-1331.
- Lee, K.Y.(1970) Some Rare-Element Mineral Deposits in Mainland China. *USGS Bulletin*, 1312-N.
- Park, Y.S. *et al.*(1987) 1986 Aerial Gamma Ray and Magnetic Survey Maps. KIER.
- Perhac, R.M. and Heinrich, E.W.(1964) Fluorite-bastnaesite. *Am. Mineral.*, Vol.49, p.226-239.
- Smith, W.L. and Cisney, E.A.(1956) Bastnaesite, an accessory mineral in the Redstone Granite from Westerly, Rhode Island. *Am. Mineral.*, Vol.41, p. 76-81.
- Tu, G. *et al.*(1985) Evolution of Precambrian REE Mineralization. *Precambrian Research*, Vol.27, p. 131-151.



Fig. 4. View of REE ore bodies of Mt. Eorae area.

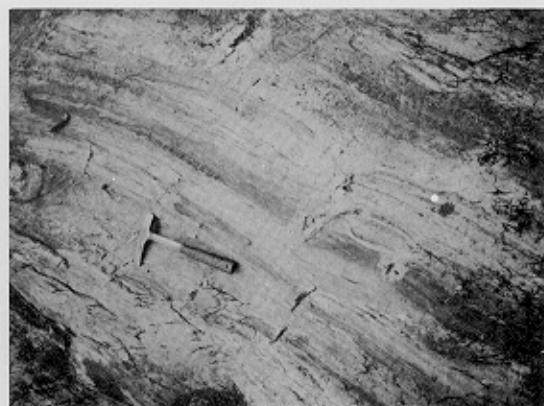


Fig. 6. Outcrop of REE ore.