

# 초분광영상을 이용한 남극 제2기지 후보지에 대한 기반암 분류 연구

## A Study on Classification of Bed rock over Antarctic Terra Nova Bay using Hyperspectral Image

김 선 화\*      김 태 훈\*\*      홍 창 희\*\*\*  
Sun Hwa Kim      Tae Hoon Kim      Chang Hee Hong

**요 약** 본 연구는 남극과 같은 극한지에 대한 초분광영상의 활용방안 제시를 위해 시도되었다. 연구 대상 지역은 국내 남극 기지 후보지로 결정된 테라노바만 지역으로, 암반 위에 건설되는 기지의 특성상 기반암의 위치 및 안정도는 매우 중요한 분석인자라 할 수 있다. 현지 측정 자료의 경우, 상대적으로 좁은 지역에서 이루어지고 측정이 힘든 지역이 많아 후보지역의 전체적 특징을 측정하는 데는 한계가 있다. 이에 위성영상을 이용한 광역지역의 다양한 정보제공이 요구되어 진다. 본 연구에서는 초분광영상의 풍부한 분광정보를 이용하여 기반암 지역을 추출한 후 주요 암석종류에 대해 탐지 및 분류를 시도하였다. 이를 위해 국제적인 암석 분광라이브러리를 사용하였다. 탐지 결과, 초분광영상의 중적외선밴드가 암석 탐지에 매우 유용한 것으로 나타났으며, 주요 암석의 분포 정보를 산출할 수 있었다. 향후 연구에서는 충분한 현지 측정자료를 이용한 보다 정량적인 연구결과의 검증을 시도할 예정이다.

**키워드** : 초분광, 남극 기지, 기반암, 분광라이브러리, 테라노바베이

**Abstract** This study was started for providing the application method of hyperspectral image over extreme cold area as the Antarctic. Study area was Terra Nova Bay area which was decided as the candidate of 2nd Antarctic base station. For deciding last location of base station, many researchers tried to analyze the suitability of this study area. Among many suitability indicators, the location and stability of extracted bed rock area were very important. Using many spectral information of hyperspectral data, we tried detecting of bed rock and classifying four rock types. As additionally data, international spectral library of rock were used in this study. At the results, short-infrared wavelength bands were useful in the detection and classification of bed rock.

**Keywords** : Hyperspectral, Antarctic Base Station, Bed Rock, Spectral Library, Terra Nova Bay

### 1. 서 론

현재 남극 제2기지 건설부지가 테라노바만 지역으로 선정되어 기지 건설을 위한 관련 연구가 진행되고 있다. 실제로 내년 1월에는 현지 측정 자료의 수집이 이루어질 예정에 있다. 그러나 그 이전에 남극과 같이 실제 접근이 어려운 지역이라는 특성을 감안할 경우 위성영상의 활용은 매우 유용하다 할 수 있다[9]. 후보지 적합성 평가를 위해서는 많은

지역적 특성들이 고려되어야 하나, 그중 남극의 기지들 대부분이 위치한 노출 기반암에 대한 정보는 매우 중요하다. 이는 기반암의 종류에 따라 기지 건설시 고려되는 지질학적 안정성이 결정되어지기 때문이다.

본 연구에서는 보다 정확한 노출 기반암의 분류를 위해 초분광영상(hyperspectral image)을 활용하였다. 초분광영상은 400~2,500nm 분광 파장영역을 대상으로 200개 이상의 분광밴드를 제공하는 영상

\* 본 연구는 2010년도 한국건설기술연구원 주요사업, 『극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술 개발』 연구로 진행되었음.

\*\* 인하대학교 지리정보공학과 박사후과정연구원 rssun@inha.ac.kr

\*\*\* 한국건설기술연구원 건설시스템혁신연구본부 U-국토연구실 연구원 kth@kict.re.kr

한국건설기술연구원 건설시스템혁신연구본부 U-국토연구실 연구원 chhong@kict.re.kr(교신저자)

이다[1], [3], [10]. 1980년대부터 획득된 항공 초분광 센서는 미국지역의 지질, 광물 및 암석 탐지 및 분류를 위해 개발되었으며, 현재까지 초분광영상의 활용이 성공적으로 이루어지고 있는 분야이기도 하다 [10]. 특히, 2000년에는 위성탑재 초분광센서인 Hyperion이 성공리에 발사되어 현재까지 제공되고 있다[7],[10].

초분광영상을 이용한 지질 및 광물 탐지 분야는, 증적외선 파장구간에서 나타나는 암석 및 광물의 구성 성분에 따른 분광적 차이를 잘 이용한 결과라 할 수 있다[2], [4], [5], [6]. 암석 및 광물을 구성하는 화학물질의 분광 흡수 밴드가 좁은 증적외선 파장구간에서 잘 나타나고 있고, 초분광영상에서 이러한 흡수 밴드의 탐지가 용이하기 때문이다. 현재 구축된 대부분의 분광라이브러리에서 주된 분광반사측정 자료는 암석 및 광물에 관한 것이다[10]. 그러나, 이러한 지질 및 광물 탐지 연구사례들은 미국을 중심으로 암석과 광물이 지표면에 잘 드러난 특정 지역에서만 연구가 계속적으로 이루어진 것을 알 수 있다.

이에 비해 국내를 비롯한 타 지역에서는 아직까지 그 활용 가능성이 제대로 검증되지 않고 있는데, 이는 앞에서 언급한 초분광영상자료의 획득이 어려운 점도 있고 또한 암석이나 광물의 표층에 노출된 상태가 드물기 때문이라 할 수 있다. 남극지역도 대부분 눈에 덮혀 있으나, 여름시기인 12월에는 지역에 따라 기반암이 노출되어 있어 부분적으로 탐지가 가능하다. 본 연구에서는 남극 기지 후보지의 기초조사자료 제작을 위해, 위성 초분광센서인 Hyperion을 이용하여 테라노바만 지역의 기반암 종류를 분류하였다.

## 2. 연구 지역 및 자료

### 2.1 연구 지역

연구 지역은 남극 제 2기지의 후보지로 결정된 동남극의 로스해 연안의 테라노바만(Terra Nova Bay, TNB)의 브라우닝산 인근에 위치하고 있으며, 그 위치는 그림 1과 같다. TNB 지역은 북서-남동 방향의 두 개의 반도와 두 개의 만으로 구성되고 있고, 동쪽은 Campbell 빙하에 접해있으며, 해양쪽으로는 빙하혀(Glacier Tongue)가 발달되어 있다. 서쪽으로는 기반암이 노출된 해안절벽이 형성되어

있다.

TNB 지역의 기후를 살펴보면 대부분 겨울기간이며, 12월부터 2월까지 여름기간이다. 연평균 기온은 영하 14℃ 정도 이며, 여름 기간만은 평균 영하 5℃ 정도 이다. 이 지역의 암석지역은 대부분 편마암으로 구성된 기반암과 화강암, 편마암, 화산암 등 매우 다양한 암편이 분포한 빙하퇴적물 지역으로 정의되어진다.

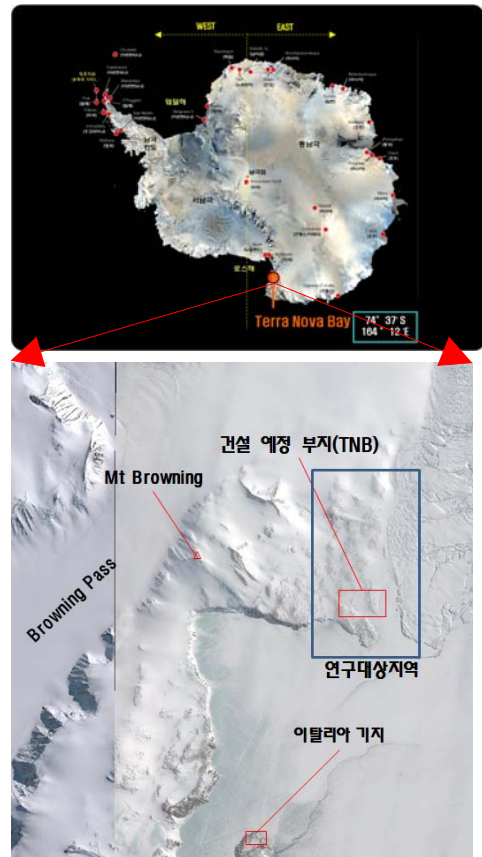


그림 1. 연구 지역

### 2.2 연구 자료

본 연구에서는 2009년 11월 5일에 촬영된 EO-1 위성 탑재 Hyperion 영상을 사용하였다. 이 초분광 영상은 총 242개의 분광밴드를 제공하고 있으며, 30m의 공간해상도를 나타낸다. 이 센서에 대한 자세한 특징은 표 1과 같다.

본 연구에서는 암석 분류를 목적으로 하기 때문에 총 242개 중 광물 흡수 밴드가 분포한 1,900nm

표 1. Hyperion 영상 사양

제원	특징
센서	EO-1 Hyperion
촬영일자	2009년 11월 9일
궤도 높이	705km
공간해상도	30m
분광밴드수	총 242개
밴드폭	10nm
파장영역	400-2500nm
영상 사이즈	126행 * 187 열
영상 비트수	16bit

에서 2,500nm까지의 총 34개의 분광밴드를 사용하였다. 그림 2는 본 연구에서 사용된 Hyperion 영상의 천연색 (Red : 650nm/Green : 550nm/Blue : 450nm Bands) 합성영상을 보여주고 있다.



그림 2. Hyperion 영상 킷북

초분광영상과 함께 본 연구에서는 기반암의 상세 분류를 위하여 ASTER 분광 라이브러리(spectral library)를 사용하였다. 분광라이브러리란 초분광영상을 해석하기 위한 기본 자료로 실험실이나 야외에서 측정된 다양한 종류의 지표물의 분광반사값을 데이터베이스로 구축한 것을 말한다. ASTER 분광라이브러리에서는 총 2,000개의 분광라이브러리 중 473개의 암석 분광라이브러리를 제공하고 있다.

본 연구에서는 그림 3과 같이 TNB 지역의 4가지 대표 암석종류인 석류석 편마암(Garnet gneiss), 흑운모 편마암(Biotite gneiss), 화강암질 편마암(Granite gneiss), 화강암(Granite)의 분광라이브러리 자료를 사용하였다. 그림 3과 같이 1.9μm 이상의 중적외선밴드에서 암석의 구성물질의 종류에 따른 흡수밴드가 나타난다. 이러한 중적외선 구간의 흡수 특징을 이용하여 암석의 종류가 탐지 및 분류된다.

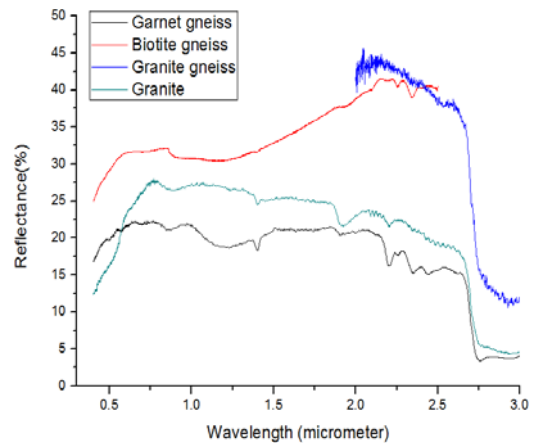


그림 3. TNB 지역의 주요 암석에 대한 ASTER 분광 라이브러리

### 3. 연구 방법

#### 3.1 절대 대기보정

초분광영상에서 얻을 수 있는 가장 중요한 정보는 각 화소에 해당하는 지표물의 연속적인 분광반사값이라 할 수 있다. 현재 초분광영상은 대부분 센서에서 감지된 복사량으로 제공되고 있으며, 이러한 초분광영상으로부터 지표물의 정확한 분광반사특성을 밝히기 위해서는 무엇보다 먼저 radiance값에서 대기에 의한 영향을 제거하여 순수한 표면 반사율로 변환하는 대기효과보정이 우선되어야 한다[2]. 본 연구에서는 대기보정을 위해 MODTRAN 복사 전달모델을 기반으로 한 절대대기보정을 수행하였다. 절대대기보정은 각종 대기, 센서, 지형정보와 반사율과의 관계를 미리 정의한 룩업테이블(Look-up table)을 통해, 입력인자에 따른 화소별 반사율을 정의해주는 방법이다[10]. 표 2는 대기보정을 위해 입력한 대기, 센서 및 지형정보를 보여주고 있다.

표 2. 절대대기보정을 위한 입력인자

정보	입력 인자
대기 정보	표준 대기 모델, 에어로졸 모델, 가시거리 초기값, 수증기 추정 유무 및 흡수 밴드, 에어로졸 추정 유무 및 흡수밴드
센서 정보	센서 종류, 밴드별 파장영역, FWHM, gain, offset값, 위성 고도, 화소 공간해상도, 촬영 일시
지형 정보	영상 중심 좌표, 지표 고도정보, 태양 천정각, 고도각

### 3.2 Maximum Noise Fraction(MNF) 변환을 통한 기반암 노출 지역의 추출

본 연구 지역은 그림 4와 같이 기반암뿐만 아니라, 눈, 얼음, 빙하 등이 분포되어 있는데, 본 연구에서는 기반암의 상세 분류를 위해 기반암 지역을 추출하였다. 기반암과 눈, 얼음, 빙하 피복은 그림 4와 같이 중적외선 영역에서 그 차이가 분명히 나타난다. 그러나, 중적외선의 많은 밴드는 그림 4와 같이 노이즈도 나타난다.

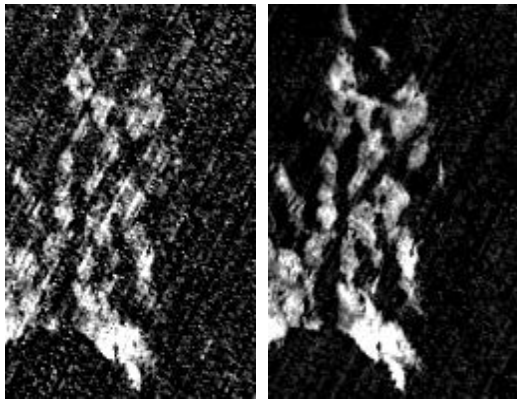


그림 4. Hyperion 중적외선 영상  
(좌 : ,941nm, 우 : 2,042nm 파장영역)

따라서, 본 연구에서는 노이즈 제거 및 정보 압축 기법인 MNF 변환기법을 사용하여 중적외선영역의 34개 밴드에 있는 노이즈를 제거하고, 주요 분광정보를 추출하였다. MNF 변환기법은 밴드별 노이즈의 분산을 계산 후 이를 기준으로 하여 노이즈 효과가 제거된 밴드별 고유의 분산을 최대화하는 방향으로 변환되는 방법이다[8, 10]. 식 1은 MNF 변환식을 보여주고 있다.

$$Y(x) = A^T Z(x) \tag{1}$$

$$A \Sigma_N \Sigma^{-1} = \Lambda A \tag{2}$$

$\Lambda$ : diagonal matrix of the eigenvalues,  $\lambda_i$

$Z(x)$ : input variable

$Y(x)$ : MNF transformed variable

$A$ : linear transform coefficients

$\Sigma_N$ : noise covariance matrix

$\Sigma$ : covariance matrix

본 연구에서는 MNF변환영상의 eigen value값을 분석하고, MNF 영상을 분석 한 후, 기반암 추출에 효과적인 MNF 변환 밴드 1과 2만을 이용한 식 3을 통하여 기반암만을 추출하였다.

$$(MNF_{com1} < 0) \text{ and } (MNF_{com2} < 0) \tag{3}$$

### 3.3 분광라이브러리를 이용한 기반암의 상세분류

본 연구에서는 기반암의 상세분류를 위하여 분광특성 정합(spectral matching)기법을 사용하였다. 분광특성 정합은 기존에 알려져 있는 대상물체의 기준 분광반사값을 이용하여 초분광영상에서 얻어지는 반사값과의 분광특성 유사성을 분석하여, 초분광영상의 각 화소에 대한 피복종류를 정의하는 방법이다. 이때 분광 특성 유사성을 계산하는 척도에 따라 분광 정합 알고리즘의 종류가 나뉜다. 본 연구에서는 분류보다는 특정 물질을 탐지하는 목적으로 개발된 매칭 필터링(Matching filtering)기법을 적용하였다.

이 기법은 전기공학분야에서 매우 잘 알려진 신호처리기법으로 개발되었다. 한 화소에서 탐지되는 혼합된 피복의 분광신호를 분석자가 탐지하길 원하는 대상 피복의 분광신호와 배경 분광반사신호로 나누어 배경 분광신호를 최대한 억압하면서 대상 분광신호를 강조하는 q를 개발하는 방식으로, 초분광영상의 분광특성 정합기법에 많이 사용되고 있다 [10]. q는 다음 식 4로 산출되어 초분광영상에 곱해지게 된다. 본 연구에서는 대상 분광신호값으로 본 연구의 탐지 목표인 4가지 주요암석(석류석 편마암, 흑운모 편마암, 화강암질 편마암, 화강암)에 대한 ASTER 분광 라이브러리를 사용하였다. 위의 분광특성 정합을 적용한 4개의 주요 암석에 대해 각 화소별 정합 지수가 제시되어진다.

$$q = \frac{1}{\sigma(b^T b)1/2} b^T \quad (4)$$

( $b$  : 기준 스펙트럼의 벡터,  $\sigma$  : 기준 스펙트럼의 표준편차)

#### 4. 연구결과

그림 5는 연구 지역 중 주요 피복인 눈에 대해 대기 보정 전 radiance와 보정 후 반사율의 패턴을 보여주고 있다. 반사율의 분광반사패턴을 살펴보면 중적외선 구간에서 기존 분광라이브리리와 같이 흡수밴드가 관찰되어진다. 이와 같이 대기 보정을 통해 대기의 각종 흡수, 산란, 반사에 의한 영향이 보정되면서 실제 피복의 분광패턴의 특성을 가진 반사율 영상이 제작됨을 알 수 있다. 본 연구에서는 1,900nm이상의 중적외선 밴드 34개만을 사용하여 주요 기반암의 구성 암석 탐지를 시도하였다.

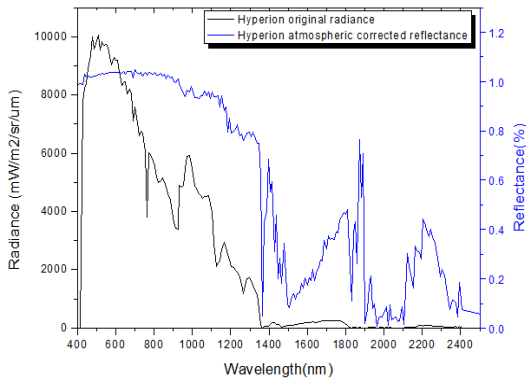


그림 5. Hyperion 원영상과 대기보정 후 반사율 영상에서 추출한 눈의 분광반사 특성

위와 같이 보정된 Hyperion 반사율영상의 잡음을 제거하고, 34개의 중적외선밴드를 축약하기 위해 적용된 MNF 변환을 수행하였다. 그림 6은 MNF 변환 결과 영상과 변환 후 MNF 영상의 정보량을 나타내는 eigen value 값을 나타내고 있다.

MNF 1과 2영상은 노이즈가 제거되었고, 기반암이 주변 피복과 대조되어 잘 구분되어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 MNF 각 정보량을 살펴보면 MNF 1, 2번 영상이 가장 큰 정보량을 나타내며, 3번 영상부터 급격히 정보량이 감소되는 것을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 MNF 1과 2를 이용하여 기반암만을 추출하였으며, 이는 그림 7과 같다.

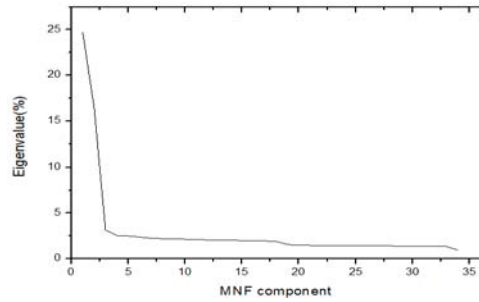


그림 6. Hyperion의 MNF 변환영상의 정보량

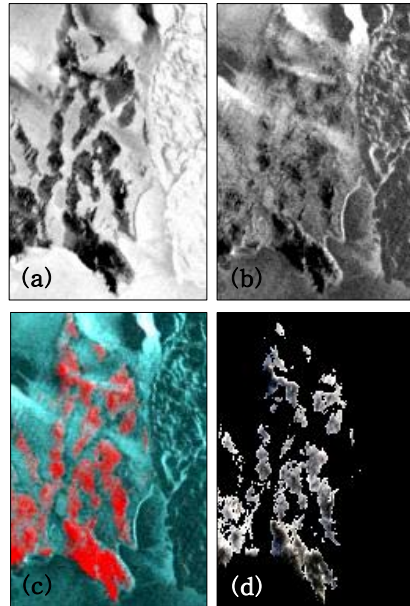


그림 7. MNF 1번 (a), 2번 영상(b), 밴드 1,2,2 칼라 조합영상(c), 기반암 지역 추출 영상(d)

본 연구에서는 기반암만 추출된 Hyperion영상을 대상으로 매칭 필터링 기법을 적용하여 탐지하고자 하는 암석의 신호 일치율 영상을 제작하였다. 이 영상들은 모든 화소에 대해 4개 암석의 신호 일치율을 보여주고 있으며, 본 연구에서는 각 화소에서 가장 높은 신호 일치율을 보이는 암석을 최종 암석 종류로 정의하여 그림 8과 같이 암석 분류도도 제작하였다.

그림 8과 표 3을 살펴보면 석류석 편마암과 화강암이 널리 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이에 반해 화강질 편마암이나 석류석 편마암은 분포는 되었으나 넓은 면적으로 분포되기 보다는 산발적으로 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. 이와 같이

상대적으로 넓게 분포한 지역은 기반암 지역으로 정의될 수 있으며, 산발적으로 분포한 지역은 다양한 암편이 분포된 빙하퇴적층으로 사료된다. 또한 기반암이긴 하나, 어떠한 암석 종류로 탐지되지 못한 지역이 발생하였다. 이는 그 화소의 해당 지역에 암석이 탐지 대상 암석이 아니거나, 기반암 구조에 따른 그림자로 사료된다.

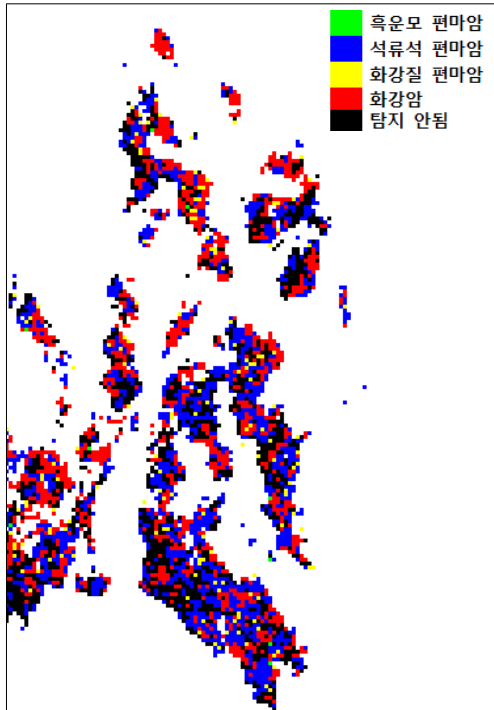


그림 8. 분광 정합 영상과 최종 암석 분류 결과

표 3. 기반암 종류 분류 결과

기반암 종류	면적(ha)	면적비율(%)
흑운모 편마암	0.81	0.23
석류석 편마암	124.38	34.64
화강질 편마암	13.86	3.86
화강암	109.44	30.48
탐지 안됨	110.61	30.80

### 5. 결론

본 연구는 남극 제 2기지의 후보지인 테라노바만 지역에 대한 초분광영상의 활용성을 제시하기 위한 연구로 제한적인 자료만을 사용하였다. 남극의 여름

으로 넘어가는 시기에 촬영된 위성 탑재 초분광영상과 미국에서 구축한 암석 분광라이브러리를 이용하여 후보지역의 기반암을 탐지하고, 이 지역에 대한 상세 암석 분류를 시도하였다.

연구 결과 초분광영상의 풍부한 분광정보로 인하여 기반암 탐지 및 상세 암석 종류 탐지가 간단한 방법만으로 가능하였다. 특히 초분광영상의 중적외선 영역은 기반암과 주변 타 피복과의 구분을 용이하게 하였으며, 각종 암석 구성 성분의 흡수 밴드가 분포되어 있어 분광라이브러리를 이용한 암석 종류의 분류가 가능하였다.

현재 실측을 통해 후보지의 기반암에 대한 분광 스펙트럼 분석이 완료되지 않았기 때문에 보다 정량적인 검증은 수행하지는 못하였다. 그러나, 본 연구는 남극과 같은 극한지에 대한 초분광영상의 활용방안을 제시한 것에 의미가 있으며, 향후 추가 연구에서는 연구 지역에서 수집된 실측 분광 스펙트럼 자료와 분류 후 정확도를 검증할 수 있는 현장 수집 정보를 활용하여 보다 정량적인 기반암 분류 기법을 제시할 예정이다.

### 참 고 문 헌

[ 1 ] A.F.H. Goetz, 1991, "Imaging spectrometry for studying Earth, Air, Fire and Water", EARSel Advances in Remote Sensing, vol. 1, pp. 3-15.

[ 2 ] I. Longhi, M. Sgavetti, R. Chiari, and C. Mazzoli, 2001, "Spectral analysis and classification of metamorphic rocks from laboratory reflectance spectra in the 0.4 2.5 interval: a tool for hyperspectral data interpretation", International Journal of Remote Sensing, vol. 22, No. 18, pp. 3763-3782.

[ 3 ] JPL, 2005, NASA JPL Homepage (<http://aviris.jpl.nasa.gov>).

[ 4 ] L. Kirkland, K. Herr, E. Keim, P. Adams, J. Salisbury, J. Hackwell, and A. Treiman, 2002, "First use of an airborne thermal infrared hyperspectral scanner for compositional mapping", Remote Sensing of Environment, vol. 80, pp. 447-459.

[ 5 ] F. Van der Meer, 2003, "Bayesian inversion of imaging spectrometer data using a fuzzy geo-

- logical outcrop model”, International Journal of Remote Sensing, vol. 4, No. 22, pp. 4301-4310.
- [6] F. Van der Meer and V. Kato, 2002, “Developing a schematic petrogenetic transect for a contact aureole using field spectrometry; a case study in Los Santos, Salamanca Province, central western Spain”, International Journal of Remote Sensing, vol. 23, No. 23, pp. 5087-5094.
- [7] Z. Qu, B.C. Kindel, and A.F.H. Goetz, 2003, “The High-Accruacy ATmospheric Correction for Hyperspectral data (HATCH) model”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 41, No. 6, pp. 1223-1231.
- [8] C. Gordon, 2000, “A generalization of the Maximum Noise Fraction transform”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 38, No. 1, pp.608-610.
- [9] 강원대, 2008, 남극 대륙기지 예비후보지 선정을 위한 위성영상 분석, 극지연구소.
- [10] 김선화, 이규성, 마정립, 국민정, 2005, “초분광 원격탐사의 특성, 처리기법 및 활용 현황”, 대한원격탐사학회지, 제24권, 제4호, pp. 341-369.
- [11] 김인현, 오규식, 양희범, 2009, “토지적성평가 지표의 개선방안 연구”, 한국 GIS학회지, 제17권, 제2호, pp.201-212.
- [12] 광태식, 기정훈, 김영은, 전해민, 김시진, 2008, “지구 온난화에 따른 국내 과수자물 재배지 변화에 대한 GIS 예측 모형 연구”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제 10권, 제 3호, pp. 93-106.



김 선 화

2003년 인하대학교 공학석사  
2009년 인하대학교 공학박사  
2009년~현재 인하대학교 박사후과정 연구원  
관심분야는 원격탐사, GIS, 산림, 생태



김 태 훈

2002년 인하대학교 공학석사  
2010년 인하대학교 공학박사 수료중  
2002년~현재 한국건설기술연구원 전임연구원  
관심분야는 GIS, 원격탐사, u-City, 건설



홍 창 희

1999년 인하대학교 공학석사  
2006년 서울대학교 박사수료  
1999년~현재 한국건설기술연구원 전임연구원  
관심분야는 원격탐사, GIS, 건설IT융합