

KOMPSAT-2 위성 영상을 이용한 남극 세종기지 주변 바톤반도의 토지피복분류

김상일 · 김현철[†] · 신정일 · 홍순규

한국해양과학기술원부설 극지연구소

Land-Cover Classification of Barton Peninsular around King Sejong station located in the Antarctic using KOMPSAT-2 Satellite Imagery

Sang-il Kim, Hyun-cheol Kim[†], Jung-il Shin and Soon-gu Hong

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : Baton Peninsula, where Sejong station is located, mainly covered with snow and vegetation. Because this area is sensitive to climate change, monitoring of surface variation is important to understand climate change on the polar region. Due to the inaccessibility, the remote sensing is useful to continuously monitor the area. The objectives of this research are 1) map classification of land-cover types in the Barton Peninsular around King Sejong station and 2) grasp distribution of vegetation species in classified area. A KOMPSAT-2 multispectral satellite image was used to classify land-cover types and vegetation species. We performed classification with hierarchical procedure using KOMPSAT-2 satellite image and ground reference data, and the result is evaluated for accuracy as well. As the results, vegetation and non-vegetation were clearly classified although species shown lower accuracies within vegetation class.

Key Words : Remote Sensing, King Sejong Station, KOMPSAT-2, Land-cover, classification

요약 : 남극 세종 과학 기지가 위치하고 있는 바톤반도는 눈과 식생이 주를 이루고 있고, 기후변화와 같은 환경변화에 민감하게 반응한다. 극지역의 지표 모니터링은 기후변화 이해를 위해 중요하다. 그러나 극 지역은 접근성 및 공간규모로 인해 지속적으로 모니터링 하기에 어려움이 있다. 위성영상은 지속적으로 동일지역을 모니터링 할 수 있다는 장점과 함께 다중분광영역을 이용하여 지표의 상태를 파악하는데 효율적이다. 따라서 본 연구에서는 바톤반도의 지표의 상태를 지속적으로 모니터링하기 위한 기초자료로 KOMPSAT-2 다중 분광 위성영상을 이용하여 토지피복분류를 수행하였고, 나아가 분류된 토지피복 중 식생 종의 분포를 파악하였다. 다중분광영상인 KOMPSAT-2 위성영상과 현장관측자료를 이용하여 계층적 분류를 수행하였고 정확도를 평가하였다. 전반적으로 식생지역과 비식생 지역이 명확하게 분류되었으나 식생 중 분류에는 낮은 정확도를 보였다.

접수일(2013년 10월 1일), 수정일(1차 : 2013년 10월 18일), 게재확정일(2013년 10월 21일).

[†] 교신저자: 김현철(kimhc@kopri.re.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. Introduction

최근 발생하고 있는 기후변화는 수세기 동안 극지역을 지배하고 있던 기후시스템을 변화시키고 있다 (Serreze *et al.*, 2000). 특히 극지역은 기후 변화에 민감하게 반응하고 이로 인한 환경변화가 인류에게 미칠 영향은 불분명하다(McMichael *et al.*, 1999; Muller *et al.*, 1999; Walker, 2000; Stow *et al.*, 2004). 이처럼 기후변화에 민감한 극지역의 모니터링을 위해서는 지표의 상태를 보다 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 또한, 그 중 식생변화는 극지 환경변화를 두드러지게 보여주는 인자 중 하나로 기후와 생지화학적 순환(Biogeochemical cycle)에 중요한 역할을 한다(Sellers and Schmid, 1993; Lewis Smith 1984, 1990; Longton 1988).

이처럼 극지 환경 모니터링에 중요한 인자인 식생은 광범위한 분포와 낮은 접근성으로 인해 현장 조사 자료를 획득하는데 한계가 있다. 하지만 원격탐사는 이러한 한계를 극복할 수 있는 유용한 수단일 뿐만 아니라 동일 지역을 주기적으로 관측할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Fretwell *et al.*, 2011; A. Stow *et al.*, 2004). 또한 다중분광 원격탐사 자료에서 나타나는 고유의 분광 특성은 지표의 상태를 탐지하거나 분석하는데 유용하다(Jiang *et al.*, 2006). 이러한 장점들로 인해 지속적으로 원격탐사를 이용한 극지 육상 생태계와 관련된 연구들이 진행되고 있고 최근에는 기후변화와 관련하여 극지 식생에 대한 연구가 시도되고 있다. 그러나 국내에서는 위성영상을 활용한 극 지역의 연구사례가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 KOMPSAT-2 위성영상을 이용하여 남극 세종기지 주변 바톤반도의 토지피복분류(land-cover classification)를 수행하고 분류된 토지피복 중 대략적인 식생 종의 분포를 파악하였다.

2. Study area and Data sets

1) Study area: Barton Peninsula

킹조지섬은 연간 평균온도가 -2,8°C(여름 -1.3 ~ 2.7°C, 겨울 -15.5 ~ -1.0°C) 인 전형적인 해양성 기후로서 연간 대기온도의 변화가 적고 높은 상대습도와 일정한

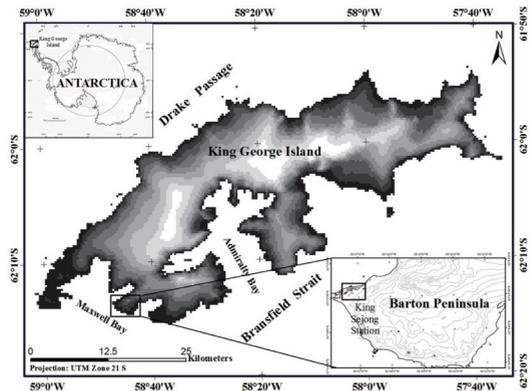


Fig. 1. Map showing the location of Barton Peninsula around King Sejong station in the King George Island, Antarctica.

한 구름을 갖는 것이 특징이다(Rakusa-Suszczewski *et al.*, 1993). 연구지역인 바톤반도는 서남극 남극반도에 평행하게 발달한 남쉐틀랜드 군도(South Shetland Islands)의 킹조지섬과 넬슨섬으로 둘러싸인 맥스웰만(Maxwell Bay) 연안에 있으며 위도 62.12°S~62.14°S, 경도 58.48°W ~ 58.42°W에 위치해 있다. 기후는 남극반도에 비해 습윤하고 온화한 해양성기후이다(Kim *et al.*, 2006). 또한 바톤반도는 대부분의 지역이 빙하로 덮여 있고 빙하와 눈 이외의 지역은 상대적으로 풍부한 식물들이 분포한다(Kim *et al.*, 2007). Fig. 1은 본 연구의 연구지역인 세종기지 주변 바톤반도를 나타낸다.

2) Datasets

(1) Satellite data

위성자료로는 다중분광영상인 KOMPSAT-2(2012년 2월 24일)를 이용하였다. KOMPSAT-2는 전정색(Panchromatic) 1 m, 다중분광(Multi Spectral) 4 m의 공간 해상도를 가진다. 분광해상도는 blue channel 부터 NIR channel까지 0.45 μm 에서 0.9 μm의 분광해상도(가시영역: 0.45 μm~0.69 μm, 근적외: 0.76 μm~0.90 μm)를 가지며 전정색 영상에서는 0.5 μm~0.9 μm의 분광해상도를 가진다. 기하보정은 2011년에 제작된 바톤반도 1:5000 수치지도를 이용하여 기하 보정을 수행하였고 대기보정은 MODTRAN(MODerate resolution atmospheric TRANsmision) 을 이용하여 수행하였다.

연구에서 사용한 데이터는 4개 밴드(Blue, Green, Red, NIR)와 3개의 식생지수 Normalized Difference Vegetation Index(Rouse *et al.*, 1974) , Ratio Vegetation Index(Pearson

and Miller, 1972), Green Normalized Difference Vegetation Index(Hansen and Schjoerring, 2003)를 이용하였다. 이는 위성 데이터의 각 밴드별 분광특성이 다양한 피복을 분류하는데 유용한 지표로 사용되며 식생지수는 식생이 가장 뚜렷하게 나타나는 적외선 밴드와 상대적으로 뚜렷하지 않은 밴드의 조합으로 사용된다(Kim *et al.*, 2011). 따라서 본 연구에서 사용된 식생지수는 다음과 같다.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

$$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN} \quad (2)$$

$$RVI = NIR \quad (3)$$

추가적으로 1차분류에서 분류하고자 하는 land, shadow/water, snow에 대한 현장관측자료가 존재하지 않기 때문에 KOMPSAT-2 위성 영상에서 육안판독을 통해 land, shadow/water, snow에 대해 각각 100개의 샘플 데이터를 추출하였다. 이렇게 선택된 샘플 데이터들 중에서 67%는 훈련집합으로 33%는 검증자료로 이용하였다.

(2) Ground reference data

현장 관측 자료는 2011년 11월 20일부터 2012년 2월 8일 동안 획득하였다. 각 site의 위치는 GPS(DGPS)를 이용하여 측정하였고, 위치 정확도는 ±10 cm 이다. 또한 총 88개 Site에서 식생의 종 구성을 조사하였고 주로 이끼류(moss)와 이끼류와 지의류(Moss & Usnea : mixed)가

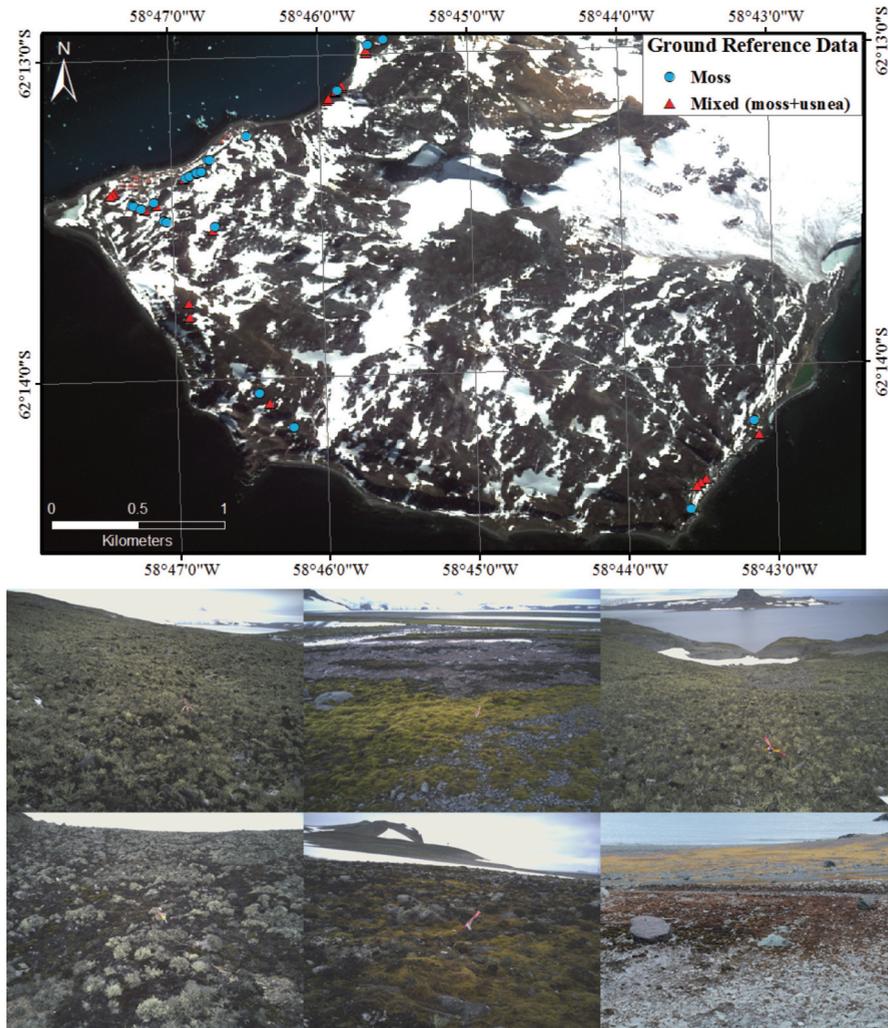


Fig. 2. Map showing the location of all ground reference data and illustration of Barton Peninsula vegetation reported in this study.

혼합되어 있는 형태로 분포한다(Fig. 2). 또한 본 연구에서는 이끼류는 moss로 이끼류와 지의류가 혼재된 지역은 mixed로 정의하여 표현하였다. 총 88개의 현장관측자료 중에서 영상의 촬영시점에 눈이 없는 해당 지역을 선택하였고 최종적으로 선택된 43개의 현장관측자료(Moss; 23 points, Mixed: 20 points)를 이용하였다. 또한 본 연구에서 식생 종을 분류하기 위한 3차분류에서 이용되었으며 43개의 현장관측자료는 중 67%는 훈련집단으로 33%는 검증자료로 이용하였다. 현장관측자료가 상대적으로 부족한 것은 사실이지만 지역적인 특수성으로 인해 많은 양의 자료를 얻는 것에는 한계가 있다.

3. Method

영상을 분류하기 위해 3단계를 거쳐 계층적 분류를 수행하였다. Fig. 3은 본 연구의 흐름도를 나타낸다. 1차분류는 최대우도법(maximum likelihood method)을 이용하여 land, snow, shadow/water로 3가지 class로 감독분류하였고 분류된 land class 내에서 무감독분류기법인 ISODATA(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)

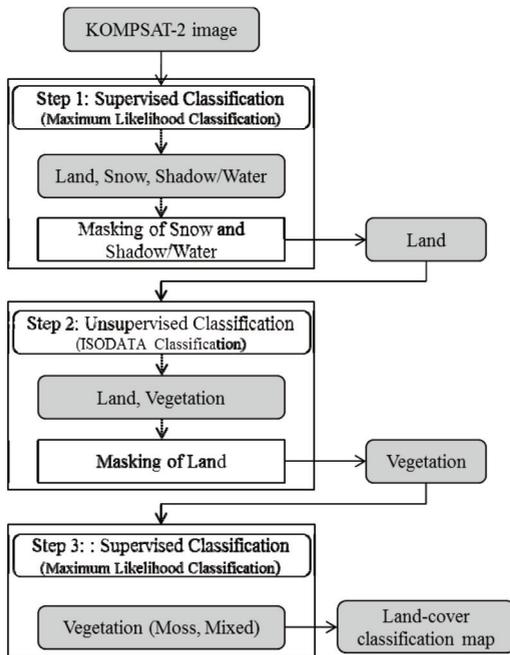


Fig. 3. Flow chart of land-cover classification method in Barton peninsula using Kompsat-2 satellite data.

를 이용하여 vegetation과 land class로 2차분류를 수행하였다. 또한 최종적으로 3차 분류에서는 2차 분류 결과 중 vegetation class 내에서 현장 관측자료와 함께 최대우도법을 이용하여 vegetation 중 분류(moss & mixed)를 수행하였다.

1) Maximum Likelihood

감독분류 중 가장 많이 사용되는 알고리즘인 최대우도법은 데이터가 정규분포임을 가정하고 각각의 화소에 속하는 class들의 확률을 계산하여 임의의 화소가 정해진 분류항목에 포함될 확률이 가장 높은 곳에 class를 분류하는 방법이다. 본 연구에서는 1차 분류에서 육안관독을 통해 추출된 100개의 샘플 데이터 중 67개의 훈련집단과 33개의 검증 데이터를 이용하여 3개의 class로 분류하였다. 또한 3차 분류에서 43개의 현장관측자료(Moss; 23 points, Mixed: 20 points) 중 67%는 훈련집단으로 33%는 검증자료로 이용하여 식생 종 분류를 수행하였다.

2) ISODATA

ISODATA는 가장 일반적으로 사용되고 있는 무감독분류법으로 위성데이터를 분류하는데 에도 널리 사용되어지며 특히 샘플 자료의 수가 제한적일 때 사용된다(Ivriin *et al.*, 1997; Cihlar *et al.*, 1998; Boles *et al.*, 2004). ISODATA는 정해진 개수의 초기 군집에 대한 중심 벡터를 임의로 설정하여 군집화를 수행하는 방법이다. 또한 반복 계산시 각 군집의 새로운 평균이 계산되며 군집정리 시 군집의 표준 편차 값을 분석하여 편차가 큰 경우 두 군집으로 분리된다. 이러한 군집 분리를 통해 해당화소의 분광 특성상 물리적 거리가 가장 가까운 군집으로 할당된다(Melesse and Jordan, 2002).

1차분류에서 육안관독으로 land, shadow/water, snow에 대한 샘플을 추출하여 land class내에 vegetation class가 포함되어 land와 vegetation class에 대한 경계가 명확하지 않다. 따라서 ISODATA 무감독기법을 이용해 vegetation과 land class로 2차 분류를 수행하였다.

4. Result and Discussion

본 연구에서는 남극 바톤반도의 토지피복과 식생분

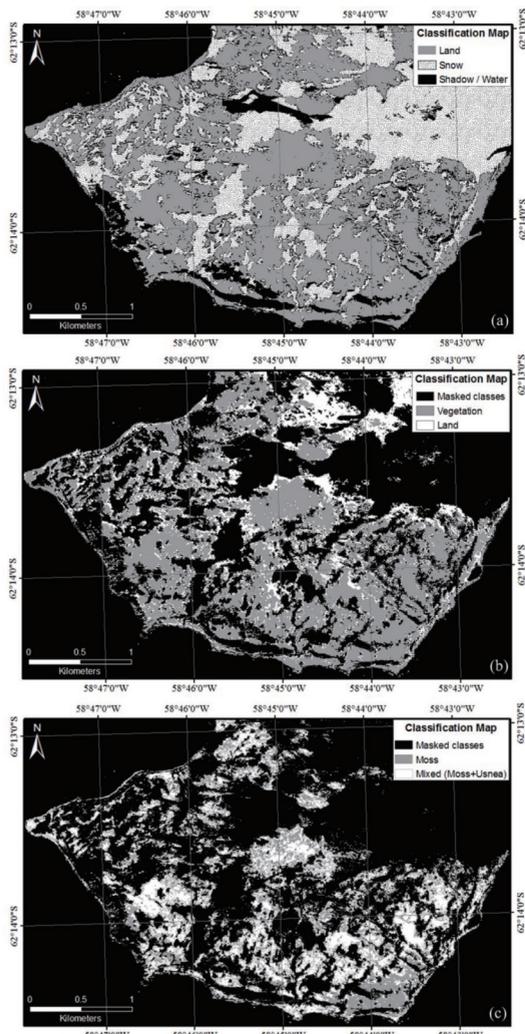


Fig. 4. 3 steps classification map of Kompsat-2; (a) Maximum likelihood classification map of land, snow and shadow/water classes(step1 classification), (b) ISODATA classification map of vegetation and land classes(step2 classification), (c) Maximum likelihood classification map of vegetation classes(step3 classification).

포를 파악하기 위해 3 단계 계층 분류를 수행하였다. 1 차 분류에서는 육안판독으로 추출한 훈련집단을 이용하여 감독분류를 수행하였으며 분류 결과는 Fig. 4(a)와 같다. 이렇게 분류된 3 class들의 분류 정확도는 육안판독을 통해 추출한 100개의 샘플데이터 중 33개의 검증 데이터를 이용하여 수행한 결과 93.9%로 높은 정확도를 보였다(Table 1). 이는 vegetation class를 land class로 통합하여 3개의 class들로(land, shadow/water, snow class) 분류하였기 때문에 non-vegetation class들의 분광특성이 상대적으로 뚜렷하게 나타난다.

2차 분류는 1차 분류 중 snow와 shadow/water class를 제외하고 재 분류를 수행함으로써 land class 내에서 vegetation class를 추출하고자 하였다. 이는 1차분류에서 land class 내에 vegetation class가 속해있어 두 class간의 기준이 모호하기 때문에 ISODATA 무감독분류를 이용하여 2개의 class로 재 분류를 수행하고자 하는 것이다(Fig. 4(b)). 따라서 수행된 2차 분류(land, vegetation class) 중 현장 관측 데이터 43개를 이용하여 vegetation class에 대한 분류 정확도를 수행한 결과 86.05%의 분류 정확도를 가졌다. 전반적으로 Fig. 4(b)에서 masking 지역을 제외하고 land 보다 vegetation class가 우점을 하고 있는 특성을 가지며 세종기지 주변 바톤반도의 식생이 넓은 지역에 고르게 분포하고 있다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 3차 분류에서는 종 분류 가능성을 알아보기 위해 vegetation class를 제외한 나머지 class들을 masking하였고 최대우도법을 이용하여 3차 분류를 수행하였다(Fig. 4(c)). 43개의 현장관측자료(Moss: 23 points, Mixed: 20 points) 중 각각의 33%를 검증 데이터로 이용하여 정확도를 평가했다. 전반적으로 non-vegetation class들에 비해 vegetation class들이 낮은 정확성을 보였다(Table 1). 그 원인은 각각의 식생 종들간에 나타나는 미

Table 1. Overall accuracy of land-cover classification map estimated from Kompsat-2

	Class	Area(m ²)	Ratio(%)	Classification accuracy(%)
Kompsat-2	Land	1482752	10.42	90.9 %
	Snow	4636352	32.58	100 %
	Shadow and water	4957936	34.84	90.9 %
	Moss	1370320	9.63	50%
	Mixed	1782592	12.53	60%
	Overall accuracy			78.36 %

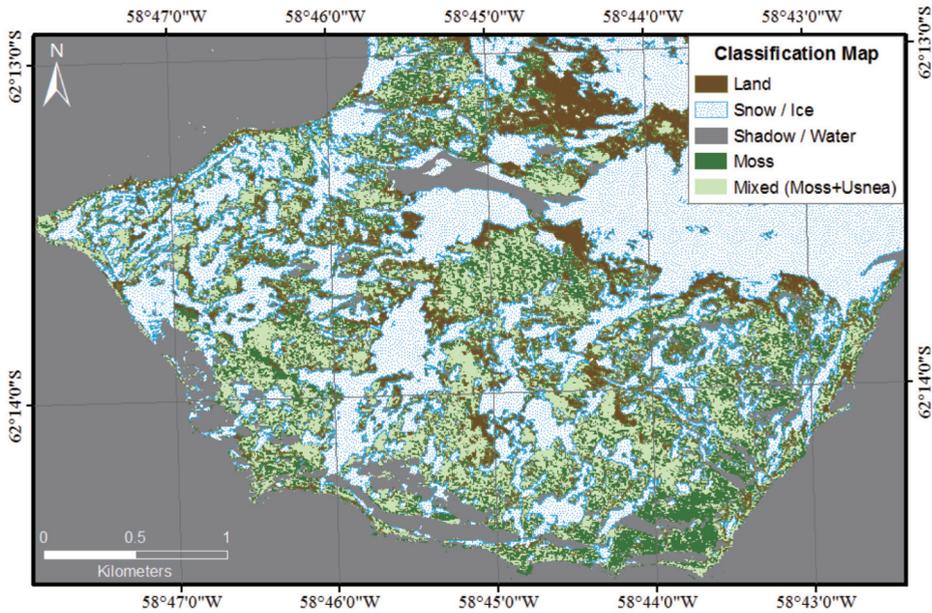


Fig. 5. Barton peninsula land-cover classification map(land, snow, shadow/water, moss and mixed classes.

세한 분광 특성들이 밴드폭이 넓은 다중분광영상에서는 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 볼 수 있다. 이처럼 1,2차 분류를 통해 분류한 land, shadow/water, snow class의 정확성도는 높은 반면 vegetation class에 대한 정확도는 상대적으로 낮았다. 따라서 식생 종의 분류는 한계점을 가진다는 것을 단적으로 알 수 있다.

최종적으로 분류된 5개의 class들을 이용하여 본 연구 지역인 바톤반도 내의 토지피복분류지도를 제작하였고 그 결과는 Fig. 5와 같다. 본 연구에서 관심을 가지고 있는 식생은 해안 주변에 주로 분포하고 있다. 이는 눈이 녹아 해안으로 유출되는 수분이 식생이 자랄 수 있는 성장 조건에 유리하기 때문인 것으로 사료된다. 또한 바톤반도 내의 주요 풍향인 북서풍과 남동풍이지만 바톤반도의 북쪽에 위치한 위버 반도가 북서풍을 차단함으로써 상대적으로 해풍에 의한 남쪽 해안 식생분포가 더 활발하게 나타나는 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2006). Fig. 2에서처럼 현장 관측 자료는 바톤반도의 지형적인 특성 때문에 접근이 가능한 해안지역과 세종기지 주변에 위치해 있고 기존 연구에서도 해안과 인접한 지역에 대해서만 연구가 진행되었다. 하지만 본 연구에서는 해안지역에 집중되어 있는 분포뿐만 아니라 내륙에 분포하는 식생분포를 확인 할 수 있었다.

5. Conclusion

극 지역의 모니터링 중 지표의 상태를 보다 정확하게 파악할 수 있는 토지피복도는 기후변화에 따른 육상생태계의 변화를 정량적으로 모니터링 하기 위해 주기적으로 제작할 필요가 있다. 또한, 그 중 기후변화에 민감한 식생의 변화에 주목할 필요가 있다. 본 연구에서는 KOMPSAT-2 위성영상을 이용하여 남극 세종기지 주변 바톤반도의 토지피복을 분류하고 나아가 식생분포를 파악하고자 했다. 이를 위해 계층적 분류를 실시한 결과 1, 2차 분류를 통한 land, shadow/water, snow, vegetation의 분류는 높은 정확성을 보인 반면 3차 분류를 통한 식생 종의 분류는 정확도가 급격히 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 밴드 폭이 넓은 다중분광영상에서 식생 종들 간의 미세한 분광 특성 차이를 구분하는 것에 한계가 있음을 보여준다. 따라서 다중분광영상은 토지 피복 분류도와 같은 전반적인 분포 특성을 파악하는 것에는 유용하지만 식생간의 세부적인 종 분류를 수행하는 것에는 한계가 있다고 생각된다.

향후에는 다양한 분류기법과 자료들을 융합하여 보다 정확한 분류 가능성을 파악할 필요가 있으며 기후변화에 따른 극지 환경변화를 모니터링하기 위해 장기적

으로 위성영상을 획득하고 분석할 필요가 있다고 생각된다.

사사

본 연구는 항공우주연구원의 “위성정보활용지원운영”사업의 지원으로 수행된 협동과제 “극지방아위성활용연구”와 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 기관고유사업인 “남극킹조지섬의 생물다양성과 생태계 변화 연구”의 지원으로 수행되었습니다.

Reference

- Boles S., X. Xiao, J. Liu, Q. Zhang, S. Munkhtuya, S. Chen and D. Ojima, 2004. Land cover characterization of Temperate East Asia using multi-temporal VEGETATION sensor data. *Remote Sensing of Environment*, 90: 477-489.
- Cihlar J., Q. Xiao, J. Chen, J. Beaubien, K. Fung and R. Latifovic, 1998. Classification by progressive generalization: A new automated methodology for remote sensing multichannel data. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2685-2704.
- Fretwell P.T., P. Convey, A.H. Fleming, H.J. Peat and K.A. Hughes, 2011. Detecting and mapping vegetation distribution on the Antarctic Peninsula from remote sensing data. *Polar Biol*, 34: 273-281.
- Hansen, P.M., and J.K., Schjoerring, 2003. Reflectance measurement of canopy using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*, 86: 542-553.
- Irvin, B.J., S.J. Ventura and B.K. Slate, 1997. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain in Pleasant Valley, Wisconsin, *Geoderma*, 77: 137-154.
- Jiang, Z., A.R. Huete, J. Chen, Y. Chen, J. Li, G. Yan and X. Zhang , 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 101(3): 366-378.
- Kim, J.H., I.Y. Ahn, S.G. Hong, M. Andreev, K.M. Lim, M.J. Oh, Y.J. Koh, and J.S. Hur, 2006. Lichen Flora around the Korean Antarctic Scientific Station, King George Island, Antarctic. *The Journal of Microbiology*, 44(5): 480-491.
- Kim, J.H., I.Y. Ahn, K.S. Lee, H.S. Chung, and H.G. Choi, 2007. Vegetation of Barton Peninsula in the neighbourhood of King Sejong Station(King George Island, maritime Antarctic). *Polar Biol*, 30: 903-916.
- Kim, S.I., K.S. Han, J.M. Yeom, 2011. An Efficiency Assessment for Reflectance Normalization of RapidEye Employing BRD Components of Wide-Swath Satellite. *Korea Journal of Remote Sensing*, 27(3): 303-314.
- Lewis Smith RI, 1994. Vascular plants as bioindicator of regional warming in Antarctica. *Oecologia* 99: 322-328.
- Longton, R.E., 1988. *The biology of polar bryophytes and lichens*, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Mcmichael, C.E., A.S. Hope, D.A. Stow, J.B. Fleming, G. Vourlitis, and W. Oechel, 1999. Estimating co2 exchange at two sites in arctic tundra ecosystems during the growing season using a spectral vegetation index. *International journal of remote sensing*, 20: 683-698.
- Melesse, A.M. and Jordan J.D., 2002, A Comparison of Fuzzy vs. Augmented-ISODATA Classification Algorithms for Cloud-Shadow Discrimination from Landsat Images, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68(9): 905-911.
- Muller, S.V., A.E. Racoviteanu, and D.A. Walker, 1999. Landsat MSS-derived land-cover map of northern Alaska: Extrapolation methods and a comparison with photo-interpreted and AVHRR-

- derived maps. *International Journal of Remote Sensing*, 20: 2921-2946.
- Pearson, R.L., and L.D., Miller, 1972. Reflectance measurement of canopy using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*, 86: 542-553.
- Rakusa-Suszczewski S, M. Mietus and J. Piasecki, 1993. Weather and climate. In: Rakusa-Suszczewski S(Ed.). The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw, *Polish Academy of Sciences*, 19-25.
- Rouse, J.W., R.H., Haas, J.A., Schell, D.W., Deering, and J.C., Harlen, 1972. *Monitoring the vernal advancement of retrogradation(green wave effect) of natural vegetation*, NASA/GSFC, Type 3, Final Report, Greenbelt, MD USA, 1-371.
- Sellers, P.J., and D.S. Schmid, 1993. Remote Sensing of the land biosphere and biogeochemistry in the EOS era: Science priorities-EOS land biosphere and biogeochemical cycles panels, *Global Planetary Change*, 7(4): 279-297.
- Serreze, M.C., J.E. Walsh, F.S. Chapin Iii, T. Osterkamp, M. Dyurgerov, V. Romanovsky, W.C. Oechel, J. Morison, T. Zhang, and R.G. Barry, 2000. Observational evidence of recent change in the northern highlatitude environment. *Climatic Change*, 46: 159-207.
- Stow, D.A., A. Hope, D. Mcguire, D. Verbyla, J. Gamon, F. Huemrich, S. Houston, C. Racine, M. Sturm, K. Tape, L. Hinzman, K. Yoshikawa, C. Tweedie, B. Noyle, C. Silapaswan, D. Douglas, B. Griffith, G. Jia, H. Epstein, D. Walker, S. Daeschner, A. Petersen, L. Zhou, and R. Myneni, 2004. Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic tundra ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 89: 281-308.
- Walker, D.A., 2000. Hierarchical subdivision of Arctic tundra based on vegetation response to climate, parent material and topography. *Global Change Biology*, 6: 19-34.