

義城盆地에 分布하는 白堊紀 慶尙累層群의 세일에 關한 岩石地球化學

李鉉具* · 李讚熙* · 金尙中*

Petrogeochemistry of Shales in Cretaceous Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin, Korea

Hyun Koo Lee*, Chan Hee Lee* and Sang Jung Kim*

ABSTRACT: The shales from the Euseong area are interbedded along the bedding in Cretaceous Gyeongsang Supergroup, which are composed mainly of quartz, plagioclase, K-feldspar and associated with trace amount of biotite, muscovite, chlorite, pyrite, hematite, carbonate and clay minerals. The ratio of Al_2O_3/Na_2O and K_2O/Na_2O in shales from the Shindong Group are ranged from 9.16 to 24.32 and from 1.70 to 5.97, and the Hayang Group ranged from 2.76 to 8.89 and from 0.42 to 2.74, which are negative correlated between K_2O/Na_2O and Al_2O_3/Na_2O against SiO_2/Al_2O_3 , respectively. Those are suggested that controlled of mineral compositions in shales due to substitution and migration of elements by sedimentation and diagenesis. These shale formation were deposited in basin of terrestrial environments originated from the igneous rocks, and the REE of these rocks are not influenced with diagenesis and hydrothermal alterations on the basis of Al_2O_3 versus La, La against Ce, Zr versus Yb, the ratios of La/Ce (0.43 to 0.62) and Th/U (1.11 to 10.71). The narrow range in trace and REE element characteristics as Co/Th (0.63 to 1.92), La/Sc (1.98 to 5.90), Sc/Th (0.58 to 1.30), V/Ni (0.90 to 3.25), Cr/V (0.45 to 1.78), Ni/Co (1.88 to 6.67) and Zr/Hf (30.04~60.87) of these shales argues for inefficient mixing of the simple source lithologies during sedimentation. These rocks also show much variation in La_N/Yb_N (6.90 to 17.02), Th/Yb (4.17 to 13.68) and La/Th (1.98 to 5.90), and their origin is explained by derivation from a mixture of intermediate to acidic igneous rocks.

序 言

세일 (shale)이라는 岩石名은 細粒質의 碎屑性 堆積岩을 通稱하는 것이나 岩色, 化學組成 및 酸化還元電位에 따라 黑色, 暗灰色, 灰色, 紫色 및 赤色 세일 등으로 細分한다. 특히 黑色 세일은 有機物 및 金屬元素의 含量, 岩石의 物性 또는 變成度에 따라 炭質, 黑鉛質, 有機質 또는 金屬 세일 등으로 分類하기도 한다 (Breger, 1958; Vine, Tourtelot, 1970). 地質時代에 따라 若干의 差異는 있으나, 世界的으로 넓리 分布되어 있는 세일중의 微量元素는 보통 地殼平均 含量의 수백배 이상 濃集되어 있으나, 一部를 제외하고 鑛床으로서 經濟的인 價値를 가지고 있는 경우는 드물다 (Vine, Tourtelot, 1970; Hansley, Spirakis, 1992).

碎屑性 堆積岩의 化學組成은 根源岩의 組成, 風化 및 運搬過程, 續成 및 變成作用 등 복잡한 地質環境에 따라 多様な 特徵을 갖고 있다. 이중 알카리족 元素들과 같이 續成作用 동안 이온상태로 쉽게 빠져나가는 것들은 根源岩의 特徵을 반영하지 못하나, 大部分의 碎屑性 堆積岩은 根源岩의 化學組成과 밀접한 關係를 갖는다 (McLennan *et al.*, 1980). 또한 海水 또는 淡水中에 存在하는 稀土類元素는 극미량이며 (Piper, 1974), 堆積岩內에 존재하는 稀土類元素들은 堆積, 續成 및 變成作用 동안 組成의 變化가 거의 없기 때문에 (Goldberg *et al.*, 1963; McLennan *et al.*, 1980; Gromet *et al.*, 1984), 堆積岩內 稀土類元素의 分布는 根源岩의 組成, 堆積作用, 地構造의 位置 및 地殼의 地化學的 進化를 推定할 수 있는 資料를 提供한다 (Gao, Zhang, 1991; Taylor, McLennan, 1985).

白堊紀의 慶尙累層群은 堆積環境 및 岩相과 層序의 구

* 忠南大學校 地質學科 (Department of Geology, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

분에 따라 密陽地塊, 義城地塊, 英陽地塊, 洛東谷盆 등으로 細分할 수 있으며, 이들은 共通의 下部로부터 新洞層群, 河陽層群, 楡川層群 및 佛國寺 貫入岩類로 구성되어 있다 (Chang, 1975; 章基弘, 1977; 1982). 慶尙盆地的 地質에 관한 研究는 많은 學者들에 의하여 수행되어 왔으며, 이 研究地域에 該當되는 義城盆地에 관하여도 火成岩類에 대한 研究 (尹成孝, 1993; 李鉉具 등, 1993b; 黃尙九, 1995; 黃尙九, 金相旭, 1995; 黃尙九 등, 1995; Park, 1986), 堆積作用 및 堆積岩石에 관한 研究 (嚴相鎬 등, 1983; 尹惠洙 등, 1993; 崔現日 등, 1982; 崔現日, 1985; Choi, 1986), 地質構造 및 古地磁氣와 鑛化作用에 관한 研究 (金仁洙 등, 1993; 李鉉具, 金尙中, 1995; 李鉉具 등, 1993a; 1993b; Chi *et al.*, 1989; 池世定 등, 1991; Choi *et al.*, 1992a, 1992b)가 있다.

그러나 北部 慶尙盆地를 構成하는 堆積岩類에 관한 岩石地球化學의 研究는 아직 수행된 바 없다. 따라서 이 研究에서는 義城地域의 白堊紀 慶尙累層群內에 分布하는 多樣한 岩石을 갖는 세일을 對象으로 主成分, 微量 및 稀土類元素의 含量과 變化 및 地球化學의 特徵을 밝혀, 이들의 地球化學의 變動과 이에 따른 根源岩의 특징을 考察하였다.

地質概要

韓半島의 代表的인 陸成堆積盆地인 慶尙盆地는 堆積環境에 따라 4개의 小盆地로 나눈다 (章基弘, 1982). 이중 義城盆地의 慶尙累層群은 下部로부터 新洞層群, 河陽層群, 楡川層群으로 構成되어 있으며, 이들은 佛國寺 花崗岩質岩에 의하여 關聯되어 있다 (Fig. 1). 이 研究地域에 分布하는 新洞層群은 下部로부터 洛東層, 霞山洞層, 晋州層으로 分類되며, 赤紫色을 띠는 세일이 여러매 疊재되어 있어 層을 細分하는 鍵層으로 利用된다 (金鳳均 등, 1977; 元鍾寬 등, 1980; 章基弘, 1982). 洛東層은 礫岩, 砂岩, 세일 및 炭質 세일로 構成되어 있고, 霞山洞層은 砂岩, 礫岩, 灰色 세일 및 赤紫色 세일의 互層으로 構成되어 있다. 晋州層은 灰色 砂岩, 暗灰色 세일 및 灰色 세일로 構成되며 赤紫色 세일이 疊재한다.

이 地域의 河陽層群에 속하는 地層들은 密陽 또는 英陽盆地와는 다른 獨自인 義城型의 層序를 이루고 있다 (章基弘, 1982; 崔現日 등, 1982). 義城地域의 河陽層群은 下部로부터 一直層, 後平洞層, 點谷層, 舍谷層, 春山層, 新陽洞層 등의 地層名으로 구분되며, 後平洞層은 龜尾洞層과 龜溪洞層으로 細分되기도 하나 (章基弘, 1978, 1982), 이 研究에서는 세분하지 않았다. 이러한 區分 역시 岩石의 色度와 層間에 분포하는 火山碎屑性 岩石을 根據로 設定한

것이다.

一直層은 주로 灰色 세일로 構成되어 있고, 石灰質岩 및 赤紫色 세일의 薄層이 疊재되어 있으며, 後平洞層은 주로 赤紫色 세일로 構成되거나 이를 疊재하고 있다. 點谷層은 주로 暗灰色 내지 黑色 세일로 構成되나 下部에서는 數條의 赤紫色 세일의 박층이 疊재되어 있다. 이 層은 岩相 및 鑛石鑛物의 含量에 따라 上部와 下部로 細分하여 이 地域의 層序를 확립하는 鍵層으로 이용되기도 하였으며, 大規模 堆積鑛床의 存在可能性을 指示하는 含鑛堆積層으로도 重要性이 檢討된 바 있다 (崔煒讚 등, 1990; 崔煒讚, 尹旭, 1991).

舍谷層은 紫色 세일이 우세하나 砂岩 및 砂質 세일이 分布하며, 春山層은 黑色 및 暗灰色의 砂質 세일과 세일로 구성된다. 新陽洞層은 金城山 칼데라 周邊에 50~100 m 程度의 두께로 分布되며, 構成岩石은 暗灰色 내지 黑色 세일, 紫色 세일의 互層帶를 이룬다. 또한 點谷層과 春山層에는 堆積同時性으로 推定되는 火山活動의 產物인 凝灰岩 또는 綠灰色 凝灰岩質 砂岩이 疊재되며 (崔現日 등, 1982), 春山層에는 火山灰와 水成堆積岩의 중간적 성격을 띠는 암석이 많은 것으로 알려져 있다 (章基弘 등, 1981).

河陽層群의 上位에는 安山岩質 및 流紋岩質 火山岩으로 구성된 楡川層群의 岩石이 不整合으로 覆被되며, 이들은 佛國寺 貫入岩類들에 의하여 貫入되어 있다 (章基弘 등, 1977; 1981). 金城山 칼데라를 構成하는 火山岩類는 玄武岩 및 玄武岩質 凝灰岩과 凝灰質 角礫岩, 流紋岩 및 이를 貫入한 中性 岩脈으로 構成되어 있다. 玄武岩質 岩石은 河陽層群을 不整合으로 覆被하고 있으며, 層厚는 150~200 m 정도이다. 凝灰質 角礫岩은 玄武岩의 上部에 놓이며, 이 地域의 火山岩類中에 제일 넓은 分布를 보인다. 流紋岩은 칼데라의 北西쪽에 分布하며 環狀斷層을 따라 延長發達한다. 이 火山岩類에 관한 火山岩層序, K-Ar 年代, 化學組成, 構成鑛物의 組成과 化學分析 資料 및 鑛化作用과의 관계는 많은 學者에 의하여 심도있게 檢討된 바 있다 (尹成孝, 1993; 李鉉具 등, 1993a; 黃尙九, 1995; 黃尙九, 金相旭, 1995; 黃尙九 등, 1995; Park, 1986).

義城盆地의 대표적인 地構造는 東西方向의 斷層과 火山性 陷沒構造로 나눌 수 있다. 이 地塊의 北緣은 逆斷層의 性格을 갖는 安東斷層에 의하여 境界되며 盆地內部는 西北西 走向의 斷層에 의하여 切斷轉移되어 있다. 이 斷層들은 左向移動의 性格을 갖고 있으며 北으로부터 金川斷層, 佳音斷層, 友保斷層, 新靈斷層 등으로 命名되어 있다. 이들은 義城地塊와 密陽地塊를 구분하는 八公山 線構造와 平行하며 佳音斷層의 경우 紀溪斷層과 연결되어 東南東으로 연결된다 (崔現日 등, 1982). 이 斷層들은 點谷

層과 舍谷層의 堆積期間 동안에 成長하여 正斷層으로 運動하다가 佛國寺 貫入岩類의 貫入前에 左向의 走向移動斷層으로 轉換되었으며 新生代初에 再移動한 것으로 解析하였다 (章基弘 等, 1977; 1981).

또한 金城山 및 飛鳳山을 中心으로 발달된 칼데라의 周邊部와 新靈地域의 老故山 附近에는 環狀斷層이 發達된다. 이들은 火山陷沒性 正斷層으로서 위의 走向移動斷層

들 보다 前期의 것이다 (章基弘, 1978). 金城山 環狀斷層의 北部에서는 斷層帶 또는 이들의 活動에 의하여 生成된 것으로 보이는 破碎帶를 따라 金, 銀, 銅, 鉛, 亞鉛, 鑛床들이 胚胎되어 있다 (章基弘 等, 1981). 이 鑛床들은 斷層에 隨伴된 열극을 증진한 石英脈狀 多金屬鑛床들로서 金城山의 北部에는 東化, 黃鶴, 全興, 玉山, 金鶴, 甘溪, 五土 및 土峴鑛山이 分포한다. 金城山 南部에도 東拓玉山, 檜洞

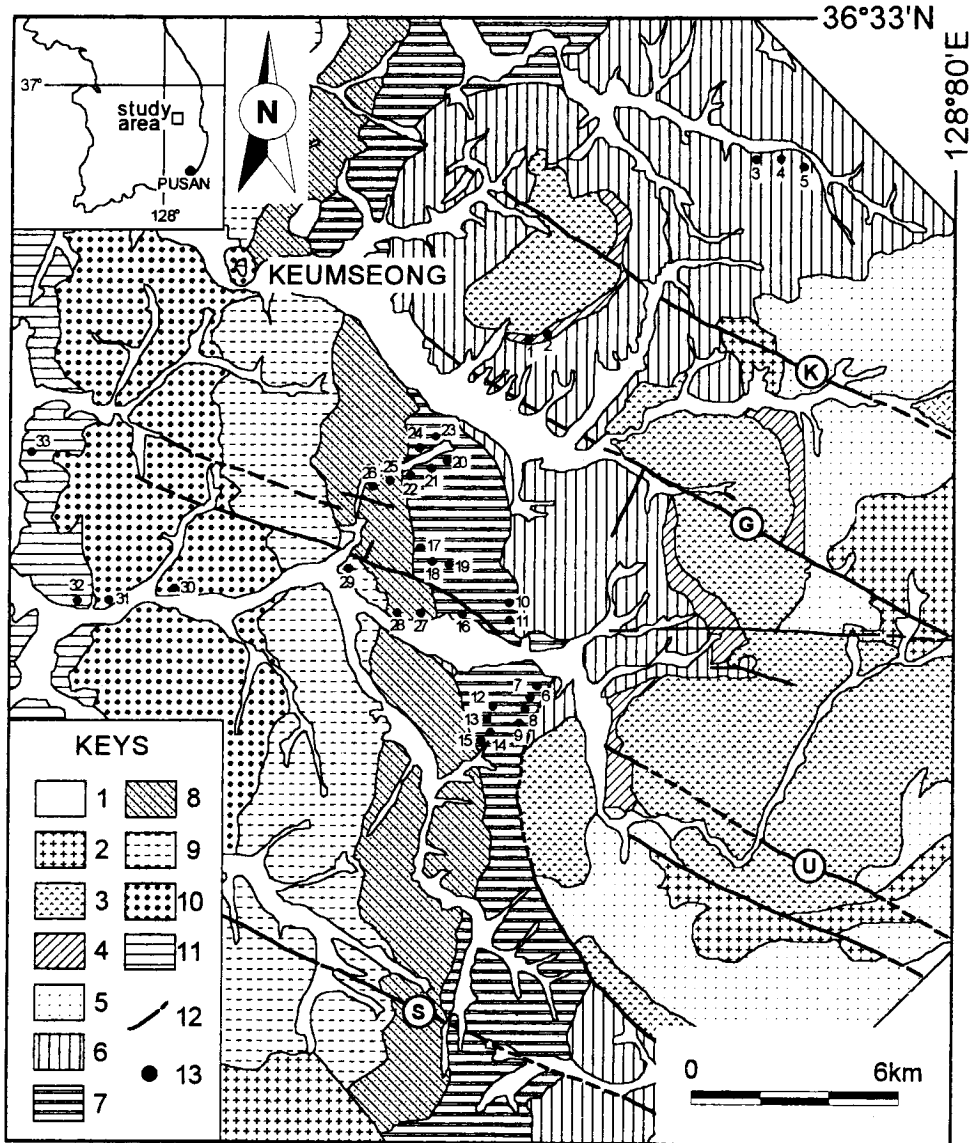


Fig. 1. Simplified geologic map and sample location of the study area. 1; alluvium, 2; Bulgooksa intrusive rocks, 3; Yucheon volcanic Group, 4; Shinyangdong Formation, 5; Chunsan Formation, 6; Sagog Formation, 7; Jeomgog Formation, 8; Hupyeongdong Formation, 9; Iljig Formation, 10; Jinju Formation, 11; Hasandong Formation, 12; faults (K; Keumcheon fault, G; Gaeum fault, U; Ubo fault, S; Shinryeong fault) and 13; sampling sites.

鐵山 등의脈狀鐵床들이密集하여小規模의銅-鉛-亞鉛鐵化帶를 이루고 있고, 이鐵床들에서는副産物로金-銀鐵物들이産出된다. 이地域의鐵床에 관하여는 Chi *et al.* (1989), 池世定等 (1991), Choi *et al.* (1992a; 1992b) 및 李鉉具等 (1993a; 1993b; 1995)의研究가 있다.

分析 및 結果

試料 및 分析

北部慶尙盆地的義城小盆地에分布하는白堊紀慶尙累層群에서産出되는세일에 대하여主元素, 微量 및 稀土類元素의組成을檢討하였다. 分析은 Fig. 1에表示된바와 같이 33個의세일(新陽洞層; 2, 舍谷層; 3, 上部點谷層; 11, 下部點谷層; 8, 後平洞層; 4, 一直層; 1; 晋州層; 2, 霞山洞層 2)을對象으로, 캐나다의 ACTLABS에서 ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry) 와 INAA(Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용하여定量分析하였다. 특히含鐵堆積層으로 알려진點谷層에 대하여는上部와下部로 나누어重金屬元素들의富化程度를考察하여 보았다. 이研究에서有機物 및 炭素의含量은分析하지 않았으나灼熱減量(loss of ignition, LOI)을分析하여 이를有機物の含量으로計算하였다.

이地域에分布하는세일들은産出狀態와風化樣相, 粘土鐵物의含量 및化學組成의差異에 따라多樣的色相을 갖는다(尹惠洙等, 1993). 따라서岩色에 따른組成의差異를檢討하기 위하여灰色(8試料), 暗灰色(9

Table 1. Sample descriptions for chemical analyses of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

Sample No.	Descriptions
1 (30-50)	black shale of the Shinyangdong Formation
2 (30-48)	black shale of the Shinyangdong Formation
3 (30-55)	green shale of the Sagog Formation
4 (30-53)	grey shale of the Sagog Formation
5 (30-52)	black shale of the Sagog Formation
6 (204-32)	green shale of the upper Jeomgog Formation
7 (204-30)	green shale of the upper Jeomgog Formation
8 (204-20)	grey shale of the upper Jeomgog Formation
9 (204-19)	black shale of the upper Jeomgog Formation
10 (1106-3)	purple shale of the upper Jeomgog Formation
11 (1106-2)	purple shale of the upper Jeomgog Formation
12 (1020-4)	purple shale of the upper Jeomgog Formation
13 (204-62)	green shale of the upper Jeomgog Formation
14 (204-37)	purple shale of the lower Jeomgog Formation
15 (204-36)	grey shale of the lower Jeomgog Formation
16 (204-34)	purple shale of the lower Jeomgog Formation
17 (204-18)	grey shale of the lower Jeomgog Formation
18 (204-17)	black shale of the lower Jeomgog Formation
19 (204-15)	black shale of the lower Jeomgog Formation
20 (30-31)	green shale of the lower Jeomgog Formation
21 (30-29)	black shale of the lower Jeomgog Formation
22 (30-26)	black shale of the lower Jeomgog Formation
23 (1107-11)	purple shale of the lower Jeomgog Formation
24 (1019-1)	purple shale of the lower Jeomgog Formation
25 (204-12)	grey shale of the Hupyeongdong Formation
26 (204-9)	purple shale of the Hupyeongdong Formation
27 (30-19)	purple shale of the Hupyeongdong Formation
28 (204-1)	purple shale of the Hupyeongdong Formation
29 (30-18)	purple shale of the Iljig Formation
30 (30-10)	grey shale of the Jinju Formation
31 (30-8)	grey shale of the Jinju Formation
32 (30-6)	grey shale of the Hasandong Formation
33 (30-3)	black shale of the Hasandong Formation

Table 2. Major elements (wt.%) in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	LOI	Total
1	57.29	0.60	13.51	5.21	0.08	2.10	6.75	1.52	2.62	0.18	0.05	8.11	98.02
2	66.99	0.60	11.62	3.25	0.07	1.37	5.09	2.77	1.50	0.16	0.03	5.93	99.38
3	54.02	0.59	12.20	3.72	0.11	2.70	10.80	3.72	1.70	0.20	0.08	10.37	100.21
4	58.06	0.37	11.97	2.85	0.09	1.45	9.20	3.69	2.76	0.14	0.06	7.90	98.54
5	47.09	0.55	12.76	5.44	0.12	5.28	11.41	2.14	2.90	0.26	0.04	12.26	100.25
6	46.12	0.40	10.79	2.67	0.07	2.88	15.41	2.89	3.18	0.18	0.07	13.19	97.85
7	55.00	0.62	13.24	5.23	0.11	3.29	6.08	3.11	3.38	0.32	0.06	7.11	97.55
8	48.99	0.53	14.28	5.30	0.14	3.72	8.09	3.81	3.28	0.20	0.04	9.79	98.17
9	49.48	0.55	14.24	5.29	0.14	3.68	7.94	3.71	3.32	0.20	0.05	9.55	98.15
10	57.68	0.55	15.00	4.90	0.07	2.65	5.42	4.44	3.28	0.16	0.10	6.25	100.50
11	48.95	0.62	15.49	6.08	0.07	4.39	6.28	2.29	6.28	0.22	0.04	8.64	99.35
12	44.73	0.52	13.06	6.72	0.20	6.24	9.19	3.14	3.14	0.20	0.03	12.30	99.47
13	58.05	0.64	15.72	5.54	0.03	0.93	4.00	4.90	3.98	0.20	0.10	4.49	98.58
14	54.07	0.61	16.33	5.65	0.09	1.53	6.00	5.25	3.70	0.20	0.03	5.90	99.36
15	51.00	0.60	15.09	6.89	0.08	2.62	6.69	4.20	3.36	0.20	0.02	7.44	98.19
16	58.14	0.55	16.11	4.71	0.06	1.19	4.07	5.62	3.18	0.20	0.06	4.47	98.36
17	52.29	0.63	15.50	4.82	0.14	1.73	7.32	3.15	4.56	0.18	0.05	8.60	98.97

Table 2. Continued.

No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	LOI	Total
18	55.02	0.53	16.70	4.59	0.28	0.45	5.70	3.42	6.52	0.18	0.03	5.81	99.23
19	42.67	0.45	13.11	5.99	0.32	4.73	11.60	3.20	2.22	0.20	0.02	14.26	98.77
20	53.95	0.69	15.17	5.90	0.07	4.12	6.08	2.05	3.84	0.22	0.05	8.04	100.18
21	59.29	0.41	13.57	3.78	0.04	1.92	6.94	3.46	3.34	0.18	0.12	7.12	100.17
22	53.29	0.68	16.57	6.22	0.07	3.14	5.85	3.84	3.82	0.24	0.03	6.92	100.67
23	53.50	0.65	16.06	7.98	0.10	1.14	3.98	5.81	4.56	0.18	0.17	3.74	97.87
24	59.24	0.68	17.57	7.55	0.07	1.44	0.69	5.41	4.54	0.26	0.03	2.09	99.57
25	44.16	0.55	13.04	5.22	0.11	2.10	13.98	2.15	2.94	0.18	0.08	13.93	98.44
26	58.53	0.55	12.73	4.16	0.07	2.46	6.71	4.28	1.80	0.18	0.08	7.45	99.00
27	58.34	0.59	12.89	3.85	0.08	1.96	7.31	3.42	2.14	0.14	0.03	7.47	98.22
28	60.14	0.62	10.51	3.72	0.09	2.08	8.25	2.01	2.08	0.18	0.03	8.27	97.98
29	60.38	0.63	12.38	4.16	0.11	2.06	7.67	3.41	1.80	0.18	0.03	7.27	100.08
30	60.71	0.78	16.63	7.02	0.05	3.53	1.58	1.09	3.66	0.18	0.07	4.97	100.27
31	54.22	0.68	11.73	5.98	0.14	3.22	9.43	1.28	2.18	0.18	0.11	10.69	99.84
32	59.05	0.84	19.21	7.43	0.06	2.10	1.36	0.79	4.72	0.16	0.11	4.54	100.37
33	62.90	0.83	16.70	5.75	0.06	2.23	0.82	1.02	4.28	0.14	0.10	3.46	98.29

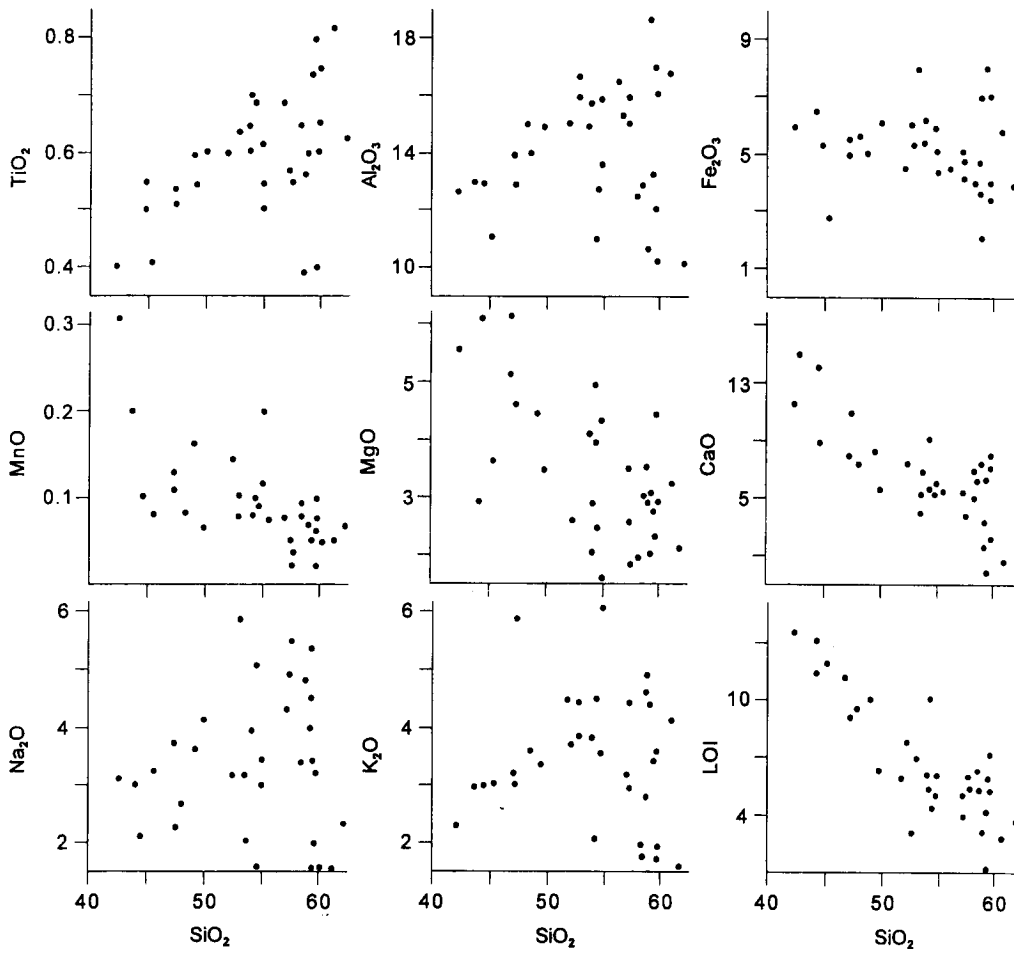


Fig. 2. Plotted diagrams of correlation between contents (wt.%) of SiO₂ and major elements of oxides in shales of the Gyeong-sang Supergroup from the Euisong Basin.

試料), 赤紫色 (12 試料) 및 綠色 (5 試料) 세일로 分類하였다 (Table 1).

主成分元素

義城盆地에 分布하는 세일의 主成分元素 組成은 層의 位置 및 岩色에 따라 매우 不均質하여 일정한 傾向을 갖지 않는다. 이 중 TiO_2 (0.40~0.84 wt.%), MnO (0.03~0.32 wt.%), P_2O_5 (0.14~0.32 wt.%), BaO (0.03~0.17 wt.%) 등의 含量은 比較的 낮은 組成의 變化幅도 작다. 그러나 SiO_2 (42.67~62.90 wt.%), Al_2O_3 (10.51~19.21 wt.%), Fe_2O_3 (2.67~7.98 wt.%), CaO (0.69~15.41 wt.%), MgO (0.45~6.24 wt.%), K_2O (1.50~6.52 wt.%), Na_2O (0.79~5.81 wt.%), LOI (2.09~14.26) 등의 含量은 비교적 넓은 範圍의 變化를 보인다 (Table 2).

이 主成分元素의 含量을 각각의 層에 따라 平均値로 나

누어 보면, SiO_2 의 含量은 河山洞層, 一直層 및 新陽洞層에서 특히 높은 (60.38~62.14 wt.%) 特徵이 있으며, Fe_2O_3 (5.83~6.59 wt.%), Al_2O_3 (15.62~17.96 wt.%), P_2O_5 (3.98~4.50 wt.%)는 霞山洞層과 點谷層에서 높은 傾向이 있다. 그러나 CaO , Na_2O , K_2O 및 MgO 의 含量은 霞山洞層에서 낮으며 點谷層에서 높은 含量을 갖는다. 灼熱減量은 後平洞層 (9.28 wt.%), 點谷層 (8.91 wt.%), 舍谷層 (10.18 wt.%) 에서 특히 높다. 한편 岩石의 色度에 따라 나누어 平均組成을 구하여 보면 大部分의 組成은 色에 따라 거의 差異가 없으나 赤紫色 세일에서 SiO_2 (55.79 wt.%)와 Na_2O (4.10 wt.%)의 含量이 높으며 CaO (5.96 wt.%)와 灼熱減量 (6.71 wt.%)은 共通적으로 낮은 含量을 갖는다.

主成分元素의 組成을 SiO_2 의 含量에 따라 變化傾向을 檢討한 結果, 일부시료를 제외하고는 SiO_2 의 含量이 增加함에 따라 TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O 의 含量도 增加하는 傾向을 보여준다. 그러나 SiO_2 의 增加에 따라 CaO , MgO ,

Table 3. Trace elements (ppm) in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euiseong Basin.

No.	As	Co	Cr	Cu	Hf	Ni	Rb	Sb	Sc	Sr	Th	U	V	Y	Zn	Zr
1	4	13	64	10	3.6	50	98	0.9	10	145	11	1.7	82	24	100	129
2	2	7	48	10	5.1	40	61	0.6	7	120	8	2.0	96	24	30	184
3	26	9	63	25	3.6	40	64	1.3	8	249	9	3.1	64	22	35	127
4	6	7	50	10	3.4	40	82	0.4	6	308	8	1.5	84	16	20	120
5	8	19	67	35	3.3	60	120	0.6	11	427	12	3.4	74	22	90	130
6	27	10	67	10	2.7	50	89	0.8	6	570	6	4.2	72	8	25	102
7	5	14	68	20	3.8	50	92	0.5	10	147	11	2.3	88	32	85	132
8	2	17	59	35	3.8	50	120	0.7	12	328	15	1.4	72	22	110	102
9	3	17	62	30	3.9	50	120	0.7	12	334	14	1.6	74	22	40	132
10	9	12	68	55	3.3	50	87	0.6	8	488	10	1.3	96	20	90	140
11	85	16	59	40	2.3	30	140	1.4	11	290	10	9.0	78	24	100	141
12	180	17	53	30	2.9	40	79	1.4	10	400	12	7.0	100	22	80	131
13	8	10	84	35	4.5	50	160	0.5	13	59	16	3.7	78	26	80	140
14	3	11	57	10	3.6	40	130	0.5	12	71	15	2.8	96	26	40	110
15	4	25	64	10	3.0	60	130	0.3	13	97	13	2.6	66	24	100	207
16	4	16	61	35	3.5	40	97	0.6	11	72	12	1.8	66	22	55	123
17	13	14	64	30	4.3	50	150	0.9	10	74	16	5.0	90	22	80	107
18	16	12	50	40	3.5	50	130	1.1	10	36	17	5.2	110	24	25	118
19	8	8	41	25	2.4	40	82	0.5	13	148	10	4.1	62	28	110	160
20	13	12	58	25	3.4	50	160	0.7	11	175	12	3.5	74	24	110	131
21	4	6	59	25	3.5	40	110	0.4	6	167	9	2.0	92	18	85	98
22	3	17	60	15	3.3	60	130	0.3	12	100	13	3.0	80	26	85	148
23	7	12	62	35	3.9	40	150	0.4	14	40	13	2.9	130	28	110	126
24	3	10	59	10	3.0	50	120	0.4	13	50	11	1.9	86	40	120	141
25	31	15	57	40	2.9	50	120	1.1	10	157	12	9.1	86	20	110	126
26	6	11	45	35	3.9	50	80	0.5	8	136	12	2.7	70	22	95	141
27	5	10	58	40	5.4	40	90	0.4	8	162	11	2.1	90	24	85	140
28	3	10	62	20	5.8	50	79	0.8	8	149	11	3.3	58	24	55	140
29	4	11	57	35	5.1	40	82	0.6	9	184	12	2.6	86	28	35	124
30	4	16	78	35	4.7	60	170	0.4	13	112	18	2.9	82	30	120	133
31	9	12	96	25	6.0	60	90	0.6	9	242	13	2.5	54	30	25	197
32	2	16	62	20	3.9	50	200	0.4	11	123	19	2.9	66	30	130	217
33	3	16	78	30	5.6	60	200	0.5	13	107	17	3.0	94	32	80	201

MnO 및 LOI의 含量은 대부분 負의 相關關係를 보이고 있으나, Fe₂O₃ 및 Na₂O의 含量은 아무런 傾向을 갖지 않는다 (Fig. 2). 一般적으로 堆積岩內의 主成分元素 및 金屬元素는 炭素 또는 有機物의 含量과 關係가 있으며,

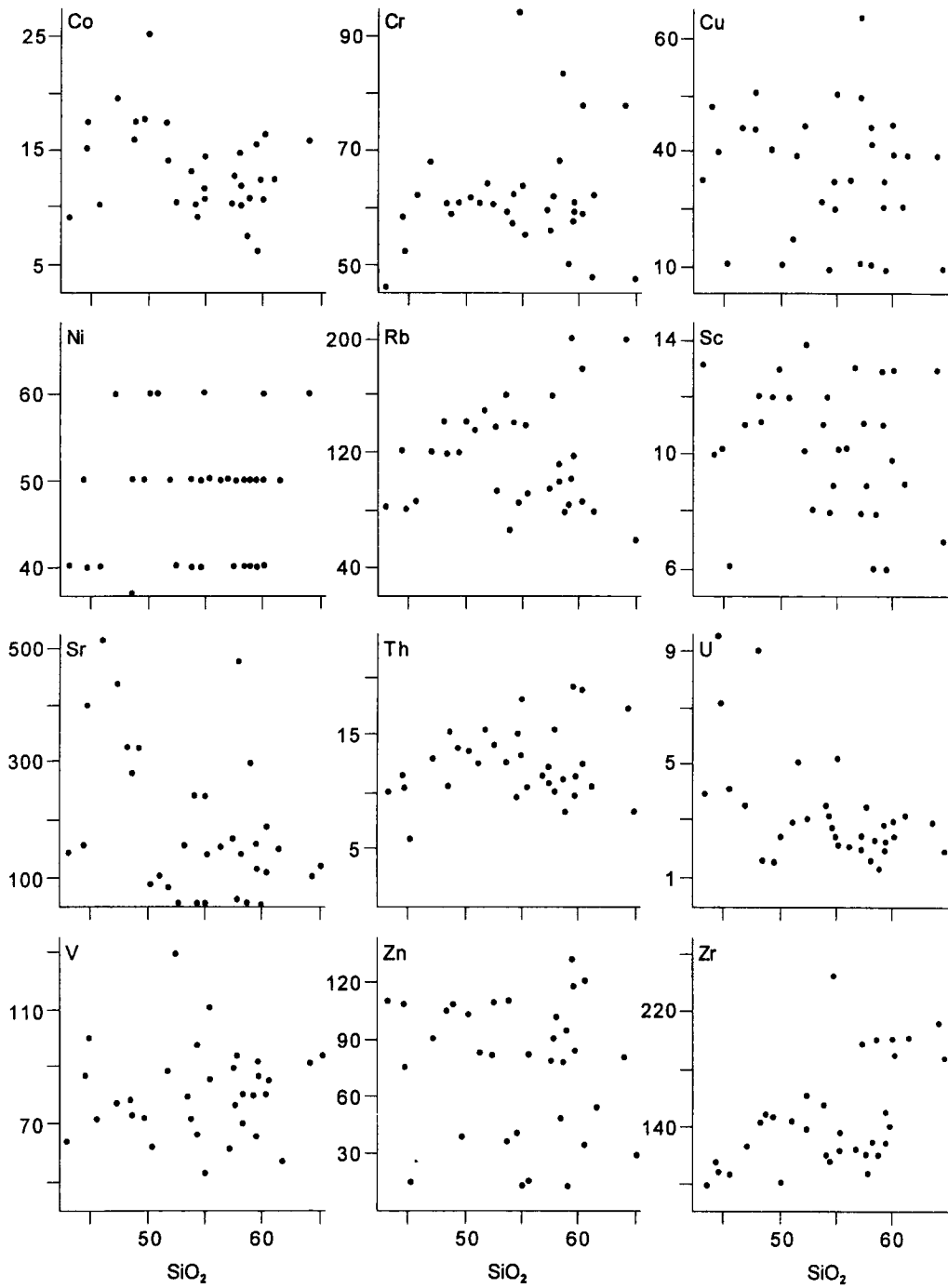


Fig. 3. Plotted diagrams of correlation between content (wt.%) of SiO₂ and contents (ppm) of minor elements in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euisong Basin.

Al₂O₃ 및 BaO의 함량에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다 (Northrop *et al.*, 1990). 그러나 이 元素들의 舉動特性에 따라 義城盆地를 구성하는 層의 區分 및 岩色에 따른 一般의인 差異 또는 共通點을 찾을 수 없었다. 한편 下部 點谷層에는 含鑛堆積層이 存在한다고 하나, 主成分 元素와 金屬元素의 舉動 및 含量變化로는 確認이 不可能하였다.

微量元素

이 地域에 分布하는 세일의 微量元素 含量은 Table 3과 같다. 이들을 一般의인 세일이 갖는 미량원소의 함량과 비교하면, Rb (61~200 ppm), Sr (36~488 ppm) 및 Zr (98~242 ppm) 등을 除外한 Hf (2.3~6.0 ppm), U (1.3~9.1 ppm), V (54~130 ppm), Ni (30~60 ppm), Sc (6~14 ppm), Th (6~19 ppm), Y (8~40 ppm) 들의 含量은 비교적 낮으며 組成의 變化幅도 작음을 보여준다. 그러나 後生鑛化作用의 徵候를 判別하는데 이용되고 있는 As (2~180 ppm), Co (6~25 ppm), Cr (41~96 ppm), Cu (10~55 ppm), Sb (0.3~1.4 ppm) 및 Zn (20~130 ppm) 의 含量은 試料에 따른 含量變化가 심하다.

이 微量元素의 平均置는 각각의 層에 따라 큰 차이가 없으나, 上部 點谷層에서 As (40 ppm), Co (15 ppm), Cr (65 ppm) 및 Sr (327 ppm)의 함량이 다소 높고, 霞山洞層과 晉州層에서는 Co (12~16 ppm), Cr (62~96 ppm), Ni (50~60 ppm), Rb (90~200 ppm), Th (13~19 ppm) 및 Zr (187~242 ppm)이 다소 높다. 한편 세일의 색에 따라서는 큰 차이는 없으나, 層의 區分과 관계없이 岩石의 색에 따른 미량원소의 平均置를 구해보면, 赤紫色 세일에서 As (28 ppm), Ni (43 ppm) 및 V (87 ppm) 등이 높은 含量을 갖는다. 또한 綠色 세일에서는 Sr (240 ppm)이 높고, 赤紫色 세일에서는 Rb (107 ppm)의 함량이 낮다.

이 全岩分析置의 SiO₂ 함량을 基準으로 각 元素의 含量變化를 檢討한 結果 SiO₂의 함량이 增加함에 따라 Rb와 Th의 함량은 대부분 增加하는 傾向을 보여주나, SiO₂의 增加에 따라 Co 및 U의 含量은 減少하는 傾向을 보인다. 이외의 모든 元素는 특별한 關係를 보이지 않는다 (Fig. 3). 또한 Ba를 基準으로 하여 각 元素의 相關圖를 작성하여 보아도 아무런 傾向을 찾을 수 없었다. 한편 V의 含量에 따른 U, Mo, Ba, Fe의 함량도 어떠한 傾向을 보여주지 않으며 As와 Cu의 함량에도 특별한 影響을 미치지 않은 것으로 보인다.

一般의으로 堆積岩內의 V는 U, Ba, Al 등의 堆積起源 岩石에서 相對的으로 높은 元素들과 舉動特性을 같

이 하고 있으며 (Breger, 1958), As, Cu, Ni, Zn 등과 는 負의 相關關係를 보여야 한다 (Szilagy, 1971). 그러나 Ba의 含量에 따른 微量元素의 變化圖를 보면, 일부의 含量이 높은 試料에서는 위와 같은 傾向을 보이거나 全體的으로는 아무런 傾向이 없었다. 한편 微量元素들의 舉動特性은 層의 區分 및 岩色에 따라서도 큰 변화는 없었으며, 下部 點谷層내 含鑛堆積層의 存在도 確認할 수 없었다.

稀土類元素

一般的으로 堆積岩類의 REE 含量變化는 Al₂O₃ 및 K₂O의 含量이 높은 粘土鑛物의 含量과 관계 있으며, 보통 Al₂O₃의 함량이 增加하면서 REE 含量도 增加하여 明確한 正比例 關係를 갖는다 (Condie, 1991; Gao, Zhang, 1991).

Table 4. Rare earth elements (ppm) in shales of the Gyeong-sang Supergroup from the Euisong Basin.

No.	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
1	27.6	60	26	4.9	1.0	0.8	1.87	0.29
2	23.8	51	23	4.7	1.0	0.8	1.92	0.31
3	27.9	57	24	4.2	0.9	0.7	1.70	0.26
4	24.4	51	21	3.6	0.8	0.5	1.28	0.19
5	29.2	64	23	4.7	0.9	0.6	1.96	0.29
6	16.7	37	17	2.4	0.6	0.5	0.50	0.05
7	43.4	72	33	5.6	1.2	0.9	2.20	0.32
8	31.1	69	27	4.9	1.0	0.7	2.16	0.33
9	31.5	69	27	4.9	1.0	0.7	2.15	0.32
10	25.4	57	22	4.1	0.8	0.7	1.43	0.24
11	27.9	52	19	4.6	0.8	0.7	1.40	0.24
12	33.5	64	24	5.2	0.9	0.7	1.60	0.30
13	39.0	87	39	6.2	1.3	0.8	2.32	0.36
14	38.2	80	31	5.7	1.2	0.8	2.25	0.34
15	31.2	67	28	5.1	1.0	0.8	2.00	0.30
16	33.2	72	32	5.1	1.0	0.7	2.02	0.31
17	40.6	80	31	4.7	0.9	0.6	1.77	0.27
18	43.5	89	32	5.1	1.0	0.8	1.98	0.29
19	25.8	60	24	5.2	1.1	0.9	2.15	0.33
20	31.9	68	26	5.0	0.9	0.9	1.92	0.30
21	26.5	55	20	3.8	0.8	0.9	1.31	0.20
22	30.8	67	26	5.2	1.0	0.1	2.19	0.33
23	38.1	69	27	5.7	1.1	0.9	2.00	0.33
24	38.7	64	33	9.8	1.6	0.7	2.40	0.34
25	28.7	62	25	4.4	0.9	0.8	1.80	0.29
26	32.1	68	27	4.8	0.9	0.6	1.93	0.29
27	34.1	70	28	5.1	1.1	0.8	1.86	0.29
28	30.3	65	27	4.9	1.0	0.7	2.19	0.33
29	32.4	71	29	5.5	1.1	0.7	2.38	0.36
30	40.5	84	33	6.0	1.1	0.9	2.77	0.42
31	44.3	89	33	6.2	1.3	0.9	2.45	0.38
32	64.9	105	40	7.1	1.3	0.9	2.37	0.34
33	42.3	91	37	6.6	1.3	0.9	2.81	0.41

선캄브리아기 泥質 變成堆積岩의 La/Th 比는 보통 3.6 ± 0.4 로서 캄브리아기 以後의 堆積岩類의 값보다 큰 것이 일반적이다. 이는 變成作用의 영향보다는 堆積作用의 차이로 解析되며, 隕石 (chondrite)으로 標準化한 細粒質 堆積岩의 REE 變化圖는 거의 平行한 樣相을 보인다 (McLennan *et al.*, 1980).

이 研究地域의 세일에 含有되어 있는 稀土類元素의 含量을 層序의 位置와 岩石의 色相에 따라 平均値를 구하여 보면 HREE의 變化는 거의 없으나 LREE의 含量은 霞山洞層과 晋州層에서 다소 높다. 또한 岩石의 色에 따라서도 큰 差異는 없으나, 灰色 세일에서 LREE의 含量이 약간 높다 (Table 1, 4). 한편 이 研究地域의 세일들이 갖는 Al_2O_3 의 含量과 La의 關係는 正의 相關圖를 보인다 (Fig. 4). 이 세일의 平均 값과 標準偏差를 가지고 Haskin *et al.*(1968)의 隕石 및 美國의 標準세일 (North American Shale Composite, NASC) 값으로 標準化한 稀土類元素의 變化圖는 Fig. 5와 같이 岩石의 色 및 層의 區分과 關係없이 거의 平行한 傾向을 갖는다.

堆積岩에서 La와 Ce의 관계는 正比例 關係를 갖고, 특

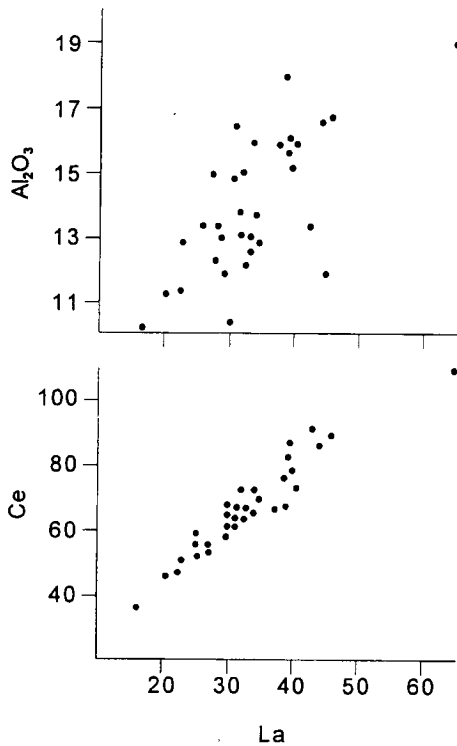


Fig. 4. Plotted diagram of correlation between Al_2O_3 (wt.%) and Ce (ppm) versus La (ppm) in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

히 海洋性 堆積物의 La/Ce 比는 0.25~2.80 範圍이며, 이는 熱水의 影響을 받을수록 높아진다 (Wang *et al.*, 1986). 또한 Th 含量은 LREE의 含量과 密接한 關係가 있고, Th/Yb 比는 1.5~6.0의 範圍를 가지며, La/Th의 比는 0.0~5.5의 範圍內에 包含된다 (McLennan *et al.*, 1980; 1983). 이는 堆積物이 堆積될 當時의 風化 및 運搬에 의한 特定鑛物의 含量과 關係가 있는 것이라 하였

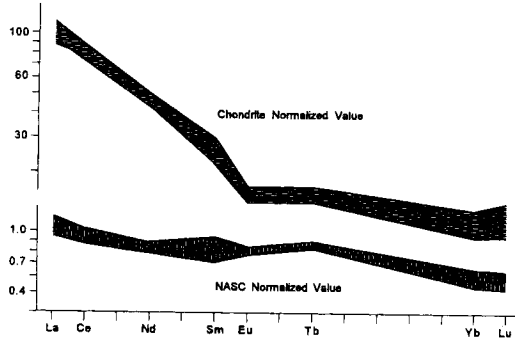


Fig. 5. Chondrite and North American Shale Composite (NASC) normalized rare earth elements distributions in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

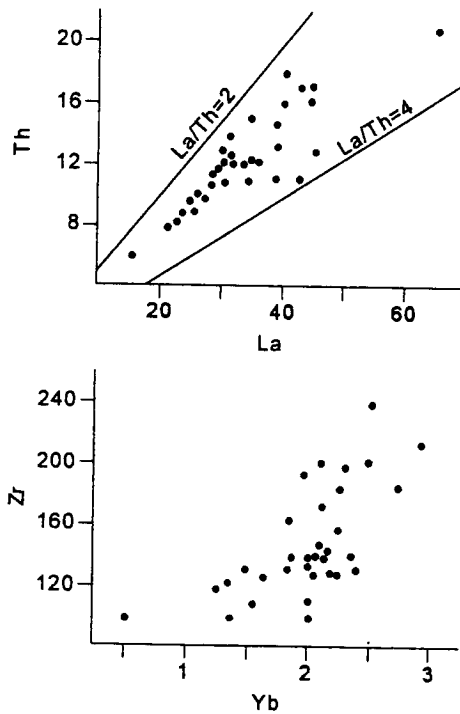


Fig. 6. Plotted diagrams of correlation between contents (ppm) of La versus Th and Yb versus Zr in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

다. 이 지역의 세일이 갖는 La/Ce 비는 0.43~0.62 로서 아주 좁은 範圍內에 포함되며 兩者는 명확한 比例關係를 갖는다 (Fig. 4). 또한 La/Th 비는 1.98~5.90 이고 La와 Th는 거의 正比例 關係를 가지며, Yb의 含量이 增加함에 따라 Zr의 含量도 增加하는 傾向을 잘 보여준다 (Fig. 6).

討議 및 結言

義城地域 慶尙累層群에 접재하는 세일은 石英, 斜長石, K-長石 및 微量의 碳酸鹽 礦物, 黑雲母, 白雲母, 綠泥石, 金紅石, 黃鐵石, 粘土 礦物로 構成되어 있다. 이 層의 일부 試料에서는 SiO₂, Al₂O₃ 및 CaO의 含量變化가 큰 것이 있으나, 이는 碳酸鹽 및 粘土 礦物의 含量과 관계있는 것이다. 主成分元素中에 Al₂O₃/Na₂O 및 K₂O/Na₂O의 비는 新洞層

群의 것이 각각 9.19~24.32, 1.70~5.97이며, 河陽層群의 것이 2.76~8.89, 0.42~2.74 範圍로서 (Table 5), 新洞層群의 조성은 河陽層群의 組成에 비하여 不均質하며 넓은 범위의 組成變化를 갖는다.

한편 SiO₂/Al₂O₃의 비에 대하여 K₂O/Na₂O 비와, Al₂O₃/Na₂O 비의 關係를 살펴보면 (Fig. 7), 兩層群의 차이는 거의 없이 相互 反比例하는 傾向을 보여준다. 이는 根源岩의 組成 및 分化度를 반영하는 것으로서, 兩者 모두 火成岩 起源의 堆積物이 주류를 이루고 있었음을 指示한다. 또한 비교적 堆積環境의 變化가 없었던 盆地內에서 續成作用이 이루어진 것으로 解析할 수 있다 (Inazumi, 1975; Gromet *et al.*, 1984; Yoshii *et al.*, 1990).

이 主成分元素中에 SiO₂와 Al₂O₃의 含量은 慶尙累層群의 基底를 이루는 新洞層群에서 특히 높은 傾向이 있으며 CaO, Na₂O 및 MgO의 含量은 河陽層群에서 낮고, 灼熱減

Table 5. Selected elemental ratios of shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

No.	Si/Al*	Al/Na**	K/Na***	V/Ni	Cr/V	Ni/Co	Zr/Hf	Th/U	Th/Yb	Co/Th	Sc/Th	La/Th	La/Sc	La _N /Yb _N
1	4.24	8.89	1.72	1.64	0.78	3.85	35.83	6.47	5.88	1.18	0.91	2.51	2.76	9.33
2	5.77	4.19	0.54	2.23	0.50	5.71	36.08	4.00	4.17	0.88	0.88	2.98	3.40	6.90
3	4.85	3.24	0.75	2.10	0.60	5.71	35.29	5.33	6.25	0.88	0.75	3.05	4.07	11.56
4	4.43	3.01	0.46	1.60	0.98	4.44	35.28	2.90	5.29	1.00	0.89	3.10	3.49	9.44
5	3.69	5.96	1.36	1.23	0.91	3.16	39.39	3.53	6.12	1.58	0.92	2.43	2.65	8.80
6	4.27	3.73	1.10	1.44	0.93	5.00	37.78	1.43	12.00	1.67	1.00	2.78	2.78	17.02
7	4.15	4.26	1.09	1.76	0.77	3.57	34.74	4.78	5.00	1.27	0.91	3.95	4.34	12.01
8	3.43	3.75	0.86	1.44	0.82	2.94	36.84	10.71	6.94	1.13	0.80	2.07	2.59	8.55
9	3.47	3.84	0.89	1.48	0.84	2.94	36.15	8.75	6.51	1.21	0.86	2.25	2.63	8.64
10	3.85	3.38	0.74	1.92	0.72	4.17	39.70	7.69	6.99	1.20	0.80	3.18	3.18	11.00
11	3.16	6.76	2.74	2.60	0.76	1.88	60.87	1.11	7.14	1.60	1.10	2.79	2.54	12.14
12	3.42	4.16	1.00	2.50	0.53	2.35	37.93	1.71	7.50	1.42	0.83	2.79	3.35	12.75
13	3.69	3.21	0.81	1.56	1.08	5.00	46.00	4.32	6.90	0.63	0.81	2.44	3.00	9.83
14	3.31	3.11	0.70	2.40	0.59	3.64	34.17	5.36	6.67	0.73	0.80	2.55	3.18	10.55
15	3.38	3.59	0.80	1.10	0.97	2.40	35.67	5.00	6.50	1.92	1.00	2.40	2.40	9.50
16	3.61	2.87	0.57	1.65	0.92	2.50	33.71	6.67	5.94	1.33	0.92	2.77	3.02	10.10
17	3.37	4.92	1.45	1.80	0.71	3.57	37.21	3.20	13.68	0.88	0.63	2.54	4.06	13.67
18	3.29	4.88	1.91	2.20	0.45	4.17	37.43	3.27	8.59	0.71	0.59	2.56	4.35	13.20
19	3.25	4.10	0.69	1.55	0.66	5.00	40.83	2.44	4.65	0.80	1.30	2.58	1.98	7.09
20	3.56	7.40	1.87	1.48	0.78	4.17	43.53	3.43	6.25	1.00	0.92	2.66	2.90	9.70
21	4.37	3.92	0.97	2.30	0.64	6.67	36.00	4.50	6.87	0.67	0.67	2.94	4.42	11.43
22	3.22	4.32	0.99	1.33	0.75	3.53	42.73	4.33	5.94	1.31	0.92	2.37	2.57	8.45
23	3.33	2.76	0.78	3.25	0.48	3.33	35.90	4.48	6.50	0.92	1.08	2.93	2.72	11.50
24	3.37	3.25	0.84	1.72	0.69	5.00	46.67	5.79	4.58	0.91	1.18	3.52	2.98	9.83
25	3.39	6.07	1.37	1.72	0.66	3.33	42.76	1.32	6.67	1.25	0.83	2.39	2.87	9.67
26	4.60	2.97	0.42	1.40	0.64	4.55	34.10	4.44	6.22	0.92	0.67	2.68	4.01	9.70
27	4.53	3.77	0.63	2.25	0.64	4.00	36.48	5.24	5.91	0.91	0.73	3.10	4.26	11.44
28	5.72	5.23	1.03	1.16	1.07	5.00	37.41	3.33	5.02	0.91	0.73	2.75	3.79	8.36
29	4.88	3.63	0.53	2.15	0.66	3.64	39.41	4.62	5.04	0.92	0.75	2.70	3.60	8.17
30	3.65	15.26	3.36	1.37	0.95	3.75	39.79	6.21	6.50	0.89	0.72	2.25	3.12	8.79
31	4.62	9.16	1.70	0.90	1.78	5.00	40.33	5.20	5.31	0.92	0.69	3.41	4.92	11.17
32	3.07	24.32	5.97	1.32	0.94	3.13	39.23	6.55	8.02	0.84	0.58	3.42	5.90	16.42
33	3.77	16.37	4.20	1.57	0.83	3.75	30.04	5.67	6.05	0.94	0.76	2.49	3.25	9.14

*Si/Al=SiO₂/Al₂O₃ **Al/Na=Al₂O₃/Na₂O ***K/Na=K₂O/Na₂O

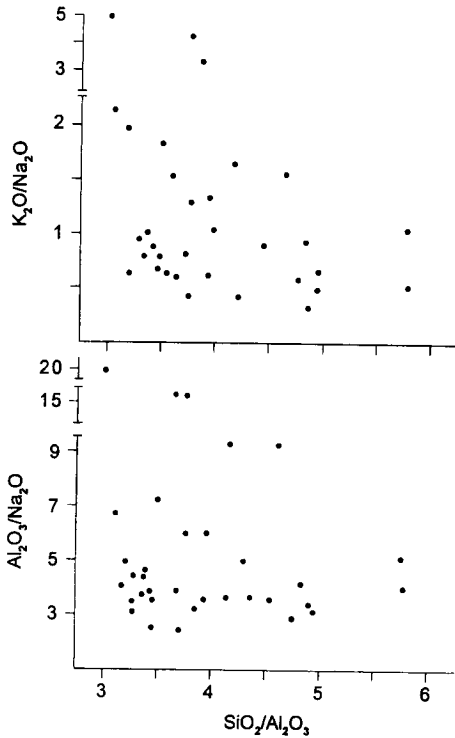


Fig. 7. Plotted diagram of correlation between ratios of Al_2O_3/Na_2O and Na_2O/K_2O versus SiO_2/Al_2O_3 in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

량은 암회색의 세일이 우세한 河陽層群의 後平洞層, 點谷層, 畝谷層에서 높다. 大部分의 微量元素 含量은 각각의 層에 따라 큰 차이가 없으나 상부 點谷層에서 As, Co, Cr 및 Sr, 霞山洞層과 卍州層에서는 Co, Cr, Rb, Th 및 Zr이 다소 높다.

岩石의 色에 따라서는 赤紫色 세일에서 As 및 V이 높은 含量을 가진다. 이들 含量은 岩色 및 層에 따라 다른 것이 아니라, 堆積環境에 따른 造岩鑛物 및 風化의 差異를 반영하는 것으로 보인다. 稀土類元素의 含量을 平均值로 하여 각각의 層에 따라 나누어 보면 HREE의 變化는 거의 없으나 LREE의 含量은 新洞層群에서 다소 높은 특징이 있다. 岩石의 色에 따라서도 특별한 차이는 없으나 灰色 세일에서 LREE의 含量이 높다.

慶尙累層群의 基底를 이루는 層에서 微量 및 稀土類元素의 含量이 높으며 河陽層群에서는 낮은 含量을 갖는 것으로 보아 兩者의 起源堆積物에는 다소 差異가 있음을 시사한다. 한편 含鑛堆積層으로 알려진 點谷層에서 一部 微量元素가 富化되어 있는 것은 사실이나, 鑛化作用의 徵候를 확인할 수 있을 程度의 異常值는 없었다.

研究地域의 세일에는 Ba, V 및 U가 微量 包含되어 있

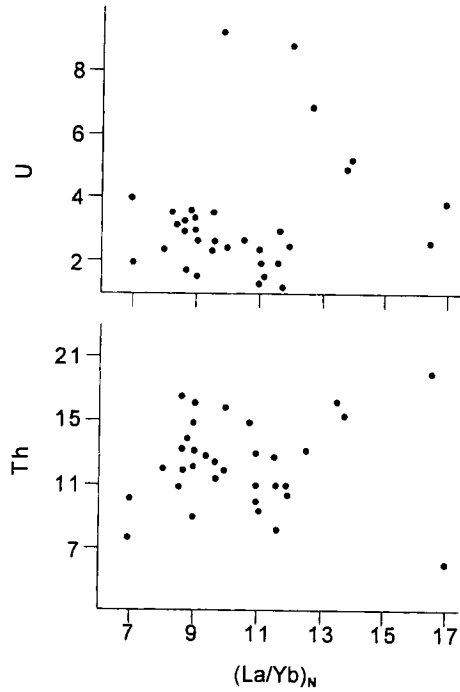


Fig. 8. Plotted diagram of correlation between contents (ppm) of U and Th versus $(La/Yb)_N$ in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euseong Basin.

며 V은 Al_2O_3 및 BaO와 동일한 舉動特性을 가지나, U은 이와 무관하다. 또한 火成岩類의 分化和 關係가 있는 일부 微量元素 (Table 5)의 比 (V/Ni : 0.90~3.25, Cr/V : 0.45~1.78, Ni/Co : 1.88~6.67, Zr/Hf : 30.04~60.87)로 볼때 McLennan *et al.* (1984) 및 Yoshii *et al.* (1990)의 報告와 같이, 이 세일들의 根源岩은 적어도 火成岩類였을 可能性이 높다. 일반적으로 海水起源 堆積物의 Th/U 비는 0.1 미만으로 낮으며, La/Ce의 범위는 상대적으로 넓다 (Vine, Tourtelot, 1970; Vassiliou, 1980).

이 研究地域의 세일에 함유되어 있는 Th/U의 比 (1.11~10.71)는 넓은 範圍를 갖는 반면에 La/Ce 比 (0.43~0.62)는 좁은 범위를 갖는다. 이 結果는 研究지역에 分布하는 세일들이 陸上의 淡水에서 堆積된 것임을 시사하는 증거이나, 微量元素中의 일부는 堆積 및 續成作用 동안에 再平衡이 있었을 可能性도 있다 (Northrop *et al.*, 1990; Wanty *et al.*, 1990). 한편 研究지역의 세일들이 갖는 Th/Yb의 比는 4.17~13.68, La/Th의 比는 1.98~5.90의 範圍를 보이는 것으로 보아, 퇴적당시는 環境의 變化가 없었던 一定한 條件의 盆地였으며, 稀土類元素는 續成 및 熱水變質에 따른 地化學의 影響을 받지 않은 것으로 解析된다 (Taylor *et al.*, 1986; Wronkiewicz, 1987).

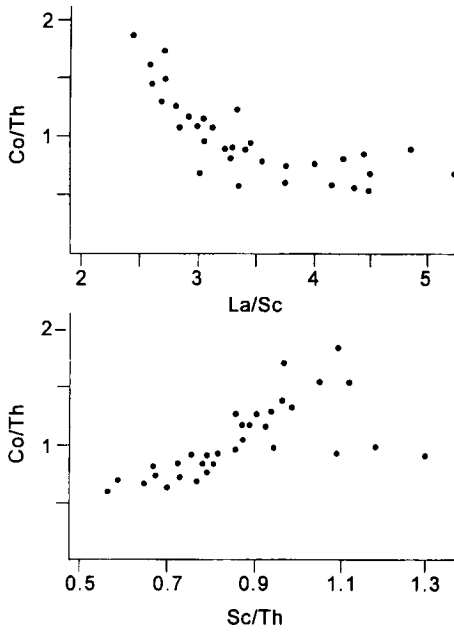


Fig. 9. Plotted diagram of correlation between ratios of La/Sc and Sc/Th versus Co/Th in shales of the Gyeongsang Supergroup from the Euisong Basin.

一般的으로 La는 風化 및 堆積作用에 따라 안정하며 海水中에 滯留하는 기간도 相對的으로 짧아 Th와 함께 堆積岩類의 起源을 指示하는 元素로 利用되어 왔다 (McLennan, Taylor, 1980; Nance, Taylor, 1976; 1977; Sholkovitz, 1990). McLennan *et al.* (1980)은 泥質 變成堆積岩에서는 $(La/Yb)_N$ 과 U 및 Th는 모두 正比例關係를 보이는 것이 一般的이라 하였다. 이는 REE (La 및 Yb)와는 다르게 Th, V, U 등은 堆積 및 續成作用을 받으면서 消失되기 때문이다 (McLennan *et al.*, 1984). 이 研究地域의 셰일이 갖는 $(La/Yb)_N$ 는 6.90~17.02로 넓은 範圍를 갖는 것으로 보아, 根源岩의 組成은 比較的 分化가 進行된 中性-酸性 火成岩類였을 可能性이 높다. 또한 $(La/Yb)_N$ 비가 U 및 Th와 아무런 相關關係를 갖지 않는다는 것은 (Fig. 8), U와 Th가 La 및 Yb에 비하여 堆積 및 續成作用에 대하여 민감하게 移動하기 때문으로 推定된다.

堆積岩의 La, Th 및 Sc 含量은 根源岩을 유추하는 좋은 指示元素이며, 일반적으로 鹽基性 火成岩 起源의 堆積岩은 Co/Th 비가 높고 La/Sc 비가 낮으며 酸性 火成岩에서 유래한 堆積岩은 前者와 反對의 경우를 갖는다. 따라서 火成起源 堆積岩이 갖는 Co/Th와 La/Sc의 관계는 극명한 反比例關係를 보여주며 Co/Th와 Sc/Th는 正比例關係를 갖는다 (McLennan *et al.*, 1980). 이 研究地域에 분포하는 셰일의 Co/Th의 비 (0.63~1.92)와 La/Sc 비

(1.98~5.90)의 關係는 아주 均質하며, Co/Th 비와 Sc/Th 비 (0.58~1.30)는 反比例 傾向이 뚜렷하다 (Fig. 9). 이는 義城盆地에 分布하던 堆積物의 根源岩은 中性-酸性 火成岩이 主流를 이루고 있었으며 少量의 鹽基性 火成岩類에서 起源한 堆積物이 포함된 것으로 解析할 수 있다.

따라서 이 研究地域에 分布하는 慶尙累層群의 셰일은 비교적 堆積環境의 變化가 없었던 陸上의 淡水에서 堆積된 것으로 보이며, 이들의 起源岩은 中性-酸性 火成岩類가 주류를 이루고 있었을 것으로 解析되나, 兩者의 組成은 다소 달랐던 것으로 推定된다. 그러나 起源堆積物이 深成岩類인지 火山岩類인지는 不分明하다. 또한 이 셰일들을 構成하는 主成分元素와 일부 微量元素는 堆積 및 續成作用 동안 元素의 置換과 再平衡이 있었으나, 稀土類元素는 續成 및 變質에 따른 影響을 받지 않은 것으로 보인다.

謝 辭

이 研究는 教育部 基礎科學研究所 育成支援事業 (BSRI-95-5419)의 研究費에 의하여 이루어졌으며, 一部는 韓國科學財團 後援 戰略礦物資源研究센터의 支援을 받았다. 原稿의 미비점에 관하여 상세히 지적하여 주시고 건설적인 批評을 가하여 주신 釜山大學校의 金鎮涉 教授께 진심으로 感謝드리며, 試料採取 및 室內研究에 많은 도움을 준 忠南大學校 地質學科의 李鍾昌 學士에게도 謝意를 표한다.

參考文獻

- 金鳳均, 李裕大, 梁承榮 (1977) 韓國地質圖 義城圖幅(1:50,000) 및 說明書. 韓國資源開發研究所, 35p.
- 金仁洙, 李鉉具, 尹惠洙, 강희철 (1993) 義城地域 白堊紀 岩石에 대한 古磁氣 研究. 鑛山地質, 26권, p. 403-420.
- 嚴相鎬, 崔現日, 孫晉潭, 吳在鎬, 郭英勳, 申性天, 尹惠洙 (1983) 慶尙盆地 慶尙累層群의 地質學的 및 地球化學的 研究. 韓國動力資源研究所, 研究特報-36호, 124p.
- 元鍾寬, 尹 銑, 蘇七燮 (1980) 韓國地質圖 新寧圖幅(1:50,000) 및 說明書. 韓國資源開發研究所, 21p.
- 尹成孝 (1993) 義城盆地 中央部 金城山 火山岩 複合體의 火山活動과 콜드론 構造. 地質學會誌, 29권, p. 309-323.
- 尹惠洙, 李鉉具, 文熙壽, 金仁洙, 송영수 (1993) 慶尙系 義城盆地 堆積岩의 색깔과 그 層序的 및 古環境의 意義. 韓國古生物學會誌, 9권, p. 93-114.
- 李鉉具, 金尙中 (1995) 甘溪 銅-鉛-亞鉛-金-銀 鑛床의 鑛石鑛物과 流體包有物 研究. 資源環境地質, 28권, p. 9-17.
- 李鉉具, 金尙中, 尹惠洙, 송영수, 金仁洙 (1993a) 慶北 義城 東南部 五土山 周邊의 銅鑛化作用. 鑛山地質, 26권, p. 311-325.
- 李鉉具, 金尙中, 尹惠洙, 崔煥讚, 송영수, 板谷徹丸 (1993b) 慶北 義城 東南部에 分布하는 金城山 火山岩類의 K-Ar 年代와 그 周邊의 鑛化時期. 鑛山地質, 26권, p. 445-454.
- 章基弘 (1977) 慶尙盆地 上部 中生系의 層序, 堆積 및 地構造. 地質學會誌, 13권, p. 76-90.

- 章基弘 (1978) 慶尙盆地 上部 中生系の 層序, 堆積 및 地構造 (II). 地質學會誌, 14권, p. 120-135.
- 章基弘 (1982) 上部 中生代層 (白堊系-慶尙累層群). 韓國의 地質과 鑛物資源, 延世大學校 地質學科 同門會, p. 113-131.
- 章基弘, 金相旭, 李在英, 高仁錫 (1977) 韓國地質圖 九山洞圖幅 (1:50,000) 및 說明書. 韓國資源開發研究所, 25p.
- 章基弘, 李倫鍾, 朴炳權 (1981) 韓國地質圖 軍威圖幅 (1:50,000) 및 說明書. 韓國資源開發研究所, 20p.
- 池世定, 崔善奎, 都城宰, 高龍權 (1991) 義城地域의 金-銀 鑛化作用. 鑛山地質, 24권, p. 151-165.
- 崔煒謙, 尹旭 (1991) 慶尙盆地에서 發見되는 含鐵堆積岩層. 鑛山地質, 24권, p. 227-232.
- 崔煒謙, 黃載河, 尹旭, 宋敎榮, 金東鶴 (1990) 大韓民國 地質圖 (1:25,000), 友保圖幅 (NJ52-14-25-2). 韓國動力資源研究所.
- 崔現日, 孫晉潭, 吳在鎬, 崔泳振, 尹顯秀, 申性天, 梁文烈, 金相吉, 趙東行, 文昌培, 閔聖植, 朴英洙 (1982) 義城地域 慶尙累層群에 대한 研究. 韓國動力資源研究所, 研究特報-28호, p. 1-50.
- 崔現日 (1985) 白堊紀 慶尙盆地的 堆積과 그의 層序分類와의 聯關性. 地質學會誌, 21권, p. 26-37.
- 黃尙九 (1995) 金城山 칼데라내 貫入熔結凝灰岩의 熔結作用과 탈과리作用. 地質學會誌, 31권, p. 512-522.
- 黃尙九, 金相旭 (1995) 金城山 칼데라내 貫入熔結凝灰岩의 流狀構造. 地質學會誌, 31권, p. 456-466.
- 黃尙九, 李基銅, 金相旭, 李在英, 李倫鍾, 黃載河, 金東鶴 (1995) 金城山 칼데라내 貫入熔結凝灰岩의 産出形態, 資源環境地質, 28권, p. 415-423.
- Breger, I.A. (1958) Geochemistry of coal. *Econ. Geol.*, v. 53, p. 923-941.
- Chang, K.H. (1975) Cretaceous stratigraphy of Southeast Korea. *Jour. Geol. Soc. Kor.*, v. 11, p. 1-23.
- Chi, S.-J., Doh, S.-J., Choi, S.-G. and Lee, J.-H. (1989) Geochemistry of Cu-Pb-Zn-Ag deposits from the Euseong mineralized area. *Jour. Kor. Inst. Mining Geol.*, v. 22, p. 253-266.
- Choi, H.I. (1986) Fluvial plain/lacustrine facies transition in the Cretaceous Sindong Group, south coast of Korea. *Sediment. Geol.*, v. 48, p. 295-320.
- Choi, S.G., Choi, S.H., Yun, S.T., Lee, J.H. and So, C.S. (1992a) Genetic environment of hydrothermal copper deposits in Ogsan mineralized area, Gyeongsangbukdo province. *Jour. Kor. Inst. Mining Geol.*, v. 25, p. 233-243.
- Choi, S.G., Lee, J.H., Yun, S.T. and So, C.S. (1992b) Mineralogy and geochemistry of the Jeonheung and Oksan Pb-Zn-Cu deposits, Euseong area. *Jour. Kor. Inst. Mining Geol.*, v. 25, p. 417-433.
- Condie, K.C. (1991) Another look at rare earth elements in shales. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 55, p. 2527-2531.
- Gao, S. and Zhang, B. (1991) Al₂O₃-REE correlations in sedimentary rocks. *Geochem. Jour.* v. 25, p. 147-161.
- Goldberg, E.D., Koide, M., Schmitt, R.A. and Smith, R.H. (1963) Rare-earth distributions in the marine environment. *Jour. Geophys. Res.*, v. 68, p. 4209-4217.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. and Korotev, R. L. (1984) The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 48, p. 2462-2482.
- Hansley, P.L., and Spirakis, C.S. (1992) Organic matter diagenesis as the key to a unifying theory for the genesis of tabular uranium-vanadium deposits in the Morrison Formation, Colorado Plateau. *Econ. Geol.*, v. 87, p. 352-365.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. and Wildeman, T.T. (1968) Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: Ahrens, L.H. (ed.), *Origin and Distribution of the Elements*, I. Pergamon, Oxford, p. 889-911.
- Inazumi, A. (1975) Chemical composition of Paleozoic pelitic rocks in Chugoku, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, v. 81, p. 513-520. (Japanese with English abstract).
- McLennan, S.M., Nance, W.B. and Taylor, S.R. (1980) Rare earth element-thorium correlations in sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 44, p. 1833-1839.
- McLennan, S.M. and Taylor, S.R. (1980) Th and U in metasedimentary rock: Crustal evolution and sedimentary recycling. *Nature*, v. 285, p. 621-624.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R. and Eriksson, K.A. (1983) Geochemistry of Archean shales from the Pilbara Supergroup, Western Australia. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 47, p. 1211-1222.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R. and McGregor, V.R. (1984) Geochemistry of Archean metasedimentary rocks, West Greenland. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 48, p. 1-13.
- Nance, W.B. and Taylor, S.R. (1976) Rare earth patterns and crustal evolution I. Australian post-Archean sedimentary rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 40, p. 1539-1551.
- Nance, W.B. and Taylor, S.R. (1977) Rare earth elements and crustal evolution II. Archean sedimentary rocks from Kalgoorlie, Australia. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 41, p. 225-231.
- Northrop, H.R., Goldhaber, M.B., Landis, G.P. and Unruh, J.W. (1990) Genesis of the tabular-type vanadium-uranium deposits of the Henry basin, Utah. Part I, Geochemical and mineralogical evidence for the sources of the ore-forming fluids. *Econ. Geol.*, v. 85, p. 216-236.
- Park, K.W. (1986) The Keumseongsan caldera, its evolution and related mineralization. KR-86-10, p. 319-337.
- Piper, D.Z. (1974) Rare earth elements in the sedimentary cycle: a summary. *Chem. Geol.*, v. 14, p. 285-304.
- Sholkovitz, E.R. (1990) Rare-earth elements in marine sediments and geochemical standards. *Chem. Geol.*, v. 88, p. 333-347.
- Szilagyi, M. (1971) The role of organic material in the distribution of Mo, V and Cr in coal fields. *Econ. Geol.*, v. 66, p. 1075-1078.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M. (1985) The continental crust: Its composition and evolution. Blackwell, Oxford. 312p.
- Taylor, S.R., Rudnick, R.L., McLennan, S.M. and Eriksson, K.A. (1986) Rare earth element patterns in Archean high-grade metasediments and their tectonic significance. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 50, p. 2267-2279.
- Vassiliou, A.H. (1980) The form of occurrence of uranium in deposits associated with organic matter. *Econ. Geol.*, v. 75, p. 253-272.

- Vine, J.D. and Tourtelot, E.B. (1970) Geochemistry of black shale deposits, a summary report. *Econ. Geol.*, v. 65, p. 253-272.
- Wang, Y.L., Liu, Y.-G. and Schmitt, R.A. (1986) Rare earth element geochemistry of South Atlantic deep-sea sediments: Ce anomaly change at 54 My. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 50, p. 1337-1355.
- Wanty, R.B., Goldhaber, M.B. and Northrop, H.R. (1990) Geochemistry of vanadium in an epigenetic sandstone-hosted vanadium-uranium deposits, Henry Basin, Utah. *Econ. Geol.*, v. 85, p. 270-284.
- Wronkiewicz, D.J. and Condie, K.C. (1987) Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 51, p. 2401-2416.
- Yoshii, M., Goto, H. and Katada, M. (1990) Minor elements of the Paleozoic-Mesozoic sandstone and mudstone in the Kitakami Mountains, Northeastern Japan. *Jour. Japan Assoc. Petr. Econ. Geol.*, v. 85, p. 442-454. (Japanese with English abstract).

1996년 11월 28일 원고접수