

## 원격탐사자료에 의한 해남지역 비금속광상 및 관련 특성 추출을 위한 연구

박인석 \* · 박종남 \*\*

\* 동아대학교 대학원 재학, \*\* 동아대학교 교수  
(1992년 11월 5일 받음 ; 1992년 11월 15일 수리)

## A Study on Extraction of Non-metallic Ore Deposits from Remote Sensing Data of the Haenam Area

Park, Inseok \* and Park, Jongnam \*\*

\* , \*\* Dept. of Mineral and Petroleum Engineering, Dong-A University, Pusan  
(Received November 5, 1992 ; Accepted November 15, 1992)

### Abstract

A study was made on the feature extraction for non-metallic ore deposits and their related geology using the Remote Sensing and Airborne Radiometric data. The area chosen is around the Haenam area, where dickite and Quarzite mines are distributed in. The geology of the area consists mainly of Cretaceous volcanics and PreCambrian metamorphic.

The methods applied are study on the reflectance characteristics of minerals and rocks sampled in the study area, and the feature extraction of histogram normalized images for Landsat TM and Airborne Radiometric data, and finally evaluation of applicability of some useful pattern recognition techniques for regional lithological mapping.

As a result, reflectances of non-metallic minerals are much higher than rock samples in the area. However, low grade dickites are slightly higher than rock samples, probably due to their greyish colour and also their textural features which may scatter the reflectance and may be capable of capturing much hydroyl ions. The reflectances of rock samples may depend on the degree of whiteness of samples. The outcrops or mine dumps in the study area were most effectively extracted on the histogram normalized image of TM Band 1, 2 and 3, due to their high reflectivity. The Masking technique using the above

bands may be the most effective and the natural colour composite may provide some success as well.

The colour composite image of PCA may also be effective in extracting geological features, and airborne radiometric data may be useful to some degree as an complementary tool.

## 1. 서 론

원격탐사자료에 의한 지질 내지 광물자원탐사는 전조하거나 식생이 적고 노두가 잘 나타나 있는 지역에서 그 유용성이 크게 입증되어 왔다. 하지만, 지형이 협준하고 식생이 밀집한 지역에서의 성공적인 적용은 그 예가 드물다(Karnblan and Cipra, 1983; Segal, 1983). 대체로 우리나라의 지형이 협준한 편이며 식생이 밀집되어 있기 때문에 광상들이 지질구조선과 관련되어 생성되거나 특정지질과 관련되어 있는 점을 감안하여(박종남 외 1990), 이런 점에서 원격탐사자료의 유용성이 예상되고, 나아가 광범위한 지역의 신속한 개사가 가능하므로 사람의 접근이 어렵거나 광범위한 미개척지에 대한 적용성이 클 것으로 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

본 연구는 이러한 원격탐사자료를 이용하여 비금속광상조사 및 이와 관련된 광역지질적 특성추출을 위한 연구가 시도되었다. 대상지역은 구 1/50,000 해남도폭지역으로, 연구방법은 대상지역의 광물 및 암석시료에 대한 분광반사율을 측정·분석하고, Landsat TM자료와 항공방사능자료를 지리좌표계에 맞게 재정렬하여 각 밴드들과 이를 밴드비에 대하여 영상강조처리하여 기존의 광역지질과 면밀히 비교분석 및 비금속광상의 특성을 추출하고, 다음으로 다변수분석을 위한 자료군을 선정하여 이를 자료에 대해 주성분분석을 적용하여 비금속광물 및 이에 관련된 지질적 특성 추출을 할 수 있는가에 대해 연구 검토하였다.

## 2. 연구지역 지질개요

본 연구 대상지역은 해남읍을 중심으로 한 1/50,000 해남도폭의 남부 3분지 2에 해당되는 지역으로 지리좌표계는 N $34^{\circ} 30' \sim 34^{\circ} 40'$ , E $126^{\circ} 30' \sim 126^{\circ} 45'$ 의 범위에 속하는 지역이다 (Fig. 1 참조).

본 역은 대체로 완만한 지형을 이루고 있으나 도폭 동부에서 북동방향의 연장성을 가진 규장암은 풍화에 강한 특성으로 급경사의 협준한 산세를 이루며, 해안가는 조석간만의 차가 큰 영향으로 mudfalt가 잘 발달되어 있다.

해남일대의 지질은 해남 및 우수영도폭(木野奇吉郎, 1929)이 발간되었으며, 그 후 이대성

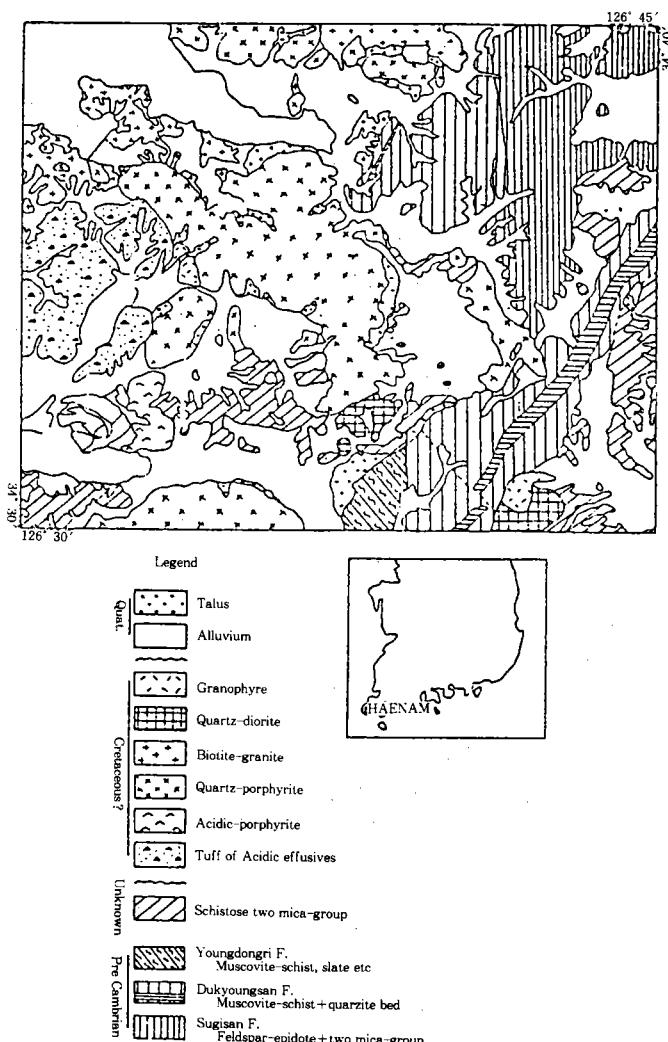


Fig. 1. Geological setting of the Haenam Area.

및 이하영(1976)에 의해 연구되어졌다. 본 역의 지질은 크게 선캄브리아기의 변성암류, 중생대의 백악기의 화산암류와 백악기 말의 관임암류, 그리고 제4기층의 충적층으로 대분된다. 본 역의 동부지역 대부분을 차지하는 선캄브리아기의 암석은 퇴적기원의 변성암류이며, 백악기의 화산암류에 의해 부분적으로 피복되어 있다. 이를 상부로 보이는 시대미상의 편암질 two-mica그룹이 서남부일대에서 동북쪽방향으로 분포되어 있다. 또한, 본 역의 중심에서 남북방향으로 백악기층의 석영반암이 넓게 나타나고 있으며, 그 서부지역에는 산성웅회암 및

화강암류가 나타나고 있다.

본 지역의 광상은 문희수(1975), 문희수 외(1986), 이성록 외(1985), 문희수 외(1990), 신상운·박홍복(1990), 정영옥·전효택(1990), 김대업 외(1989) 등 많은 사람들에 의해 연구되었다. 본 지역에서 산출되는 광석광물은 규석 및 납석 등으로, 규석은 선캄브리아기 설옥리층에서 생성되며 납석은 백악기 산성화산암류가 후기 관입암류인 반암류 내지 화강암이나 또 다른 시기의 화산활동에 관련된 열수변질 작용에 의한 것으로 확인되고 있다.

### 3. 해남지역 광물·암석 스펙트럼 특성

#### 3-1. 암석시료의 특징

해남지역에 분포하는 암석 및 광물시료의 분광특성을 알아보기 위하여 대표적인 시료를 채취하였다. 분광스펙트럼 특성을 측정하기 위해 채취한 시료는 광석광물인 납석과 고령토이며, 그의 화강암, 각력웅회암, 세일 등이다. 점토 및 중립질 회백색 모래도 이를 비금속광상과 혼돈될 드러난 토양의 유형파악을 위해 포함시켰으며, 육안 분석결과는 자료 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of rock samples in the Haenam Area

Sample No.	암석명 및 위치	특 징
1	납석(부곡광산)	고품위 Dickite광물로 색은 유백색이며 비교적 단단하고 치밀하다.
2	납석(부곡광산)	저품위 dickite광물로 색은 녹회색이며 비교적 단단하고 치밀하다.
3	납석(BG34)	상당히 고품위 dickite광물로 Allumina를 함유하고 색은 분홍색을 띤다.
4	납석	저품위 치밀질 납석광
5	고령토	거의 불순물이 없는 고품위 고령토광물로 대부분 kaolinite로 구성
6	고령토	시료 4와 동일
7	산성화강암 (해남읍 서쪽)	중립·등립질 조직을 가지며, 유기질 석기이며, 핑크색으로 70%의 K-Feldspar로 구성되며, 그외 석영, Biotite plagioclase 등이 함유
8	tuff (해남읍 동쪽고개)	유리질 석기이며, 화산재는 미립에서 조립까지 구성되고, 절리를 따라 납석화하고 있다.
9	각섬석 화강암	중립·등립질 입도를 하며 석영, 정장석, 사장석 등의 거의 동량으로 함유하고, 색은 담회색 내지 회색이 혼합된다.
10	shale	세밀한 엽상층리를 하며, shale과 sandstone의 호층으로 규화작용을 받아 brittle하다.
11	sand	중립질 회백색 모래
12	clay	회회색 세립토

### 3-2. 암석·광물시료의 분광반사특성 측정

광물 및 암석시료의 분광반사율 특성을 측정하기 위하여 이용된 분광반사기는 한국동력자원연구소에 보유하고 있는 HHRR(Hand Held Reflection Radiometer)이다. 측정을 위한 시료준비는 약 0.25~1cm 크기로 파쇄하여 12cm×32cm 크기의 검은 마분지상자에 고르게 정돈하여 준비하였다. 이들을 같은 조건하에 두기 위해서 BaSO<sub>4</sub> 백색표준판을 이용하여 이에 대해 각 암석시료의 상대적인 반사율을 측정하였다. 측정은 조명방향을 규정한 2방향성 반사계수로 Landsat TM의 각 밴드 파장대 영역과 같은 6개 채널(열밴드인 Band 6은 제외)에 대해 측정하였다.

Table 2는 측정된 광물·암석시료의 분광반사율이며, Fig. 2는 측정된 광물 및 암석시료의 분광반사율을 도시한 그림이며, 다음과 같은 특성이 있음을 분석할 수 있다.

Table 2. Reflectances of samples from Haenam

Sample No.	TM Channels						Remarks
	1	2	3	4	5	6	
1	.29	.31	.35	.39	.32	.32	Dickite(high : Bugok Mine)
2	.24	.23	.23	.21	.17	.17	Dickite(low : Bugok Mine)
3	.28	.31	.37	.39	.27	.27	Dickite(high : BG34)
4	.22	.23	.24	.23	.21	.21	Dickite(low)
5	.58	.61	.64	.71	.78	.78	Kaolinite
6	.57	.60	.63	.70	.75	.75	Kaolinite
7	.20	.25	.29	.31	.35	.35	Acidic-Granite
8	.22	.24	.25	.25	.24	.25	Tuff breccia
9	.23	.25	.26	.26	.29	.29	Granite
10	.08	.09	.10	.11	.15	.15	Black shale
11	.19	.28	.33	.39	.52	.52	Sand(medium)
12	.15	.20	.25	.31	.43	.43	Soil(clay)

납석류(1, 2, 3, 4)는 그 순도에 따라 2가지로 구분되어지는데 고품위인 1, 3번 시료는 어느 정도 높은 반사율을 나타내며 밴드 5 및 7에서 흡수현상이 나타나고 있다. 저품위인 2, 4는 비교적 낮은 반사율을 나타내며 밴드 5 및 7에서 상대적으로 미약한 흡수현상이 나타나고 있다. 물론 이를 흡수현상은 수산기에 의한 것으로 생각되어진다. 이에 반해 고령토 시료(5, 6번)는 이 지역의 시료 중 가장 높은 반사율(60% 이상)을 나타내는데, 이는 박종남·박인석(1991)의 울산시료에 비해 수산기를 함유하는 석영립이 미세한 때문으로 밴드 5 및 7에서 흡수현상이 나타나지 않는 것으로 생각된다. 화성암류는 산성화강암, 각섬석 화강암, 그리

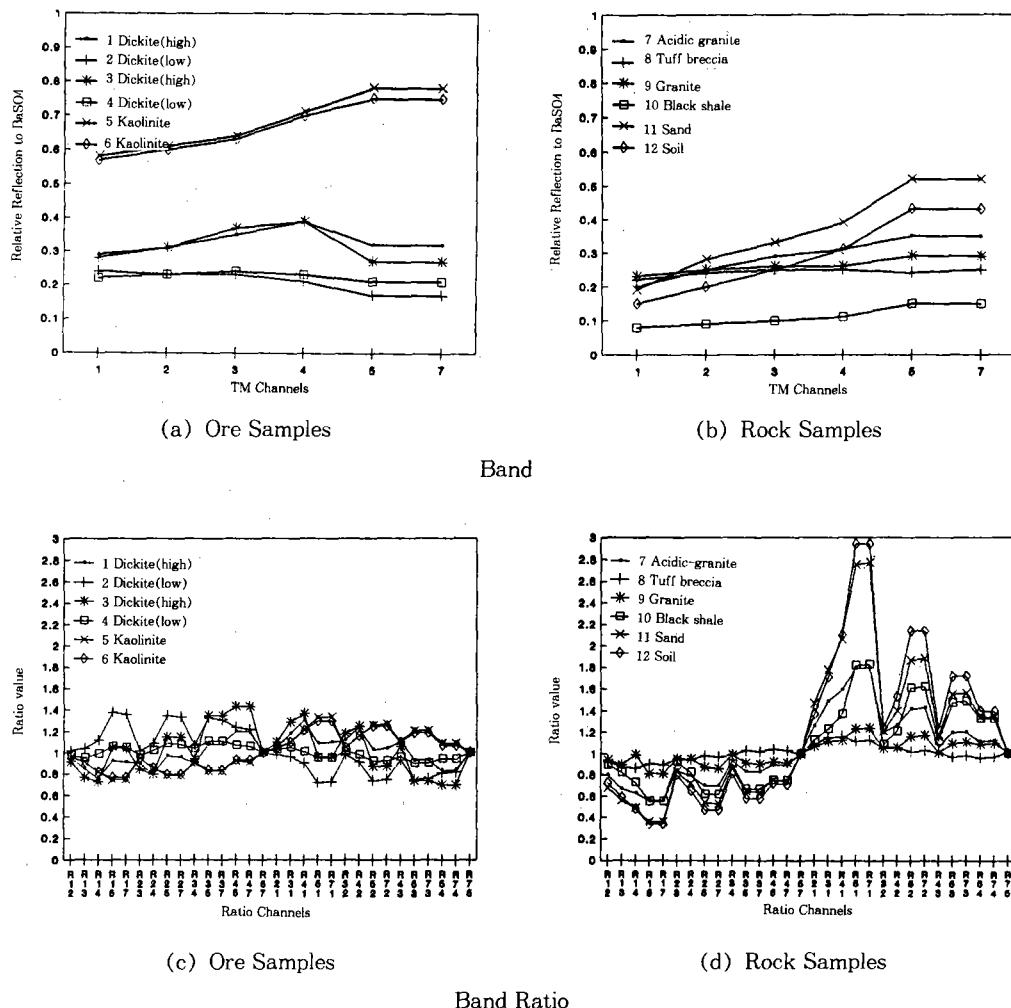


Fig. 2. Spectral reflectance curves of samples from Haenam.

고 응회암 순으로 낮아지고 있으며 이들의 뚜렷한 특성은 나타나지 않고 있다. 다만 이를 반사율은 백색도에 따라 규정지워지는 것으로 생각된다.

그리고 흑색세일은 이지역에서 가장 낮은 반사율을 나타내고 있으며 그 특성 또한 거의 없다. 시료 11 및 12는 견조상태의 회백색 모래 및 미세한 회흑색 점토로 두 시료가 밴드 1에서는 매우 낮은 반사율을 보이나 점토가 약 8% 정도로 낮게 나타나며 서로 유사한 기울기

로 증가하다 밴드 5에서 증가율이 상대적으로 커져 모래의 경우 약 50% 이상의 반사율을 나타낸다. 이들 시료에 대한 반사율 측정에서 시료들은 매우 건조한 상태였다. 이들 모래 및 점토의 경우 밴드 1에서 약한 흡수현상이 확인되는데, 이는  $\text{Fe}^{+3}$ 에 의한 것으로 사료된다.

모래와 점토의 경우는 대체로 충적층과 비금속광상과의 혼돈되는 경우가 있어 상호비교 검토함으로써 강조처리 등 자료처리시 고려하기 위함인데, 고품위 고령토와는 반사율차이가 현격하여 분류가 용이하다. 저품위 납석과는 어느 정도 혼돈된다. 그러나 밴드 1에서 납석류는 흡수현상이 결여되고 사질 및 점토질은 약한 흡수현상이 있으며, 이들 특성에 의해 이들간의 분류가 가능하다 하겠다. 밴드 5 및 7에서는 이와 반대현상으로 모래와 점토는 상대적으로 납석에 비해 높은 분광반사특성을 보여주고 있다.

그리고, 이들 밴드들에 대한 비를 Fig. 2(c, d)에 나타내었다. 광물시료의 경우 그 밴드비 값이 큰 차이를 보이고 있지 않으나, 암석시료의 경우 모래와 soil의 경우는 분모가 큰 R14, R15에서 낮은 값을 보이나 분자가 큰 비에서는 비값이 상당히 크게 나타나고 있다.

#### 4. 영상강조처리

영상강조처리는 먼저 전처리로 Landsat TM 자료를 지리좌표계와 일치하는 자료로 얻기 위하여 1/25,000지형도에서 GCP(Ground Control Point) 20개를 선정하여 위성자료를 지리좌표계에 맞게 재배열하였다. 이 재배열된 자료와 항공방사능 자료에 대해 이들 밴드 및 이들간의 밴드비에 대해 히스토그램 정규화로 강조처리하여, 각각의 자료에 비금속광상 및 광역지질적 특성과 관련하여 그 유용성의 정도에 따라 분석하였다. Landsat MSS는 TM자료와 유사하나 그 해상력이 TM에 비해 멀어지므로 본 연구에서 제외시켰다.

본 분석은 한국과학기술원 양영규 외(1991)가 개발한 ERIMS패키지의 히스토그램 정규화 프로그램의 일부를 수정하여 처리하였다. 이는 히스토그램 양단의 포화도를 낮추기 위해 양단을 0.1% 씩 할당함으로써 양단부근의 값을 강조처리 하였다.

##### 4-1. Landsat TM 및 항공방사능자료

TM 자료는 원밴드 6개, 밴드비 30개에 대해서, 항공방사능자료 역시 원밴드 4개와 밴드비 12개에 대해 시행하였다. 분석은 광역지질 및 지질구조 등의 지질특성과 관련하여 그 유용성의 정도에 따라 Table 3에 3대분하여 나타내었다.

**Table 3.** Degrees of geological correlation of Chs and Ch. ratios  
(Qualitative Analysis)

	TM	항공방사능자료
Good	R21, R31, B1, B2, B3	T, K, K/Th
Moderate	R12, R13, R23, R27, R35, R47, R51,	U, Th, K/T, K/U, Th/K
	R52, R53, R71, R72, R73, B4, B5, B7	
	R14, R15, R17, R24, R25, R34, R37,	U/Th, Th/T, Th/U, U/T,
Poor	R45, R32, R41, R42, R43, R54, R74, R57, R75	T/Th, T/U, U/k

비금속광상 노두 내지 체광장이 TM 전 밴드에 걸쳐 높은 반사율을 보여주고 있으나 주변과의 대비에 의해 분류하면 밴드 1, 2가 가장 양호하게 구분되어지고 있으며 그 다음이 밴드 3이다(Fig. 3). 또한 이들의 색중합도에 의해 그 특성들의 분류가 더 용이하다. 밴드 1 및 2의 경우 축사나 마을부근의 비닐하우스, 해남읍, 공설운동장, 학교운동장, 그리고 도쪽서부의 넓은 간척지 등과 견조한 나지(bare soil) 등이 이들 밴드에서 높은 반사율을 보임으로써 광상노두와 다소 혼돈되고 있다. 밴드 3은 나지의 특성이 밴드 1, 2보다 강조되어 혼돈 정도가 커지고 있으며 밴드 4는 지형형태적인 구조선은 세밀하게 나타나고 있지만 광상노두는 나지 및 식생 등과 혼돈되고, 해남읍 및 간척지, 나지 주변과는 이들의 보다 낮은 반사율 특성에 의해 어느 정도 분류되고 있다. 밴드 5, 7에서는 광상노두는 나지 등과 혼돈이 되고 있다. 대체로 고 반사율특성을 보이는 광산노두들은 밴드의 차수가 증가할수록 그 반사율특성이 상대적으로 감소하고 있으며, 특히 해남 남석광상은 밴드 7에서는 거의 나타나지 않고 있다. 이에 반해 나지는 밴드의 차수가 증가할수록 점차 주변지역의 반사율특성과 분리되어 그 특성이 강해지고 있으며, 특히 밴드 5, 7에서 강하게 나타나고 있다. 이는 시료의 반사율 특성과 유사하게 나타나고 있다 하게다. 즉 광석시료의 반사율은 밴드가 증가할수록 그 반사율을 증가하나 밴드 5, 7에서 급격히 감소하고 있으며 이에 반해 암석시료 중 sand와 soil은 밴드가 증가할수록 그 반사율은 상대적으로 증가하며 밴드 5, 7에서 강한 증가를 보여주고 있다.

이들 영상에서 광상노두 및 이와 유사한 특성을 가진 이상지역을 선정하여 현장답사에 의해 확인한 결과를 Table 4에 나타내었다.

밴드비에 의한 영상은 지형적 영향을 줄임으로써 지형에 의한 혼돈은 줄일 수 있겠으나 지형형태에 의한 지질특성 분류의 가능함을 고려하면 소수의 밴드비를 제외하고는 원밴드의 영상처리가 보다 효과적이라 하겠다. 그리고 광상노두의 구분이 대체로 어려웠으며 밴드비 중 분자가 낮은 채널의 경우에는 노두가 낮게 나타나 흑백영상의 특성상 분류가 뚜렷하지 않다. 이것은 시료의 분광반사율 측정에 의한 것과 상반되는 양상을 보여주는 것으로 실자료와 실험실에서 측정한 것의 차이점으로 실내 분광반사율 값에 의한 비밴드를 자료처리에 직접 적

**Table 4.** Results of field check for the anomalies picked up on the image

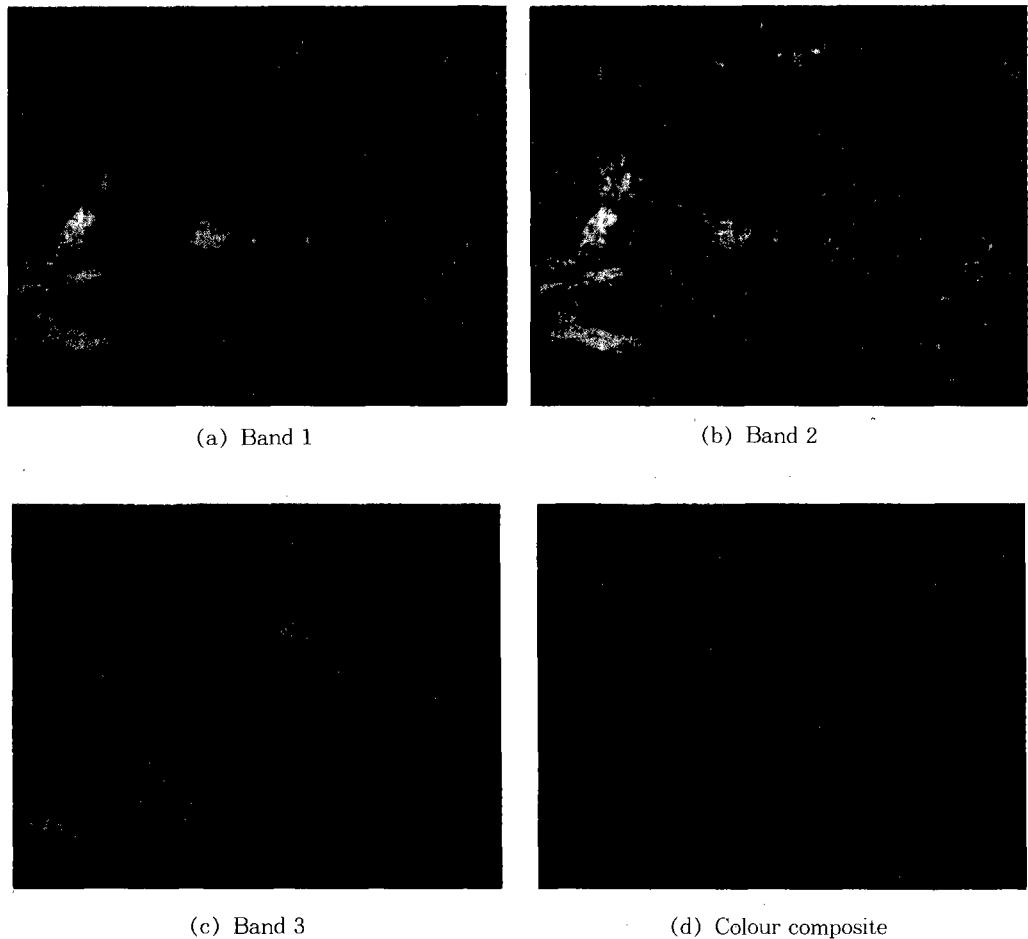
Anomaly No.	Location	Field Checking
A1	Kangjin, Doam-myeon, Nongso	Deokyong Quartz Mine
A2	Kangjin, Doam-myeon, Seokmun-ri	Seokmun " 1
A3	Kangjin, Doam-myeon, Seokmun-ri	Seokmun " 2
A4	Kangjin, Doam-myeon, Limchon-ni	Quartz Mine
A5	Haenam, Gyegok-myeo, Tojung-ri	Haenam Dickite Mine
P1	Kangjin, Doam-myeon, Suyong-ri	Soil quarry
P2	Kangjin, Doam-myeon, Seokmun-ri	Dongil Lemicon Co.
P3	Kangjin, Doam-myeon, Jisuk-ni	Slate roofs of Cattle Shed Pasture
P4	Kangjin, Kangjin-up, Songjun-ni	Vinil house tops
P5	Kangjin, Dogok-myeon, Sungjin-ni	Green tea cultivating field
P6	East of Haenam	Haenam Athletic ground
P7	Haenam Downtown	Town facilities
P8	Southwest of Haenam	Rice field mixed with rice stubble & sandy soil & salt field
P9	Kangjin, Kangjin-up, Hangchon-ni	Slate roofs of Plant

용하여 분석한다는 것은 오류를 범할 우려가 있다고 하겠다.

이 외에 지질적으로는 선캄브리아기의 변성암류, 중생대 석영반암 등이 뚜렷한 산세를 보이며, 특히 규장암색은 날카로운 산세를 보여주고 있다. 시대미상의 편암질 양운모그룹이나 백악기의 흑운모 화강암, 그리고 도폭서부의 산성웅화암 등은 특징적으로 강한 풍화 잔류현상구조로 분류되고 있다. 이들 풍화잔류현상은 많은 경우 충적층화한 것으로, 풍화에 강한 암석류와는 스펙트럼특성보다는 이들의 평활감 등 질감적 특성에 의해 분류가능하다고 하겠다.

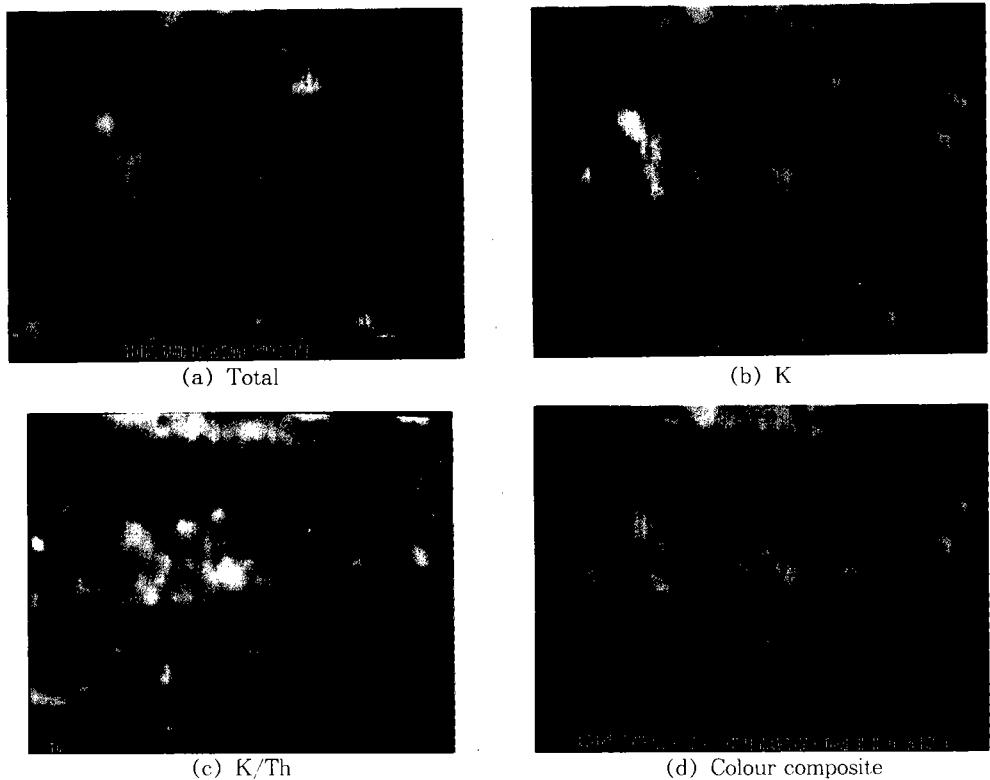
항공방사능자료에서는 Total, K밴드가 가장 양호하다(Fig. 4). 해남읍 상부의 백악기의 석영반암과 석영섬록암이 가장 밝게 나타나고 있으며, 다음으로는 서부의 산성분출암과 선캄브리아기 서기산층군이며, 충적층은 이보다 낮게 나타나고 있다. 그리고 규석 광상이 배태하고 있는 선캄브리아기의 설옥리층군이 가장 낮게 나타나고 있다. 우라늄, 토륨밴드에서는 지질적인 분류가 다소 어렵다.

밴드비에 의한 영상은 K/Th가 대체로 지질적으로 양호한 상관성을 보여주는데 백악기층군이 높게, 선캄브리아층군이 낮게 나타내는 양상을 보여주고 있다. 이 외에 K/T, K/U의 밴드비가 Total밴드와 비슷한 양상을 보여주고 있다.

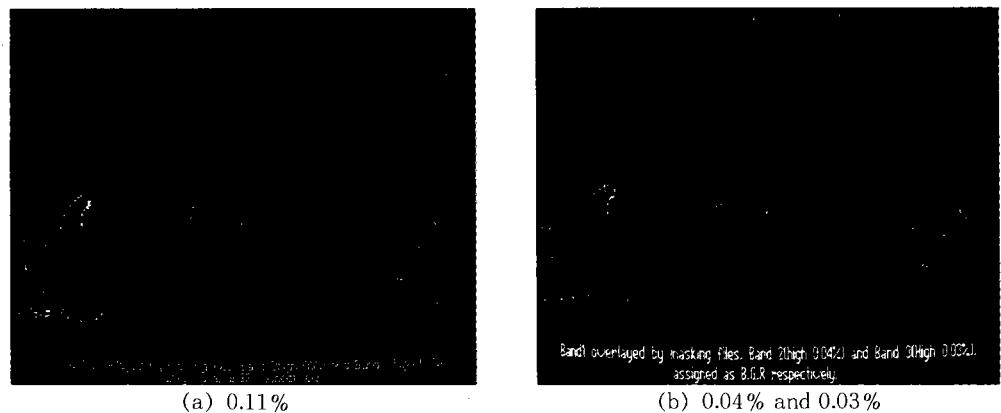


**Fig. 3.** Histogram normalized images of Haenam TM bands and

Pseudonatural colour composite(B1, 2, 3)



**Fig. 4.** Histogram normalized images of Haenam Radiometric bands and Colour composite(B1, 2, 3)



**Fig. 5.** Band 1 overlayed by masking files, Band 2(high 0.11% and 0.04%), and Band 3(high 0.11% and 0.03%).

#### 4-2. Masking 기법에 의한 비금속광상 특성추출

상기한 바와 같이 TM 자료 중 Band 1, 2 및 3이 비금속광상의 추출에 가장 효과적이므로 이들 3개 밴드의 조합에 의한 광상노두 추출을 시도하였다. 즉, 해남읍 및 도폭 서남부의 간척지 등이 광상노두들과 구분이 잘되지 않고 있어, 이에 대해 ERIMS패키지에 있는 masking 기법을 이용하여 비금속광상 특성추출을 시도하여 보았다.

광상노두 추출을 위한 threshold 선정은 먼저 영상강조처리에서 히스토그램 포화도를 0.1%로 할당하였을 때의 경우를 알아보기 위해 본 해남자료에서는 이에 가장 근사치인 0.11% 이하를 취한 경우와, 다음으로 광상노두를 기준으로 하여 이 노두 모두가 나타날 수 있는 최소의 값으로 선정하여 보았다. 즉, threshold값을 밴드 2에서는 상단 0.11%와 0.04% 이하로, 밴드 3은 0.11%와 0.03% 이하로 할당하여 그 이상의 높은 값을 255로 재할당하고, 그보다 낮은 값은 0으로 제어하여 각각의 masking file을 만들었다. 청색으로 할당한 밴드 1에 각각 밴드 2에 대한 masking 파일을 녹색으로, 밴드 3에 대한 masking 파일을 적색으로 하여 색 중합한 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

본 처리 결과, 광상과 같은 반사율특성을 보이는 것들이 해남읍내와 도폭 서남단의 간척지에서 많이 나타나고 있다. Threshold를 0.11% 이하로 하였을 경우는 0.03%~0.04%로 하였을 때보다 분류효과가 더 낮으며, 적색으로 나타난 곳은 이들 모두가 밴드 1 및 2에서는 분류되나 밴드 3에서 분류되지 않는 bare soil에 의한 영향 때문이다. 충적층은 거의 광상노두보다 낮은 반사율을 보이며 단일 원밴드영상에서 분류가 어려운 축사 및 마을 부근의 비닐ハウス 등은 이 마스킹 영상에서 완전 제거되어 광상노두와 분류되고 있다. 그리고 도폭의 동남부근에 있는 규석광산과 도폭중앙 상단의 해남광상 등의 노두들에 의하여 최소화시킨 Fig. 5.(b)를 보면 해남읍 동쪽고개의 해남 공설운동장이 높게 나타나고 있다. 이는 건조한 백색 도가 높은 황토 내지 마사흙이며, 해남읍내에서 높게 나타나고 있는 밝은 부분은 공공기관의 건축물의 시멘트지붕 내지 운동장 등으로 사료되어진다. 또한, 도폭 서남부의 간척지에서의 밝은 부분은 역시 백색도가 높은 모래나 토사와 산 측면을 깎아낸 도로, 또는 논에 부백색의 벗집이 깔려있는 것 때문이 아닌가 생각된다('92. 1. 현장 확인 사항). 광상의 특징을 지형적·지질적으로 분류할 수 있는 점을 감안한다면 현지답사의 범위를 줄여나갈 수 있을 것이며, 그 외에 광상노두나 이에 준하는 높은 반사율을 보이는 곳은 현지답사에 의해 규명되어야 할 것이다.

## 5. 다변수함수분석

### 5-1. 자료군 선정

자료군선정은 다변수함수 분석 적용에 있어 가장 중요한 문제 중의 하나이다. TM의 경우 원밴드 및 밴드비에 의한 36개 자료군, 항공방사능자료는 원밴드 및 밴드비 등 16개 자료를 하나의 자료군으로 하여 분석을 한다는 것은 시간적으로나 하드웨어적인 문제에 직면하게 된다. 따라서 자료군 축소는 필수적이며 축소방법은 통계적으로 여러 가지 방법이 있겠으나 박종남 외(1990)에 의한 몇 가지 방법에 대한 비교분석결과 다중회귀모델법 대체로 양호한 것으로 확인되어, 본 연구에서도 이 회귀모델 방법에 의해 TM 자료와 항공방사능 자료를 7개 자료로 축소 선정하였다. 이에 의해 선정된 자료군은 Table 5와 같다.

**Table 5.** Selected variable sets for multivariate data analysis

Data	Variables selected
TM	B2, B3, B4, R24, R13, R32, R14
항공방사능자료	K, K/T, U/K, U, U/T, Th, Th/T

### 5-2. 주성분(PCA) 분석

선정된 자료군에 대한 TM자료 분석결과 중 PC1, 2 및 3을 히스토그램 정규화에 의한 영상강조처리를 하여 Fig. 6(a)에 나타내었으며, 이들의 통계적 결과를 Table 6(a)에 나타내었다. 통계자료에 의하면 PC1, 2 및 3이 전체의 97.9% 이상의 분산을 보이고 있으며, 이들 주성분 3개에 대해 색중합하여 Fig. 6(b)에 나타내었다. PC1에서 광상은 구별되나 충적층이 전체적으로 밝게 나타남으로써 다소 혼돈되고 있으며, 또한 PC2는 PC1과 유사하게 혼돈되고 있다. 그러나 PC3에서는 광상노두가 뚜렷이 분류되어지고 있다. 색중합에서 지질적인 분류는 흑백영상의 지형형태적 분류결과와 유사하고, 광상 채굴적들이 높게 나타나 구분되어지고 있다. 특이한 것은 본 색중합도는 원밴드 1, 2 및 3을 중합한 자연색 중합보다 더 뚜렷하게 식생이나 토양, 수계 등의 특성을 반영함으로써 대상판독이 용이해졌다.

나아가, Table 6(a)에서 PC1, 2 및 3의 Eigenvector값과 변수간의 선형함수식 (1)을 세워 울산지역 Landsat TM 자료에 적용한 결과 이와 유사한 결과를 보여주고 있어 타지역 자료에 대한 응용성이 있다 하겠다. 특히 녹색으로 나타난 것은 식생특성을 많이 반영하고 있다.

유도된 자연색 중합식은 다음과 같다.

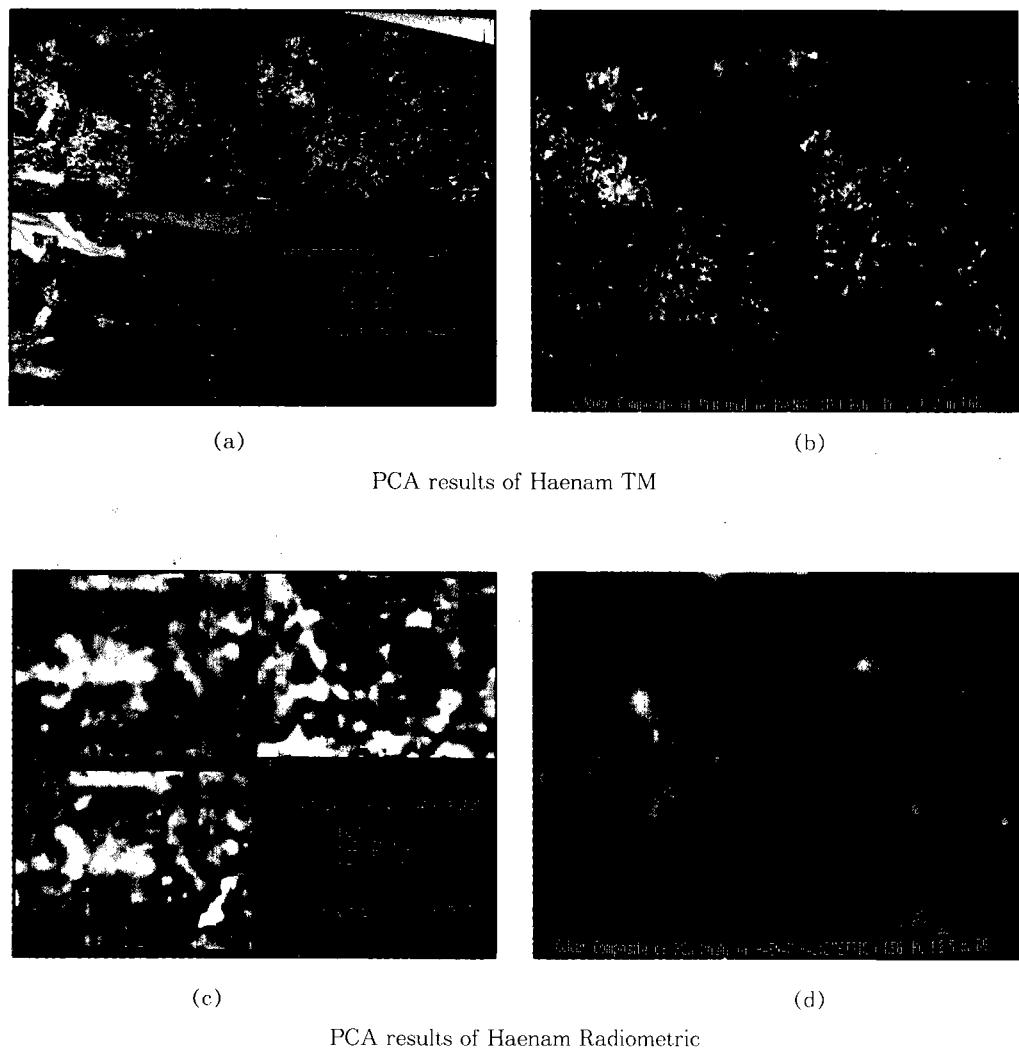
$$\left. \begin{aligned}
 \text{청 } B &= 0.05836B_2 + 0.03353B_3 - 0.00631B_4 + 0.00833R_{24} - 0.000116R_{13} \\
 &\quad - 0.00007 \times R_{32} + 0.00750R_{14} - 3.5430 \\
 \text{녹 } G &= 0.03928B_2 + 0.02878B_3 + 0.02252B_4 - 0.00675R_{24} - 0.01001R_{13} \\
 &\quad - 0.00302R_{32} - 0.00684R_{14} - 1.4111 \\
 \text{적 } R &= -0.01426B_2 + 0.00993B_3 + 0.01267B_4 + 0.00098R_{24} - 0.00293R_{13} \\
 &\quad + 0.02286R_{32} + 0.00034R_{14} - 2.6343
 \end{aligned} \right\} \cdots(1)$$

항공방사능자료에 대한 주성분분석 결과의 통계자료는 Table 6(b)에 나타내었으며, 주성분에 대해 히스토그램 정규화에 의한 영상강조처리를 하여 Fig. 6(c)에 나타내었다. 통계자료에 의하면 PC3는 전체분산의 19%를 차하고 있으나 주성분 2와 비슷하고 광역지질과의 대비에서 보다 낮은 상관성을 갖음으로써 제외시키고, 대신 분산값이 낮으나 지질적 관련성을 나타내는 PC5를 취하여 이들을 색중합하여 Fig. 6(d)에 나타내었다. 이들의 색중합에서 보듯이 규석광상을 배태하고 있는 설옥리층이 오랜지색으로 나타나고 있다. 도록 서남부의 간척지 및 충적층 일부가 이와 비슷한 양상을 보여주고 있다. 이 외의 지질적 특성은 매우 혼돈되고 있다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 Landsat TM 및 항공방사능자료로부터 비금속광상과 이를 광상에 관련된 광역지질특성 추출을 위한 연구를 시도하였다. 대상지역은 해남읍을 중심으로 한 구 1/50,000 1개 도폭에 해당한다.

연구방법은 대상지역의 광물·암석의 분광반사율 특성을 연구분석하고, Landsat TM의 개개 단일밴드 자료와 이들 밴드간의 비영상에 대해 히그로그램 정규화에 의한 영상강조처리에 의해 면밀히 분석하였으며, 또 마스킹 기법과 다변수함수처리기법에 의한 비금속광상 내지 지질적특성 유출을 시도하였다.



**Fig. 6.** PCA Results of Haenam TM and Radiometric.

**Table 6.** Statistics of PCA Analyses on Haenam TM and Radiometric

(a) TM

Variable		B2	B3	B4	R24	R13	R32	R14
Mean		33.262	39.527	46.849	43.850	115.278	106.326	46.439
S. D.		9.750	13.898	18.072	59.269	43.070	41.762	59.614
C	B2	1.000	.951	.723	-.598	-.841	-.382	-.628
O M	B3	.951	1.000	.813	-.658	-.918	-.121	-.694
R A	B4	.723	.813	1.000	-.840	-.892	-.056	-.864
R T	R24	-.598	-.658	-.840	1.000	.860	.309	.998
R	R13	-.841	-.918	-.892	.860	1.000	.152	.887
I	R32	-.382	-.121	-.056	.309	.152	1.000	.277
X	R14	-.628	-.694	-.864	.998	.887	.277	1.000
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Eigenvalue		5.129	1.029	.698	.116	.025	.004	.000
Percent.		73.266	14.704	9.971	1.651	.355	.053	.000
CUM. PERC.		73.266	87.969	97.941	99.591	99.946	99.999	100.000
E	B2	.383	-.139	.569	.022	.224	-.647	.203
I V	B3	.400	.138	.466	-.170	.317	.655	-.213
G E	B4	.407	.229	-.114	.863	-.137	.074	.000
E C	R24	-.400	.058	.494	.198	-.322	-.127	-.659
N T	R13	-.431	-.126	-.050	.360	.813	-.001	-.076
O	R32	-.126	.943	-.003	-.149	.153	-.208	.077
R	R14	-.408	.020	.447	.189	-.205	.298	.683

(b) Radiometric

Variable		K	K/T	U/K	U	U/T	Th	Th/T
Mean		100.813	82.790	16.444	111.201	82.222	126.930	63.063
S. D.		34.585	22.376	10.567	29.291	22.833	25.310	17.603
C	K	1.000	.882	-.785	-.026	-.584	.257	-.538
O M	K/T	.882	1.000	-.876	-.290	-.604	-.076	-.583
R A	U/K	-.785	0.876	1.000	.431	.804	-.055	.469
R T	U	-.026	-.290	.431	1.000	.711	.334	-.036
R	U/T	-.584	-.604	.804	.711	1.000	-.143	.209
I	Th	.257	-.076	-.055	.334	-.143	1.000	.496
X	Th/T	-.538	-.583	.469	-.036	.209	.496	1.000
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Eigenvalue		3.760	1.467	1.381	.244	.120	.017	.011
Percent.		53.714	20.962	19.726	3.484	1.716	.240	.158
CUM. PERC.		53.714	74.676	94.401	97.885	99.602	99.842	100.000
E	K	.443	.262	.298	.088	.523	.477	-.370
I V	K/T	.481	.000	.166	.596	.102	-.442	.424
G E	U/K	-.491	-.084	.046	-.078	.802	-.202	.245
E C	U	-.240	.275	.692	-.085	-.240	.296	.486
N T	U/T	-.426	-.122	.406	.512	-.122	-.195	-.570
O	Th	-.024	.818	-.202	-.211	-.017	-.500	-.186
R	Th/T	-.305	.406	-.488	.563	-.011	.400	.165

- 1) 해남지역 광물 및 암석의 분광반사율 측정결과 고알루미나 고령토 광물은 매우 높은 반사율을 보이는 반면, 납석은 품위가 낮아질수록 점점 반사율이 감소하고 있다. 이는 품위가 낮아질수록 불순물에 의해 그 백색도가 떨어지고 또한 수산기에 기인한 것으로 생각된다.
- 암석의 경우 또한 검은 색을 떨수록 낮은 분광반사율을 나타낸다. 예로 흑색세일이 이 지역 시료 중 가장 낮은 반사율을 보인다. 그 외에 특징적인 것은 sand와 soil은 밴드가 증가할수록 반사율이 증가하고 있으며, 납석의 경우는 Band 7에서 어느 정도 흡수현상을 나타내나, 고알루미나 고령토의 경우는 흡수현성이 나타나지 않는다. 이는 본 지역광물에 함유하는 석영은 광상생성조건이 화강암의 풍화잔류에 의한 것으로 석영결정내에 수산기가 결여된 것 때문으로 생각된다.
- 2) 단일 영상 중에는 Landsat TM 1, 2 및 3에서 대체로 비금속광상 채굴적이 가장 잘 분류된다. 그러나 이들 흑백 영상에서는 도폭서부의 넓은 간척지, 해남읍지역, 공설운동장, 축사, 학교운동장, 비닐하우스, 기타 bare soil 등과 혼돈되고 있다. 이들 비금속광상 노두는 TM 밴드 1, 2, 3의 조합에 의한 마스킹 기법에서 보다 효과적으로 분류되고 있다.
- 3) 지질적으로는 규석광이 배태하고 있는 설옥리총의 규장암총이 뚜렷한 지형적 특성을 보이며, 납석을 배태하고 있는 응회암이나 화강암류 등은 대체로 풍화에 약한 관계로 산세가 뚜렷하지 않고 완만하며, 산재하는 풍화잔류현상을 나타낸다.
- 4) 항공방사능자료는 주성분 분석결과 규석광을 배태하는 규장암 총군은 가장 낮은 방사능특성에 의해 분류되며 응회암 등 납석 배태총군은 본역에서 대체로 혼돈되고 있다.
- 5) 또한, 본 역의 TM자료군의 주성분 분석결과 자연색과 매우 유사한 색 중합도를 나타냄으로써 효과적으로 여러 지질적 특성을 유출할 수 있었으며, 이를 통계에서 PC1, 2 및 3의 Eigenvector 값과 변수간의 선형함수에 의한 자연색 중합에 의해 효과적인 지질·광상 분석이 기대된다.

## 사    사

본 연구는 과학재단 목적기초연구과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사를 드리는 바입니다. 본 연구를 수행함에 있어 시료의 분광반사율 측정에 많은 편의를 주신 한국자원연구원 원격탐사실 강필종 박사님, 조민조 씨에게 감사를 드리며, 또한 암석·광물시료 채취 및 도움을 주신 서울대학교 전효택 교수, 동아대학교 김종대 교수님께 사의를 표합니다.

### Reference

- 김옥준 외, 1971, 포항 울산간 점토자원의 지질과 그 물리학적 특성에 관한 연구: 광역지질, 제4권, pp. 106~215.
- 김종환 외, 1980, 구룡포 및 감포지역 불석, 벤토나이트 및 산성백토 광상조사연구: 자원개발 연구소, 조사연구보고, 제8호, pp. 99~148.
- 김대업 외, 1989, 비금속광상 조사보고서: 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-89-2B-1, pp. 9~86.
- 문희수, 1975, 전남지역 명반석 광상의 성인에 관한 연구: 광산지질, v. 8, pp. 183~202.
- 문희수, 유장한, 김종환, 1986, 3기층 분포지역의 벤토나이트 및 불석광상에 대한 광물·광상 학적 연구: 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-86-8, p. 73.
- 문희수 외, 1990, 해남지역 화산암류와 납석 및 고령토 광상의 K-Ar 연대: 광산지질, v. 23-2, pp. 135~141.
- 박종남, 김지훈, 1990, 울산지역 암석시료의 스펙트럼특성과 이의 Clustering 응용, 대한원격 탐사학회지, v. 6-2, pp. 115~133.
- 박종남, 박인석, 1991, 울산지역 비금속광물 및 암석분류를 위한 원격탐사 자료처리, 대한원격 탐사학회지, v. 7-2, pp. 131~148.
- 양영규, 조성익, 김경옥, 1990, 위성영상 및 항공기 탑재 리모트센싱 자료 분석을 위한 마이크로 컴퓨터 영상처리 시스템 개발연구(Ⅱ), 한국과학기술원 시스템공학센터, BSN 20772, p. 211.
- 조기봉, 김종대, 1970, 벤토나이트 광상조사연구: 국립광업연구소, 광산조사 연구보고, 제4호, pp. 183~231.
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 1987, *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 721.
- Siegel, B. S(ed.), 1980, *Remote sensing in geology*, John Wiley & Sons, Inc., p. 702.
- Ball, G. H and Hall, J. J., 1966, ISODATA, an interactive method of multivariate data analysis and pattern classification, in Digest of Technical Papers, *IEEE Intl Comm. Conf.*, pp. 116~117.
- Cooley, J. W. and Lohnes, P. R., 1971, *Multivariate data analysis*, John Wiley and Sons, Inc., p. 364.
- Crisp, D. A., 1974, *Application of multivariate methods of regional geochemistry: The evaluation of a new technique*, M. Sc., Thesis Unpub. Dept. of Geology. Univ. of London, p. 107.

- Davis, J. C., 1973, *Statistics and data analysis in geology*, John Wiley and Sons Inc., New York, p. 550.
- Mucciard, A. N. and Gose, E. E., 1971, A comparison of seven techniques for choosing subsets of pattern recognition properties, ; IEEE Trans. on Computers V. C-20, No. 9, pp. 1023 ~1031.
- Park, J. N., 1983, *Pattern recognition techniques for integration of geophysics, remote sensing, geochemistry and geology*, Ph. D Thesis, Univ. of London(Unpub), p. 362.
- Rowan, L. C., Goetz, Af. H. and Ashley, R. P., 1977, Discriminant of hydrothermally altered and unaltered rocks in visible and near-infrared spectra : x. stony meteorites. *Modern Geology*, v5, pp. 115~126.