

## 梁山-東萊 斷層 地域의 岩石에 대한 分光學的 研究

姜必鍾 · 智光燾  
韓國動力資源研究所

(1986년 12월 15일 받음; 1987년 1월 10일 수리)

### Spectral Reflectivity on Geological Materials in Yangsan-Dongrae Fault Area

Pil Chong Kang and Kwang Hoon Chi

Korea Institute of Energy and Resources (KIER)

(Received December 15, 1986; Accepted January 10, 1987)

#### Abstract

The study was performed to recognize the most preferable spectral channels for discriminating geological materials using the portable radiometer.

The portable radiometer covers the visible and short infrared regions from approximately 0.4 to 2.5 microns which are coincided with Landsat TM, and the rock samples used for the study are pyrophyllites, andesites, granite, granodiorite and silicified sedimentary rocks which are collected in Yangsan-Dongrae fault area.

The analysis of laboratory spectra of the rock samples provides a preliminary basis for determining the wavelength regions showing diagnostic spectral features and for discriminating hydrothermal altered rocks from the unaltered rocks.

The measurement of spectral reflectance for the rock samples was carried out in the laboratory which environment condition such as temperature, light sources, and humidity are constant.

The analysis of the measured data was based on correlation between the reflectance value of the rock samples, and the follow discriptions are output of the study.

- 1) Pyrophyllite shows absorption at  $0.83\mu\text{m}$  due to the oxidation of pyrite, and absorption at  $2.22\mu\text{m}$  due to  $\text{OH}^-$ .
- 2) The altered rocks have generally higher reflectance than the unaltered rocks.
- 3) The ratio measurement of pyrophyllites shows strong absorption at band 5/6 and band 6/4(in Landsat TM 5/7, 7/4).

The ratio 1/5(Landsat TM 1/5) may be useful to discriminate andesite from the granite.

## 1. 序 論

遠隔探查資料는 大氣, 太陽高度, 波長, 分解能, 對象物의 狀態 및 表面形狀 等에 의한 無視할 수 없는 影響이 關聯되어 實質的으로 滿足할 수 있는 解析 結果를 얻을 수 있는 일이 적기 때문에 精度 및 信賴度가 높은 情報를 얻기 위해서 資料 蒐集 時에 地上에서 各種 情報를 蒐集할 必要가 있으며 또한 定量化가 必要하다.

특히 地質解析을 目的으로 한 研究에 利用되고 있는 遠隔探查資料는 植生被覆, 地形, 有機化合物 等으로 因한 空間 解像力의 制限된 分光特性 때문에 解析에 問題點이 있는데, Hunt(1967, 1970, 1971, 1979), Goetz(1981), Rowan(1974, 1977, 1982) 및 Krohn(1986) 등은 可視光~近赤外線 波長領域의 bidirectional reflection spectra를 利用해 各種 岩石 및 鑛物들의 分光 反射率을 測定하여 이들을 區分할 수 있는 有效한 波長領域을 抽出하였다.

本 研究에서는 梁山, 東萊斷層地域 一員에 分布하고 있는 岩石에 대하여  $0.4\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ 의 波長領域을 갖고 있고, 野外에서도 使用할 수 있는 Hand Held Ratioing Radiometer(HHRR)를 利用하여 研究對象地域에 分布하고 있는 各種 岩石과 變質帶 및 非變質帶의 分光 反射率을 測定, 分析하여 이들에 대한 光學的인 檢討를 하였다.

이 檢討 結果에서 얻어진 것을 토대로 하여 各 岩石들의 區分과 變質帶 및 非變質帶를 區分, 分析할 수 있는 有效 波長帶域을 抽出하는 것이 本 研究의 目的이다. 그리고, 本 研究 結果에 의해 分析된 資料를 追後에 遠隔探查資料로 있는 LANDSAT Thematic Mapper(TM) Data와 對應, 分析할 수 있는 方法을 開發하고자 한다.

## 2. 測定條件 및 方法

分光反射는 物質에 反射되는 量을 測定하는 것으로 映像上에서는 tone이나 color로서 나타나는데, 反射는 對象物의 物理, 化學的인 特性, 生態學的인 條件 및 人文學的인 要素 等과 같은 地表의 環境要素와 太陽高度, 檢知器와 測定角度 等에 의해서 變한다. 그러나 實際로는 變化要因을 全部 考慮해서 測定할 수 없기 때문에 本 研究에서는 測定條件이 一定한 實驗室 내에서 分光反射를 測定하였다.

實驗室內에서의 Spectrum分析은 여러 對象物質의 可分性 測定과 diagnostic spectra feature를 보여 주는 波長帶域을 抽出할 수 있으며 對象物에 대한 大氣의 散亂, 吸收, 土壤, 植生 및 有機化合物 等과 같은 環境要素의 復雜한 影響을 最小化 시킬 수 있다.

本 研究에서는 分光反射 測定에 있어서 誤差를 적게 하기 위해서 測定方法의 標準化와 測定機器의 較正을 다음과 같이 하였다.

즉, 測定方法을 標準化하기 위하여 室溫 20° C, 濕度 60 %의 恒溫恒濕狀態의 實驗室內에서, 3,400° K의 텅크스텐 할로겐 光源을 使用한 一定한 照度下에서 分光反射率을 測定하였다. 또한, 一定한 測定角度를 갖기 위해 光源을 高度가 57°, azimuth angle이 90°의 位置에 設置하였고, Radiometer의 位置는 測定對象物體에 대해서 azimuth angle이 180°, 高度는 垂直이 되도록 놓았다.

測定機器의 校正에 使用된 standard target은 fiberfrax에 耐久性 및 安定성이 뛰어난 BaSO<sub>4</sub>를 塗付한 것이다. 一般的으로 standard target은 平面으로 있기 때문에 距離의 逆自乘에 따라서 standard target의 中央과 周邊部의 放射照도가 다르게 된다. 本研究에서 使用한 光源을 點光源으로 보고, 光源과 standard target의 距離  $\ell = 1.00\text{m}$ 에서 點光源을 지나는 standard target法線이 standard target과 交差하는 點 P에 비해 10 cm 떨어진 周邊部 位置에서의 放射照도가 0.1 % 低下되고 있으나, 本研究에서는 이를 等方性 擴散 反射體로 보고 測定에 使用하였다.

測定에 使用된 HRR은 LANDSAT TM과 波長帶域이 같은 6個의 filter를 使用하고 있다. 이들 filter의 中央波長은 0.485, 0.560, 0.660, 0.83, 1.65, 2.215  $\mu\text{m}$ 인 바, filter는 두 개의 Optical train에 나뉘 裝置하여 測定하였으며, Ratio測定時에는 이를 任意로 交換하여 使用하였다.

### 3. 地質概要 및 測定對象物의 岩石學的 特徵

本研究地域은 慶尙堆積盆地로서 火成岩類를 수반한 두꺼운 陸成堆積層으로 이루어져 있는데, 이 堆積層을 Chang(1975)은 慶尙累層이라 命名하였다.

本研究地域의 地質은 Fig. 1의 地質圖에 나타난 것처럼 주로 堆積岩類, 榆川層群의 安山岩類와 佛國寺 貫入岩類가 分布하고 있는데 이들 地域에는 熱水變質作用에 의하여 生成된 蠟石 鑛化帶가 發達되어 있다. 現地調査에 의하면 蠟石鑛床의 母岩은 大部分이 安山岩이고 鑛床은 이 安山岩을 貫入한 黑雲母 花崗岩, 花崗 閃綠岩 또는 微文象 花崗岩體 附近에 胚胎한다.

鑛石은 蠟石 以外에 高嶺石/dickite, 石英, Chalcedony, 絹雲母, diaspore, dumotierite, 明礬石, montmorillonite, 黃鐵石 및 白鐵石을 隨伴하고 있는데 尙(1964)은 梁山郡 一員의 大部分의 蠟石鑛床은 絹雲母가 多量 含有된 絹雲母質 蠟石의 分布가 特徵이라고 報告하였는데, 本研究의 主要 測定 對象物로 있는 梁山郡의 千佛山 蠟石鑛床에는 蠟石, diaspore, dumotierite, 黃鐵石, 白鐵石을 隨伴한 것으로 Fletcher(1976)에 의해 分析, 報告되었다.

또한, 李等(1964)에 의해 調査된 千佛山 蠟石鑛石의 化學 組成比 및 耐火度는 Table 1과 같다. 이는 또한, 尙에 의해 報告되었던 梁山郡 一員에 分布하고 있는 蠟石鑛床에 絹雲母가 多量으로 含有하고 있다는 事實과 一致한다.

分光反射를 測定하기 위해 Fig. 1의 地質圖에 表示된 것처럼 標品으로 使用한 岩石은 蠟石,

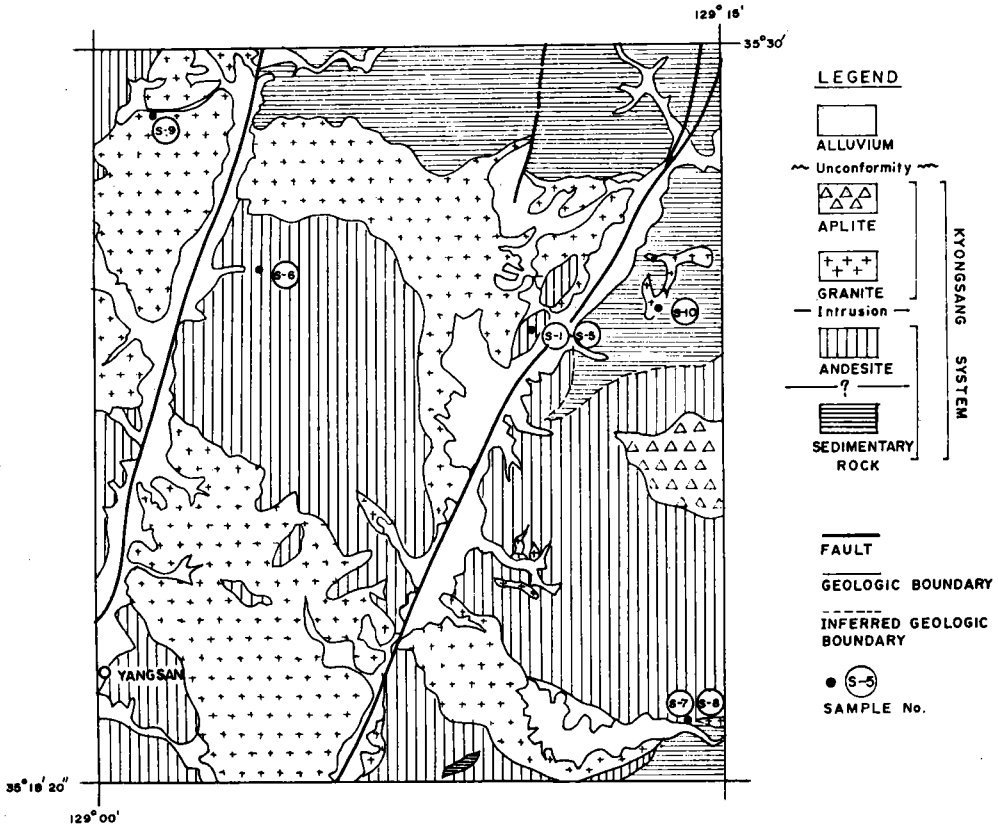


Fig. 1. Geological Map of the Area with Sample Location (Refer to the geological maps of Yangsan (1964, Lee & Kang) and Dongrae (1968, Son & Lee *et al.*).

Table 1. Chemical Component of Pyrophyllite in Chunbulsan Mine

|            | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ig, loss | S.K |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|------------------|-------------------|-------------------------------|----------|-----|
| CHUNBULSAN | 73.32            | 0.80                           | 22.04                          | 0.00 | tr  | —                | —                 | —                             | 3.61     | —   |
| "          | 48.50            | 0.64                           | 45.44                          | 0.00 | tr  | —                | —                 | —                             | 4.94     | 35  |

安山岩, 硅化堆積岩, 花崗岩類 들이며, 이들의 特徵은 다음과 같다.

Sample 1. 蠟石 : 中品位로, 酸化된 部分이 全面積의 30% 以上을 차지하고 있으며 比較的 平坦하며 fresh한 表面을 갖고 있다(梁山郡 熊上面 千佛山 蠟石鑛山).

Sample 2. 蠟石 : 淡灰色의 低品位로써 다른 蠟石보다 Pyrite가 많이 含有되어 있으며 fresh한 表面을 갖고 있다(梁山郡 熊上面 千佛山 蠟石鑛山).

Sample 3. 蠟石 : Silicified되어 있으며 局部的으로 酸化된 部分이 있는데 大體로 淡灰色의 低品位 蠟石이다(梁山郡 熊上面 千佛山 蠟石鑛山).

- Sample 4. 蠟石 : 上記의 Sample 들보다 高品位로 絹雲母成分이 상당히 많은 fresh 한 것이다(梁山郡 熊上面 千佛山 蠟石鑛山).
- Sample 5. 蠟石 : 가장 高品位이며 平坦한 表面을 갖고 있다(梁山郡 熊上面 千佛山 蠟石鑛山).
- Sample 6. 安山岩 : 暗灰色으로 1~2 mm 정도 크기의 長石 斑晶이 있고 變質을 받지 않았다(梁山郡 下北面 內院寺).
- Sample 7. 安山岩 : 灰色이며 5 mm 内外의 長石斑晶이 함유되어 있다(梁山郡 鼎冠面 禮林里).
- Sample 8. 硅化堆積岩 (Silicified sedimentary rock) : 綠灰色이며 細粒質로서 심하게 硅化되었다(梁山郡 鼎冠面 禮林里).
- Sample 9. 花崗岩 : 淡褐色을 띄고 있고 表面에 약간의 石化된 이끼류가 있는 細粒質의 黑雲母 花崗岩이다(梁山郡 通度寺).
- Sample 10. 花崗閃綠岩 : 長石, 石英, 黑雲母, 角閃石이 主成分을 이루고 있는 中粒質이며 暗灰色을 보인다(蔚州郡 溫陽面 內光里).

#### 4. 測定 對象物의 分光學의 特徵

可視光~近赤外光 Spectrum에서 地質情報은 electronic 이나 vibrational process 에 의한 反射率 變化가 있으나 silicon-oxygen, aluminum-oxygen, magnesium-oxygen 構造를 갖고 있는 岩石은 이런 energy level 에서 electronic transition도 아니고 vibrational transition도 아닌 다른 微量의 成分의 存在에 의해 band나 band wing으로 나타난다(Hunt, 1980). 즉, 火成岩의 Spectra에서 主要 識別要素는 鐵이나 그 酸化狀態 및 水分의 存在에 左右되며 炭酸鹽鑛物이 포함되어 있지 않은 堆積岩이나 變成岩에서도 마찬가지이다.

그러나 本 研究의 主要 對象物인 粘土鑛物에서는 Al-O-H와  $\text{CO}_3^{-2}$  ion 變形作用에 의해서 vibrational process 를 일으키기 때문에 강한 吸收가 일어난다.

各 岩石의 分光學의 特徵과 各 岩石을 區分할 수 있는 有效 波長帶를 찾아내기 위하여 LANDSAT TM波長帶와 一致되는 Channel, 즉, 可視光 波長帶의 0.45~0.52  $\mu\text{m}$ (Ch.1), 0.52~0.60  $\mu\text{m}$ (Ch.2), 0.63~0.69  $\mu\text{m}$ (Ch.3), 赤外線 波長帶의 0.76~0.90  $\mu\text{m}$ (Ch.4), 1.55~1.75  $\mu\text{m}$ (Ch.5), 2.08~2.35  $\mu\text{m}$ (Ch.6)를 適用한 바 各 岩石 Sample은 Fig. 2와 같은 反射率을 나타낸다.

Fig. 2에서 나타난 것처럼 熱水 變質作用을 받은 蠟石 Sample은 center wavelength가 0.83  $\mu\text{m}$ 帶인 Ch.4와 2.22  $\mu\text{m}$ 帶의 Ch.6에서 吸水가 일어나는 것을 보여 주고 있는데, Ch.4에서의 吸收는 蠟石에 包含되어 있는 pyrite가 酸化되어 吸收가 일어난 것으로 解析되어지며, Ch.6에서의 吸水는 蠟石이 OH基의 變質鐵物을 包含하고 있기 때문이다.

또한, 變質받지 않은 Sample 6~10의 岩石들은 熱水變質을 받은 蠟石들(Sample 1~5)보다

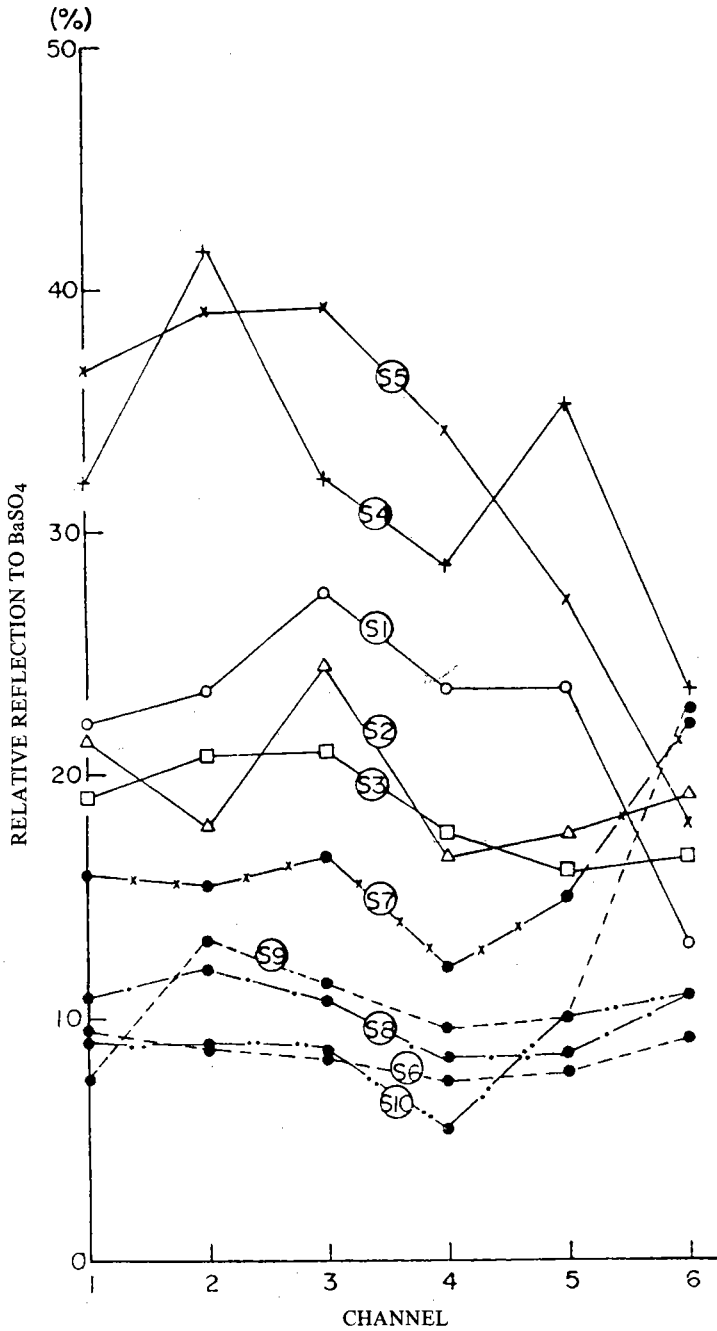


Fig. 2. Spectral Reflectance of Rock Samples to the Spectral Channel (in laboratory).

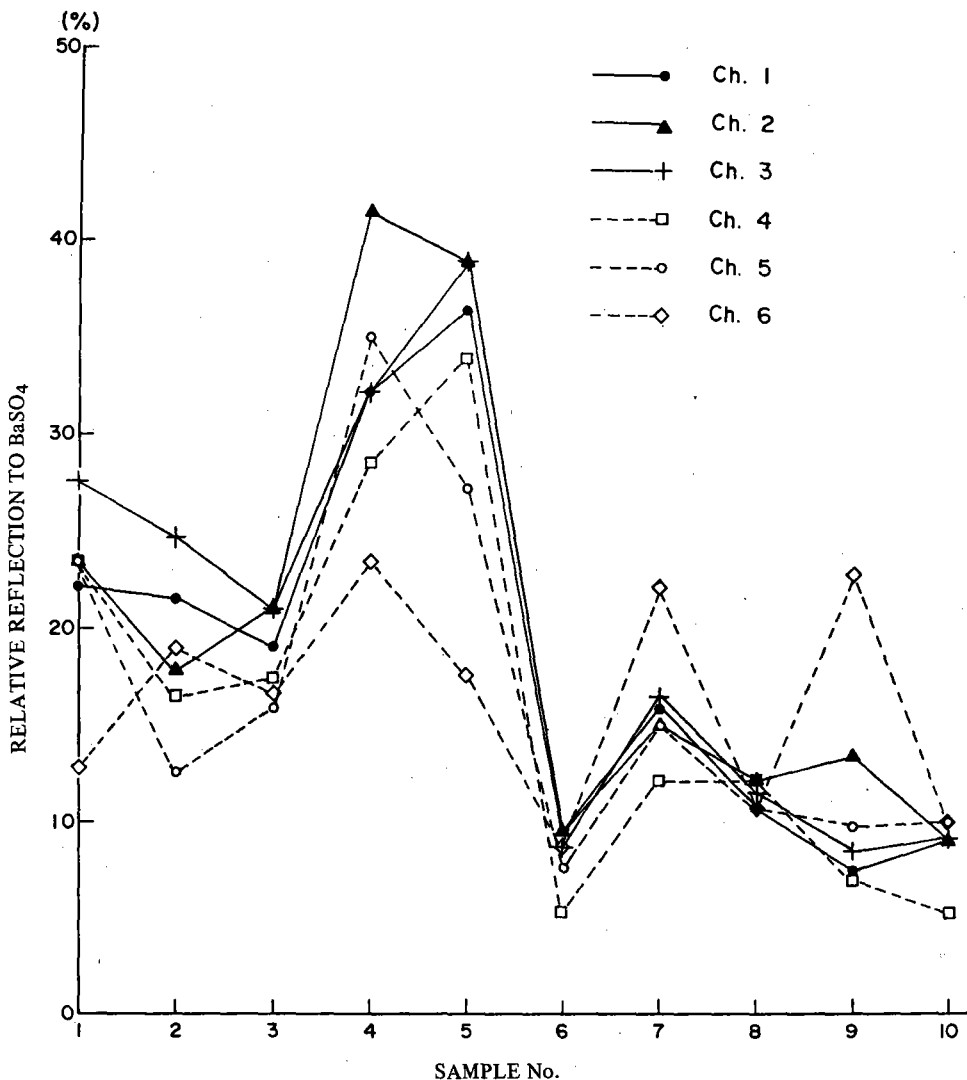


Fig. 3. Reflectance Spectra of Rock Samples (in laboratory).

낮은 反射率을 보이고 있는데, 이는 變質받은 岩石은 熱水 變質作用에 의해 生成된 Quartz, alunite 및 clay mineral 를 包含하고 있기 때문에 變質받지 않은 岩石보다 높은 反射率을 갖고 있다. 蠟石 Sample 中에서도 高品位 蠟石인 Sample 4와 5는 Fig. 3에 나타난 것처럼 低品位的 蠟石(Sample 2와 3)보다 反射率이 높은 特徵을 보여 준다.

또한, Ch. 6의  $2.22\mu\text{m}$ 帶에서는 變質받은 岩石과 非變質 岩石의 反射率의 差가 가장 적게 나타난다는 事實이 Fig. 2와 Fig. 3에서 뚜렷이 證明되어지고 있다.

Fig. 2에서 Sample 6의 安山岩과 Sample 10의 花崗閃綠岩이 可視光帶로 있는 Ch.1~Ch.3의 波長帶에서 反射率의 差가 없는 것은 이들 Sample이 다같이 暗灰色을 보이기 때문

으로 생각되며, 같은 안산암이라도 Sample 6과 7이 다른 反射率을 나타내는 것은 含有된 長石 斑晶의 크기 및 量과 색깔이 다르기 때문으로 解析되어지는데 특히 Sample 7의 안산암이 다른 變質 岩石들보다 反射率이 높게 나타나는 것은 長石斑晶의 크기가 크고 약간의 變質을 받은 것으로 分析된다. 또한 Sample 7과 9가 Ch.6에서 反射率이 높게 나타나는 것이 다른 非變質 岩石과 區分할 수 있는 特徵이다.

本 研究에 使用된 HHRR은 두 개의 波長帶를 直接 Ratio할 수 있는데, 變質帶와 非變質帶의 分光特徵을 抽出하기 위해서 Fig. 2와 3에서 分析된 結果에 의하여 各 波長帶의 Ratio를 測定한 結果가 Table2이다.

Table 2. Normalized Band Ratios of Calculated Responses to Laboratory Reflectance Data for HHRR Filter Bandpass

| SAMPLE NO.<br>BAND-RATIO<br>( $\mu m$ ) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ch.1/4 (0.48/0.83)                      | 0.87 | 1.08 | 0.99 | 1.21 | 1.03 | 1.16 | 1.11 | 1.13 | 0.65 | 1.06 |
| Ch.2/4 (0.56/0.83)                      | 1.15 | 1.20 | 1.12 | 1.23 | 1.13 | 1.28 | 1.28 | 1.26 | 0.82 | 1.18 |
| Ch.3/4 (0.66/0.83)                      | 1.17 | 1.19 | 1.12 | 1.22 | 1.12 | 1.14 | 1.23 | 1.25 | 0.89 | 1.13 |
| Ch.1/5 (0.48/1.65)                      | 0.89 | 1.15 | 1.15 | 1.37 | 1.21 | 0.94 | 0.82 | 1.05 | 0.78 | 0.93 |
| Ch.2/5 (0.56/1.65)                      | 1.34 | 1.42 | 1.40 | 1.60 | 1.51 | 1.36 | 1.09 | 1.49 | 0.67 | 1.16 |
| Ch.3/5 (0.66/1.65)                      | 1.35 | 1.36 | 1.54 | 1.50 | 1.52 | 1.15 | 1.04 | 1.44 | 0.81 | 1.07 |
| Ch.6/5 (0.65/2.22)                      | 0.57 | 0.76 | 0.84 | 0.72 | 0.59 | 1.22 | 1.28 | 1.14 | 1.05 | 1.12 |
| Ch.6/4 (0.83/2.22)                      | 0.48 | 0.72 | 0.73 | 0.61 | 0.46 | 1.20 | 1.30 | 1.01 | 1.22 | 1.17 |

Table 2에서 나타난 것처럼 1.65 $\mu m$ 帶의 Ch.5와 2.22 $\mu m$ 帶의 Ch. 6과의 Ratio(5/6) 및 Ch. 6과 0.83 $\mu m$ 帶의 Ch. 4과의 Ratio(6/4)에서 熱水變質을 받은 巖石(Sample 1~5)들이 強한 吸水가 일어나기 때문에 이들 두 개의 Ratio Channel에 의해서 變質帶 및 非變質帶를 區分, 抽出할 수 있다.

또한, Sample 6과 7의 안산암과 Sample 9와 10의 花崗岩類는 0.48 $\mu m$ 帶의 Ch. 1와 Ch. 5의 Ratio(1/5)에서 吸水가 일어나고 硅化堆積岩類의 Sample 8은 各 Ratio Channel에서 큰 變化가 거의 없다.

## 5. 結 論

어떤 對象物을 背景 物體로부터 分光的으로 區別할 수 있는 有效 波長領域을 抽出하기 위해서는 對象物에서 反射되는 빛의 量을 測定해야 한다.

本 研究에서는 梁山, 東萊斷層 一員에 分布하고 있는 岩石에 대하여 LANDSAT TM의 波長帶와 一致되는 filter를 裝置한 HHRR를 使用하여, 測定條件이 一定한 實驗室內에서 分光反射率을 簡使法에 의해 測定 및 分析을 하여 다음과 같은 結論을 얻었다. 이는 Hunt, Goetz,



Rowan 等に 의해서 測定된 結果와 잘 一致한다.

(1) 本 研究地域에 分布하고 있는 熱水 變質作用을 받은 蠟石鑛床은 LANDSAT TM의 Band 7 과 Band 4 에 該當되는 2.22 $\mu$ m帶와 0.83 $\mu$ m帶에서 吸水가 일어난다. 0.83 $\mu$ m帶에서의 吸水는 Pyrite 의 酸化에 의해서 일어난 것이고, 2.22 $\mu$ m帶에서의 吸水는 蠟石이 OH基를 갖고 있는 粘土鑛物로 構成되어 있기 때문이다.

(2) 變質받은 岩石은 非變質 岩石보다 反射率이 높으나 2.22 $\mu$ m帶에서 反射率의 差가 가장 적다.

(3) 두 波長帶의 Ratio測定에 나타난 結果를 보면 蠟石 sample 은 LANDSAT TM의 Band 5/7 과 Band 7/4 에서 強한 吸水가 일어나는데, 이들 두 개의 Band Ratio에 의하여 變質받은 岩石과 非變質 岩石을 區分할 수 있으며 安山岩과 花崗岩類는 LANDSAT TM의 Band 1/5 에서 吸水가 일어나므로 이들 岩石의 區分에 有效한 波長領域으로 있다.

本 研究 結果, 定量化 및 精度를 높이기 위해서는 本 研究에 使用된 0.70~2.70 $\mu$ m의 Band-width보다 더 細分된 波長領域이 必要하며 簡便法보다 統計法에 의한 測定과 LANDSAT TM data 와의 對比, 分析이 行하여져야 한다.

또한, 粘土鑛物과 植生을 區分하기 위해서 植生에 대한 分光反射率을 測定하므로써 LANDSAT data 로부터 變質帶 抽出의 精度를 높일 수 있다.

## References

- 1) Hunt, G. R., and Ross, H. P., 1967, A bidirectional reflectance accessory for spectroscopic measurements, *Applied Optics*, Vol. 6, pp. 1687-1890.
- 2) \_\_\_\_\_, and Salisbury, J. W., 1970, Visible and near infrared spectra of minerals and rocks - I, Silicate minerals, *Modern Geology*, Vol. 1, pp. 283-300.
- 3) \_\_\_\_\_, and Salisbury, J. W., 1971, Visible and near infrared spectra of minerals and rocks - II, Carbonates, *Modern Geology*, Vol. 2, pp. 23-30.
- 4) \_\_\_\_\_, and Ashley, R. P., 1979. Spectra of altered rocks in the visible and near infrared, *Eco. Geol.* Vol. 74, pp. 1613-1629.
- 5) Goetz, A. F. H., and Rowan, L. C., 1981, Geologic remote sensing, *Science*, 211, pp. 781-790.
- 6) Rowan, L. C., Wetlaufer, P. H., Goetz, A. F. H., Billingsley, F. C., and Stewart, J. H., 1974. Discrimination of rock types and detection of hydrothermally altered areas in south central Nevada by the use of computer - enhanced ERTS images, *U.S.G.S Prof. Paper 883*, pp. 35.
- 7) \_\_\_\_\_, Goetz, A. F. H., and Ashley, R. P., 1977, Discrimination of hydrothermally altered and unaltered rocks in visible and near-infrared multispectral images, *Geophysics*,

Vol. 42, pp. 522-535.

- 8) \_\_\_\_\_, and Kahle, A. B., 1982, Evaluation of 0.46 to 2.36  $\mu\text{m}$  multispectral scanner images of the east tinctic mining district, Utah, for mapping hydrothermally altered rocks, *Econ. Geol.*, Vol. 77, pp. 441-452.
- 9) Ksohn, M. D., 1986, Spectral properties (0.4 to 25 microns) of selected rocks associated with disseminated gold and silver deposits in Nevada and Idaho, *Geophysical Research*, Vol. 91, No. B1, pp. 767-783.
- 10) Chang, K. H., 1975, Cretaceous stratigraphy of Southeast Korea, *Jour. Geol. Soc. Korea*, Vol. 11, No. 1, pp. 1-23.
- 11) 尙基南·金徹, 1964, 粘土 및 粘土鑛物 Ⅲ, 東萊蠟石에 대하여, 地質·鑛床調查研究報告, 第7號, pp. 147 ~ 156.
- 12) Fletcher, C. J. N., 1976, Mineralization within the Gyeonsang Cretaceous Basin, *KIGAM*, Republic of Korea.
- 13) 李旻成·姜必鍾, 1964, 韓國地質圖 梁山圖幅, 1:50,000, 國立地質調查所.