CNU Journal of Agricultural Science Vol. 41, No. 3, pp. 205-211, September 2014
DOI: http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2014.41.3.205

몽골 울란바토르 복드한산 자연보호지역의 산림훼손지 경년변화 분석

간조릭[1] · 이준우[2]* · 권형근[1] · 최성민[1] · 이명교[2]

[1]충남대학교 대학원, [2]충남대학교 산림환경자원학과

An analysis of year-to-year change of degraded forest land in Mongolia nature reserve Mt. Bogdkhan in Ulaanbaatar

Myagmar Ganzorig[1], Joon-Woo Lee[2]*, Hyeong-Keun Kweon[1], Sung-Min Choi[1], Myeong-Kyo Lee[2]

[1]*Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*
[2]*Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*

Received on 3 June 2014, revised on 1 August 2014, accepted on 7 August 2014

Abstract : Focused on Mt. Bogdkhan nature reserve in Mongolia, this study was conducted as a fundamental research to discover a tendency and characteristics of forest damage and to draw up measures for proper plans of forest restoration through an analysis of year-to year change using satellite images. In specific, land cover mapping was conducted by using Landsat images from 1994 to 2011, and then year-to year change was analyzed to investigate the features of forest damage in Mt. Bogdkhan. The results showed that the whole area of a reservation in Mongolia in 2011 was about 416.89 km^2; among them, forest area was 167,87 km^2, accounting for about 40.3%, followed by bare patch and grassland area (58.6%) and urban dry area (1.1%). In particular, compared in 1994, the area of forest in 2011 has increased by 6.12 km^2; while bare patch and grassland area has decreased by 10.81 km^2. Primary causes of forest degradation occurred in Mt. Bogdkhan nature reserve included illegal logging for fuel, forest and grassland degradation caused by domestic animals grazing, man-made forest fire, and disaster caused by insect pest.

***Key words* :** Satellite image, Land cover mapping, Degraded forest area, Remote sensing

I. 서 론

몽골은 아시아대륙의 중부에 위치하고 있으며, 바다가 없는 내륙 국가로 북쪽으로 러시아와 남쪽으로는 중국, 내몽골자치구와 국경을 접하고 있다. 국토면적은 1,566천km^2로 남한 전체 면적의 16배, 세계 면적의 1.2%에 해당하는 넓은 면적을 지니고 있다. 몽골의 산림지대의 면적은 18.5백만ha로, 전체 국토 면적의 11.9%를 차지하나, 실제 개발 가능한 산림은 5~6백만ha 정도로 추정하고 있다(MEF, 2011). 특히, 수도 울란바토르(Ulaanbaatar) 남쪽에 위치하는 복드한산 자연보호지역(Mt. Bogdkhan)은 1997년 UNESCO에 의해 생물권보전지역으로 선정되었으나, 무분별한 도시개발사업 등 여러 가지 요인에 의해 산림훼손지가 급속히 증가하고 있다. 이처럼 환경문제가 계속해서 대두됨에 따라 지속가능한 개발과 보전에 대한 관심이 증대되고 있으며, 자연자원의 효율적인 관리를 위해 원격탐사(Remote Sensing)나 지리정보시스템(GIS)을 이용한 환경정보시스템이 구축되고 있다.

산림지역을 대상으로 한 인공위성영상에 대한 연구를 살펴보면 산림식생의 분류, 산림지역의 모니터링, 산림지역의 식생분류를 통한 녹지자연도 등급구분 등의 분야에서 인공위성영상을 이용한 여러 가지 기법들이 소개되고 있다(Bae, 2003).

인공위성영상을 활용한 국내의 연구사례 중, Won과 Im(2001)은 Landsat 7 ETM+ 단일 영상을 사용하여 2001년 4월 강원도 영동 지방에서 발생한 산불 지역의 산불피해 등급지도를 작성하였고, Kwon 등(2003)은 Landsat TM band 간 연산데이터를 재사용하는 방법이 도시지역에 대

***Corresponding author:** Tel: +82-42-821-5749
E-mail address: jwlee@cnu.ac.kr

한 토지피복분류 및 지표정보 분석에 유용한 방법임을 증명하였다. 몽골을 대상으로 하는 인공위성영상을 활용한 연구를 살펴보면, Erdenechimeg(2010)은 Landsat 위성영상자료를 이용한 몽골 북서부 사막지역을 대상으로 하여 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), 감독분류, 무감독분류 방법에 의해 시간변화에 따른 토지피복의 상태변화를 분석하였고, E. SuldErdene(2012)는 Landsat 위성영상을 이용한 몽골 Tuv지역 토지피복변화 추이를 분석하였다.

몽골의 산림훼손에 관한 연구로는 Lee 등(2001)이 몽골 산림생태계에서 훼손된 산림의 식생 및 토양특성을 분석하였고, Park(2005)은 몽골 Khentii 남부지역에서 산불과 벌채로 훼손된 산림의 복원에 대한 생태학적 연구를 진행하였다. 현재 몽골의 산림훼손에 관한 연구는 계속 진행되고 있으나, 인공위성영상을 활용한 산림훼손에 관한 연구가 아직까지는 미미한 실정이다.

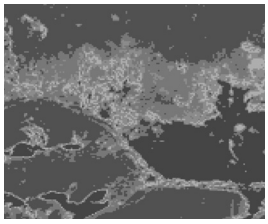
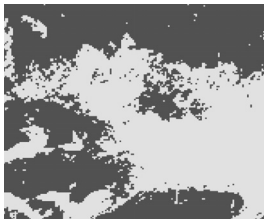
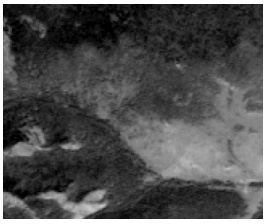
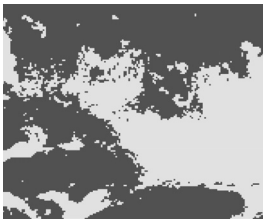
따라서 본 연구는 인공위성영상을 이용하여 몽골의 복드한산 자연보호지역의 토지피복분류와 경년변화분석을 통해 산림훼손의 경향 및 특성을 파악하고, 적절한 산림복구 방안을 마련하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

연구대상지는 몽골의 수도 울란바토르시 남쪽에 위치하는 복드한산 자연보호지역이며, 인공위성영상 사진은 1994년과 2011년의 자료를 이용하였고, 현장조사는 2013년 7월에 2회에 걸쳐 실시하였다.

토지피복분류는 어떠한 해상도로 분석하는가에 따라 이용할 인공위성영상이 달라질 수 있다. 이는 상세할수록 많은 정보를 가지지만, 복드한산 자연보호구역의 공간적 규모는 중분류 이하의 토지피복분류로 작업함에 있어 자료 및 시간적인 한계가 있기 때문에 대분류 토지피복분류가 가장 적합하다고 판단하여 대분류 작업을 위한 Landsat 5 TM을 사용하였다. 이후 공간해상도 30 m의 대분류 토지피복분류를 실시하였고, 환경부의 대분류 분류체계인 7항목을 사용하였다. 영상분류는 분류대상별 각 밴드의 반사특성에 입각한 영상의 분류와 패턴인식으로 나누어 볼 수 있으며, 처리과정에 따라 집단이 갖는 통계적 패턴을 구하여 분류를 수행하는 무감독분류법과 감독분류법, 그리고 이들을 결합한 혼성분류법으로 구분할 수 있다(ME, 2002). 본 연구에서는 정확도를 높이기 위해 혼성분류방법을 이용하여 토지피복분류를 실시하였는데(Table 1), 먼저 무감독분류는 K-means와 ISODATA를 통해 7단계로 분류하고, 다시 2단계(산림, 초지+나지)로 구분하였다. 이때 Class #1과 Class #2를 산림으로 분류하고, Class #3~#7을 초지 및 나지로 분류하였다. 그 후 영상 및 참조자료를 통해 감독분류 결과와 결합하여 보정작업을 실시하고 하나의 토지피복분류 영상을 완성하였다. 토지피복분류 결과의 검증은 복드한산 자연보호구역의 경계지점과 영상에서 차이가 발생하는 지점에 한해서 대표지역을 선별하여 현장조사를 통해 검증하였다. 이는 복드한산 자연보호지역이 수치지도를 비롯하여 지리정보에 대한 자료가 부족하고, 대상지가 광

Table 1. Process of land cover mapping.

Categorization	Unsupervized classification	Reclassification	Supervized classification	Supplementation
Contents	Unsupervized classification in analysis object region	Reclassification to 2steps result of unsupervized classification (7steps)	Classification to forest and none forest (grassland, bare patch)	Supplement through the reference data
Note	Classify 7steps for accuacy improvement	Reclassification to none forest result of unsupervized classification (grassland, bare patch)	Supervized classification through the RGB combine (3, 2, 1) BAND classification	Modification and supplement through the reference data (confused area to classification satellite image)
Figure				

범위 하기 때문에 검증작업을 진행하는데 따른 한계가 발생하였기 때문이다.

경년변화분석은 토지피복분류를 통해 산림이었던 지역이 산림 이외의 지역으로 변화한 지역을 추출하는 과정으로서, 이를 통해 훼손지역으로 파악된 지역들은 데이터베이스로 구축하여 산림훼손지역의 위치, 면적, 피복분류 유형들을 정리하고, 훼손지역이 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화하는지를 파악하였다. 토지피복분류의 결과가 Grid파일이기 때문에 경년변화의 분석은 ArcGIS 9.2를 이용하였다.

$$D = BV(1990s) \times 10 + BV(2000s) \times 1$$

*D : intergrated image value

*BV(Xs) : grid data of the Xs(year)

III. 결과 및 고찰

토지피복분류 결과(Table 2) 2011년 복드한산 보호지역의 전체 면적은 약 416.89 km^2로 나타났으며, 이중 산림지역으로 분류된 면적은 167.87 km^2로 전체의 약 40.3%를 차지하고 있는 것으로 조사되었고, 나머지 지역은 나지 및 초지지역이 58.6%, 시가화건조지역이 1.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 시기별로 살펴보면 전체적으로 1994년에 비해 2011년의 산림면적이 6.12 km^2가 증가하였으며, 반대로 나지 및 초지는 10.81 km^2가 감소한 것으로 조사되었다(Fig. 1, Fig. 2).

토지피복분류 결과를 통해 1994년과 2011년의 훼손된 산림을 정량적으로 분석하여 경년변화 및 산림훼손 원인을 조사하였다. 1994년 이후의 산림훼손지역은 1994년까지 산림이었던 지역이 2011년에 산림 이외 지역의 토지피복을 보이는 지역을 의미한다. 1994년 이후의 산림훼손지역은 12.8 km^2로 울란바토르 시가지와 인접한 북쪽과 북동쪽에 위치한 산림을 중심으로 초지 및 나지로 변화되었다. 반대로 산림이 증가한 지역은 18.9 km^2로 복드한산의 주봉인 체제궁봉을 중심으로 증가한 것을 알 수 있다(Table 3).

복드한산 자연보호지역의 산림훼손지에 대해 자세히 살펴보기 위해 사면향, 고도, 사면경사에 따른 훼손지의 분포를 알아보았다.

사면향에 따른 훼손지 분포현황을 살펴보면(Table 4), 북

Table 2. Result of land cover mapping in Mt. Bogdkhan.

Categorization	1994		2011	
	Area (km^2)	Rate (%)	Area (km^2)	Rate (%)
Total area	416.89	100.0	416.89	100.0
Forest area	161.75	38.8	167.87	40.3
Bare patch and grassland area	255.14	61.2	244.33	58.6
Urban dry area	-	-	4.69	1.1

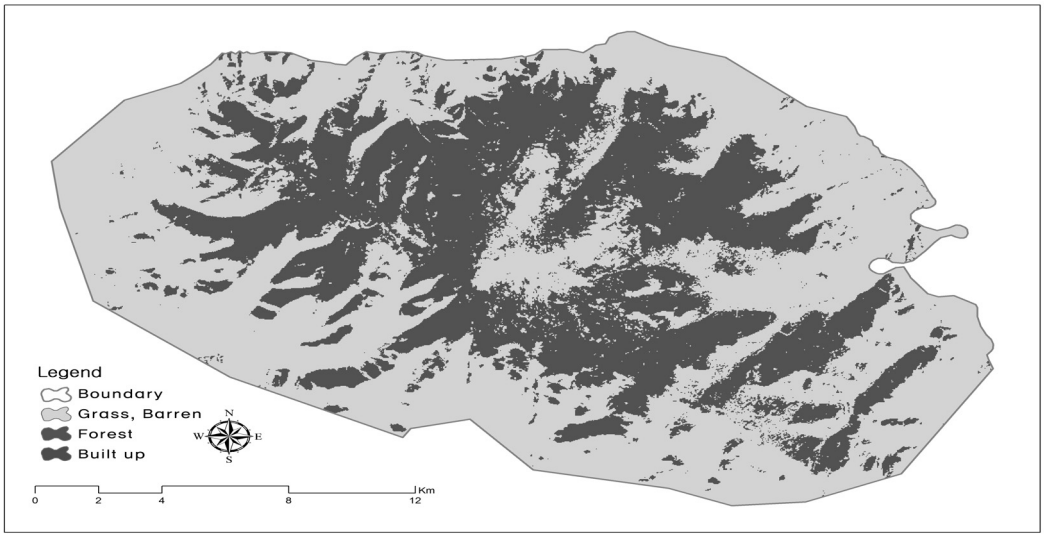


Fig. 1. Results of land cover mapping (1994).

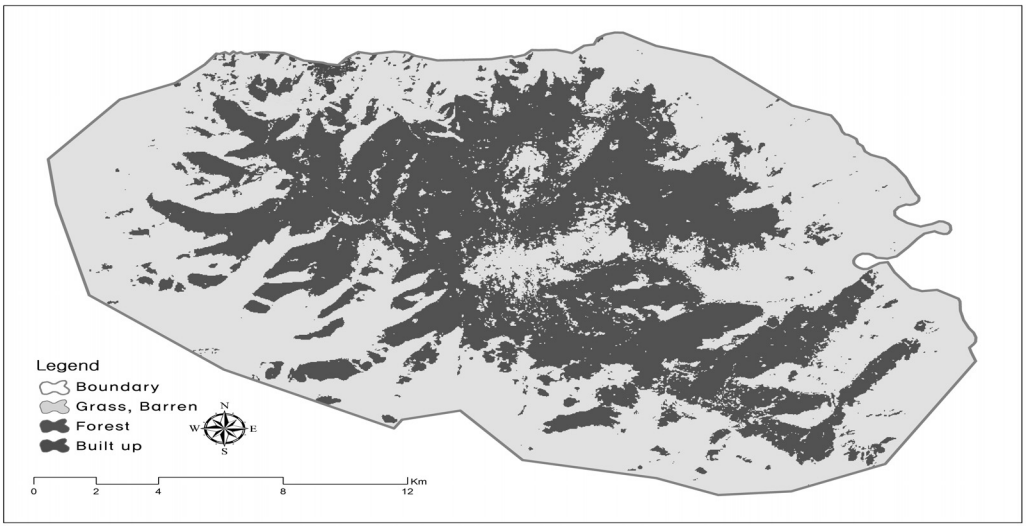


Fig. 2. Results of land cover mapping (2011).

Table 3. Variation of land cover mapping after 1994.

Categorization	Area (km^2)	Rate (%)
Degraded forest land	12.8	3.07
Increased forest land	18.9	4.54
None changed land	385.1	92.38

Table 4. Results of degraded land according to direction of slope.

Categorization	North	East	South	West
Total area (km^2)	160.87	84.72	98.81	72.33
Degraded forest land (km^2)	7.11	2.05	1.34	2.47

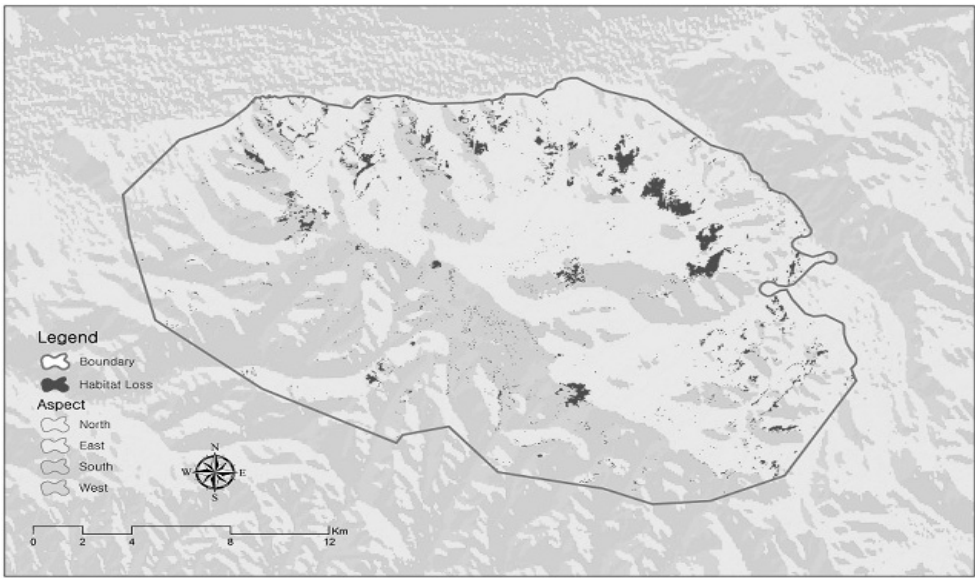


Fig. 3. Satellite image of degraded land according to direction of slope.

사면이 약 160.8 km^2이며, 이 중 산림훼손지가 약 7.11 km^2로 전체 훼손지 면적의 약 55%에 해당되며, 서사면이 19%, 동사면이 16%, 남사면이 10%를 차지하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

고도에 따른 훼손지 분포현황을 살펴보면(Table 5),

Table 5. Results of degraded land according to height.

Height (m)	Total area (km^2)	Degraded forest land (km^2)	Rate (%)
1,281 ~ 1,300	0.37	0.05	0.37
1,301 ~ 1,400	28.68	0.28	2.20
1,401 ~ 1,500	40.20	0.86	6.73
1,501 ~ 1,600	55.15	1.92	14.98
1,601 ~ 1,700	65.64	3.38	26.41
1,701 ~ 1,800	70.33	2.95	23.05
1,801 ~ 1,900	65.26	1.16	9.08
1,901 ~ 2,000	46.99	0.93	7.28
2,001 ~ 2,100	28.73	1.04	8.09
2,101 ~ 2,200	11.74	0.23	1.76
2,201 ~ 2,257	3.80	0.01	0.06

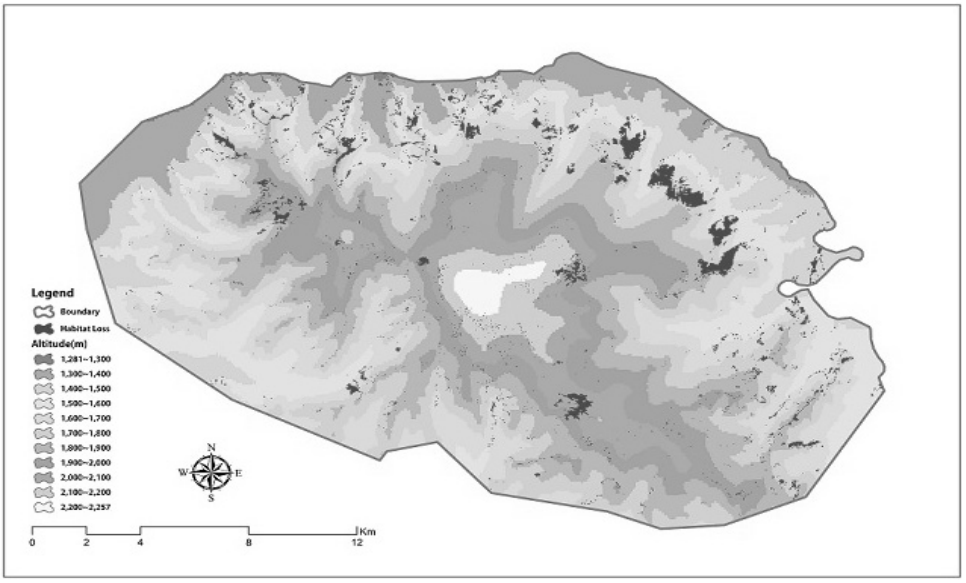


Fig. 4. Satellite image of degraded land according to height.

Table 6. Results of degraded land according to degree of slope.

Slope (%)	Total area (km^2)	Degraded forest land (km^2)	Rate (%)
0 ~ 10	29.26	0.57	4.46
10 ~ 20	68.14	0.97	7.59
20 ~ 30	110.35	2.95	23.03
30 ~ 40	112.85	5.17	40.35
40 ~ 50	67.89	2.46	19.16
50 ~ 60	26.38	0.69	5.35
60 ~ 70	2.04	0.01	0.06

1,501~2,000 m의 지역이 303.36 km^2로 전체 면적의 약 72.8%를 차지하고 있으며, 주로 2,000 m 이하의 고도에서 대부분의 산림훼손이 발생한 것으로 나타났다(Fig. 4).

사면경사에 따른 훼손지 분포현황을 살펴보면(Table 6), 대부분의 산림훼손이 발생한 지역은 사면경사 20~50% 지역인 것으로 나타났다. 또한, 30~40%인 지역은 112.85 km^2로, 이 중 산림훼손지(5.17 km^2)는 전체 산림훼손지 면적의 약 40%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 5).

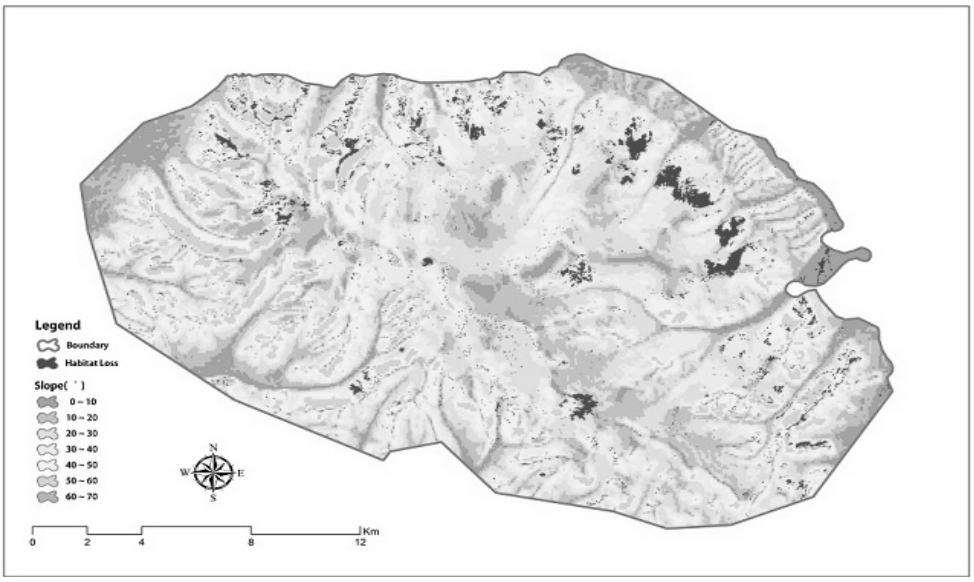


Fig. 5. Satellite image of degraded land according to degree of slope.

Table 7. The number of domestic animal in Mt. Bogdkhan.

Place	Horse	Cattle	Lamb	Goat	Total
Turgen	58	71	234	68	431
Jargalant	4	40	250	100	394
Artsat	25	45	-	-	70
Nuht	-	24	-	-	24
Khuush	-	10	-	8	18
Chandmani	27	3	30	82	142
Baruundelger	40	10	89	146	285
Ikh bulag	6	24	340	85	455
Uguumur	-	33	130	105	268
Hotgoid	1	17	36	54	108
Zuundelger	4	2	30	45	81
Manjushir	3	14	80	80	177
Airag	2	3	30	100	135
Zaisan	-	-	20	40	60
Ikh tenger	3	-	-	-	3
Bagatenger	66	22	-	-	88
Zalaat	-	10	-	-	10
Khurhree	-	22	27	19	68
Turkhurah	33	6	-	-	39
Shajinkhurah	1	10	40	59	110
Shirdegt	10	19	50	62	141
Shavart	51	49	210	111	421
Total	334	434	1,596	1,164	3,528

복드한산 자연보호지역에서 발생되는 주요 산림훼손의 원인을 살펴보면 가축의 방목으로 인한 산림 및 초지 황폐화, 인위적인 산불 등을 꼽을 수 있다. 현재 자연보호지역 내 가축수(Table 7)는 전체 가축 수 3,459마리 중 염소의 개체수가 약 78%를 차지하는 것으로 조사되었다. 염소와 같이 방목하여 키우는 가축들은 뿌리와 싹, 수목과 치수까

Table 8. Damage of forest fire in Mt. Bogdkhan.

Year	Place	Damaged Area (ha)
2010	Turkhurakh	7.0
	Turkhurakh	7.0
2011	Ulaan asgatiin enger	3.0
	Hiimoriin ovoo	1.5
	Jargalant	0.4
	Ikh tenger	0.2
2012	Jargalant	1.0
2013	Khurkheree	15.0
	Bogino	5.0
Total		40.1

지 먹기 때문에 산림의 황폐화를 가속화 시키고 있다. 산불의 경우, 최근 복드한산 자연보호지역에서 발생한 산불의 피해면적을 살펴보면 9개소에서 40.1 ha의 산불이 발생하였다(Table 8).

이처럼 가축의 방목과 산불로 인해 나지화 된 곳은 사람의 출입과 가축의 방목을 금지하고 주변 식생을 통해 훼손지의 자연천이를 유도 하는 노력이 필요하며, 산불 발생가능성이 높은 지역에는 능선부와 탐방로를 중심으로 방화수림대를 조상하여 산불 피해를 저감시키는 등의 노력이 필요한 실정이다.

IV. 결 론

본 연구는 복드한산 자연보호지역을 대상으로 인공위성영상을 이용한 토지피복분류와 경년변화분석을 통해 산림의 훼손 현황과 경향을 파악하고 훼손지역에 대한 전반적인 복원 계획을 수립하기 위한 기초적 연구로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Landsat 위성영상자료의 감독 및 무감독분류를 통해 토지피복상태를 분류한 결과, 2011년 산림지역은 40.3%, 나지 및 초지 58.6%, 시가화건조지역은 1.1%의 비율을 보이고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 1994년과 2011년의 토지피복분류 결과를 바탕으로 경년변화를 분석한 결과, 산림훼손지는 약 12.8 km^2로 조사되었으며, 산림이 증가한 지역은 약 18.9 km^2로 주봉인 체제궁봉을 중심으로 증가하였다. 산림훼손지를 사면향, 고도, 사면경사에 따라 분석한 결과, 북사면(7.11 km^2), 고도 1,600~1,700 m 지역에서 3.38 km^2 (26.4%)로 가장 많이 분포하였다. 또한 경사의 경우 30~40% 지역에서 5.17 km^2 (40.4%)로 가장 많이 나타나는 것으로 조사되었다.

주요 산림훼손의 원인을 살펴보면, 방목으로 인한 산림 및 초지 황폐화, 인위적인 산불에 의한 재해 등을 꼽을 수 있는데, 산불과 방목 이외에 병해충, 자연보호구역 주변지역의 인구증가, 각종 개발압력과 건조한 기후로 인해 산림훼손이 더욱 증가될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

Bae JH, 2003. Use of satellite data for forest type classification in warm-temperate region. M.S. thesis, Honam Univ., Gwangju, Korea. [in Korean]

Erdenechimeg. 2010. Detection of land cover change using landsat image data in desert area. M.S. thesis, Incheon National Univ, Incheon, Korea. [in Korean]

E. SuldErdene. 2012. Analysis of the transition land cover using landsat satellite imagery in Tuv. Mongolia. M.S. thesis, Chonbuk National Univ. Jeonju, Korea. [in Korean]

Kwon BK, Yamada K, Niren T, Jo MH. 2003. A study on the landcover classification using band ratioing data of Landsat-TM. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 6:80-91.

Lee DK, Park YD, Jeon Y. 2001. Degradation Patterns of Forest Ecosystem and Vegetation and Soil Properties of Degraded Forests in Mongolia. pp. 67-68. Korean Forest Society, Korea.

MEF(Mongolia Ministry of Environment and Forest). 2011. Report of Forest Resources in Mongolia. pp. 2.

Ministry of Environment. The Production of Land Cover Map Using Satellite Imagery Data. 2002. pp. 255.

Park YD. 2005. Ecological studies on rehabilitation of forests degraded by fire or logging in Southern Khenti, Mongolia. Ph.D. dissertation, Seoul National Univ., Seoul, Korea. [in Korean]

Won KY, Im JH. 2001. Fire severity mappping using a single post-fire landsat 7 ETM+ imagery. Journal of the Korean Society of Remote Sensing 17:85-97.