위성영상 분석에 기반한 북한 산림복구 전투 9년 차 종합 평가 및 전망

정성학 | 한반도안보전략연구원 영상분석센터장 | chungsh1024@naver.com

Ⅰ. 요약

북한식 국토녹화사업인 산림복구 10개년 전투가 2015년에 시작되어 마감 연도인 2024년도 저물어가고 있다. 위성영상 자료를 이용하여 북한 산림복구 성과를 가늠해 보았다. 미국 지질조사국(USGS)에서 제공하는 MODIS 토지이용 자료를 분석했으며, 2001~23년[1]까지 23년간 산림과 황폐지의 변동 실태를 살펴본 결과, 북한 산림이 무분별한 남벌 등으로 2001년 이래 지속 감소하다가 2015년을 기점으로 증가세로 반등하여 이후 지속 늘어나고 있는 것으로 파악됐다. 2015년이면 북한이 산림복구 전투를 전국적으로 개시한 첫해인데, 위성영상 분석에서 녹화 성과가 그대로 드러난 것이다. 산림복구 성과를 구체적으로 알아보기 위해 산림녹화 시작 전해인 2014년부터 2023년까지 최근 9년간 산림 변동과 황폐지 개선 실태를 위성영상 자료를 이용해서 지리정보시스템(GIS) 분석과 함께 살펴보았다. 분석에서 산림이 늘고 황폐지가 감소한 것으로 나타났는데, 지난 9년간 산림이 증가한 면적은 당초 10년간 목표의 약 79.1% 수준에 도달한 것으로 파악된다. 특히 2023년 한 해에만 476,572ha(전체 목표의 28.3%)의 산림을 조성했으며, 이러한 속도라면 목표 연도인 2024년까지 전체 계획량을 달성하기에 무리는 없을 것으로 전망된다. 황폐지를 복구하고 산하를 푸르게 가꾸려는 북한의 노력이 이번 분석에서 성과를 보이는 것으로 파악돼서 우선은 고무적이고 긍정적인 것으로 평가된다. 하지만, 취사 및 난방 등 주민 생활에 나무가 땔감으로 주로 이용되는 연료문제의

1) 2024년 MODIS 토지이용 자료는 미국 지질조사국 의뢰를 받은 메릴랜드 대학 산림연구팀에서 분석 중이며, 2025년에 일반에게 공개될 전망이다. 자료가 확보되면, 북한 산림녹화 총 10년 차를 마무리하는 종합 분석을 진행할 계획이다.

근본적 해결이나 개선 없이는 작금의 산림복구 성과는 회의적으로 본다. 장기적 관점에서 국토녹화 성공 여부가 지속될지에 대해서도 의문으로 남는다. 주민 통제와 단속에 의한 강압적 산림정책의 성과는 한시적이고 언제든 다시 산림이 황폐해져서 과거로 퇴보할 수 있다는 것이 우려되는 점이다. 대체 연료 개발 및 보급이 산림녹화와 함께 병행해서 추진돼야 할 선결 과제인 것으로 판단된다.

Ⅱ. 연구 배경

북한은 해마다 장마철이면 많은 비로 홍수가 나서 마을이 물에 잠기거나 농경지가 침수되거나 떠내려가고, 도로가 유실되고, 산사태가 발생하는 등 지속되는 재해를 입어 왔다.[2] 연례행사처럼 반복되는 자연재해를 방지하기 위해 북한이 산에 나무를 심는 산림녹화 프로젝트를 2015년부터 진행해 오고 있다.[3] '황금산・보물산 가꾸기 운동'이라는 이름으로 시작된 북한식 산림복구 전투가 2015년부터 2024년까지 10년간 진행되고 있다. 북한식 녹화사업은 2015년 신년사에서 김정은이 "전당・전군・전민이 산림복구 전투를 힘 있게 벌려 조국 산들에 푸른 숲이 우거지게 해서 온 산을 황금산・보물산으로 만들자"라고 강조하면서 시작된 것이다.[4] 올해로 10개년 녹화사업 목표 연도인 2024년에 접어들었다. 북한식 녹화사업이 지금까지 이룬 성과를 위성영상 자료를 활용해서 분석해 보고, 실태와 전망 등을 조망해 보았다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 위성영상

위성 영상자료는 미국 항공우주국(NASA)에서 운용하는 TERRA 및 AQUA 위성이 촬영한 MODIS(MODerate-resolution Imaging Spectro-radiometer) 데이터를 활용했다. 분석대상 연도는 MODIS 영상이 일반에게 공개되기 시작한 2001년부터 최근까지 23년간의 자료를

2) 정성학, 「[잠깐] 위성영상 판독법 활용 '북한 산림·농업' 이해도 제고」, 『농민신문』, 2022. 8. 6.
3) 정성학, 「[하늘에서 본 북녘] 최근 남북 산림변화…북한 늘고, 남한 줄고」, 『DAILY NK』, 2022. 3. 9.
4) 정성학, 「[객원칼럼] 북한의 산림복구 10개년 전투, 일부 성과 나타나」, 『DAILY NK』, 2021. 5. 21.

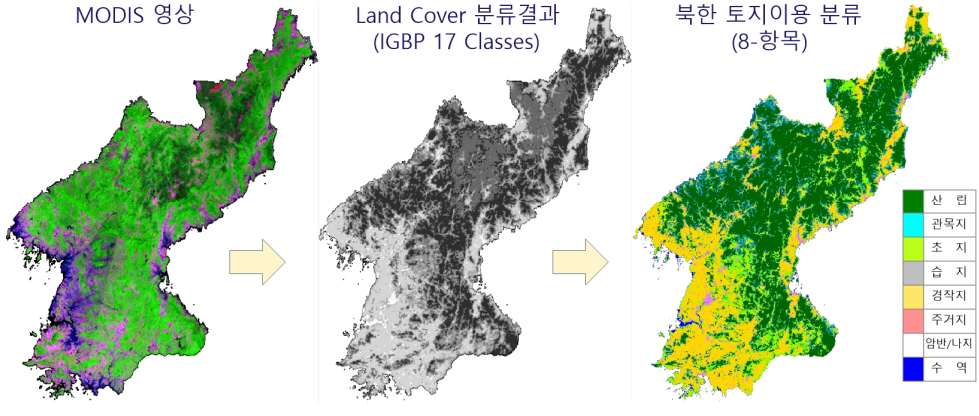
대상으로 하였다. 자료 출처는 미국 지질조사국(USGS)에서 운영하는 웹사이트(https://earthexplorer.usgs.gov)에서 내려받았으며, 자료는 북한 전역을 촬영하는 데 3장이 소요돼서 연간 3장씩 23년간 총 69장을 확보하여 분석했다.

2. 분석방법

북한 전역에 대해 연도별로 3장씩 내려받은 MODIS 자료에 대해 전처리 작업을 먼저 실시하였다. 북한 산림 분석을 위해 MODIS 자료 중에서 토지이용 자료인 MCD12Q1 IGBP 데이터를 이용했는데, 이 자료는 미국의 메릴랜드 대학 산림연구팀에서 작성한 것이다.[5] 메릴랜드 대학에서 미국 지질조사국(USGS)과 협력하여 2001년부터 최근까지 20여 년간 분석한 자료를 공개해 오고 있다. 전 세계를 대상으로 산림 및 토지이용 실태를 MODIS 영상을 이용해서 Decision Tree 및 Artificial Neural Network 기법으로 심층 분석하고 결과를 매년 일반에게 공개하고 있다.[6],[7]

데이터 전처리 과정에서 북한 토지이용 자료(MCD12Q1 IGBP) 3장을 내려받고, 모자이크 처리를 한 다음 좌표변환(WGS 84 North UTM Zone 52)을 실시했다. 이후 북한지역을 적출하고 토지이용 항목을 분류했는데, 원래 자료에는 17개 항목으로 세분된 것을 연구

[그림 1] 북한 토지이용도 작성 절차 : MODIS 토지이용 자료(MCD12Q1 IGBP) 모자이크 및 좌표보정(UTM WGS 84 N Zone), 북한지역 적출 및 항목 조정(17개→8개)



5) Chung, B. S., "North Korean Forestlands Have Rebounded in Recent Years," *38 NORTH*, December 31, 2020(https://www.38north.org/2020/12/bchung201231/ 접속일: 2024. 12. 5).
6) MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.0: MODIS Land Cover and Land-Cover Change.
7) User Guide to Collection 6 MODIS Land Cover (MCD12Q1 and MCD12C1) Product.

목적에 맞게 8개로 항목을 조정했다. 분류 항목(8개)은 산림, 관목림, 초지, 습지, 경작지, 주거지, 암반/나지, 수역으로 나누었다. 이와 같은 방식으로 2001년에서 2023년까지 23년간 총 69장의 자료에 대해 반복 처리했으며, 절차를 그림으로 표현해 나타내면 [그림 1]과 같다.

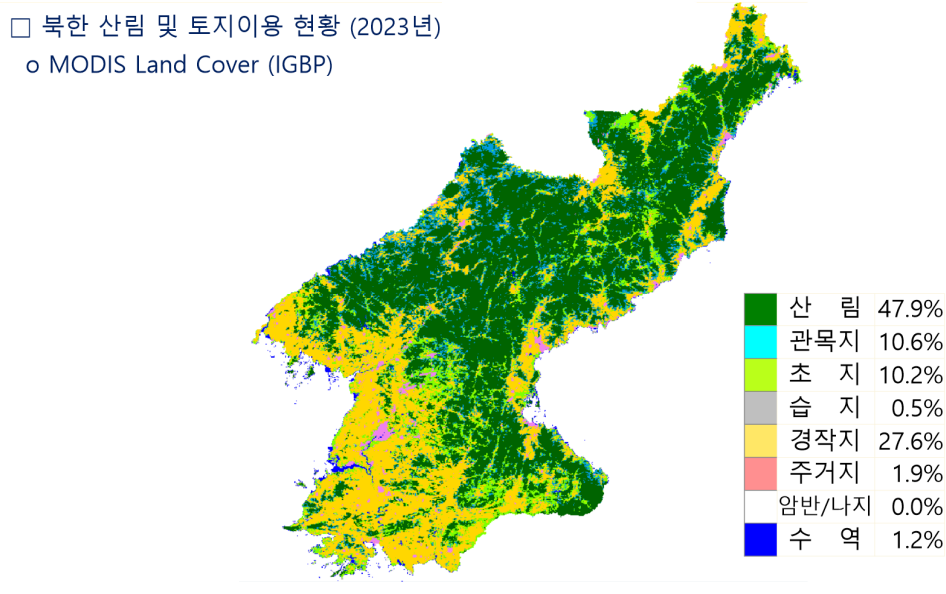
영상처리 소프트웨어에 ERDAS Imagine을 이용했고, 지리정보시스템(GIS) 분석에 ArcMAP을 사용해서 벡터 자료를 처리했다. 또한 북한 전역 경사도를 작성하는 지형 분석에는 해상도 30m의 수치고도자료(DEM)를 활용했다.

Ⅳ. 분석 결과

1. 북한 2023년 토지이용도

자료 전처리 과정을 거치고 북한지역을 ERDAS aoi 자료를 이용해서 적출하는 등 과정을 통해서 작성한 2023년 토지이용 자료는 [그림 2]와 같다.

[그림 2] 2023년 북한 토지이용도

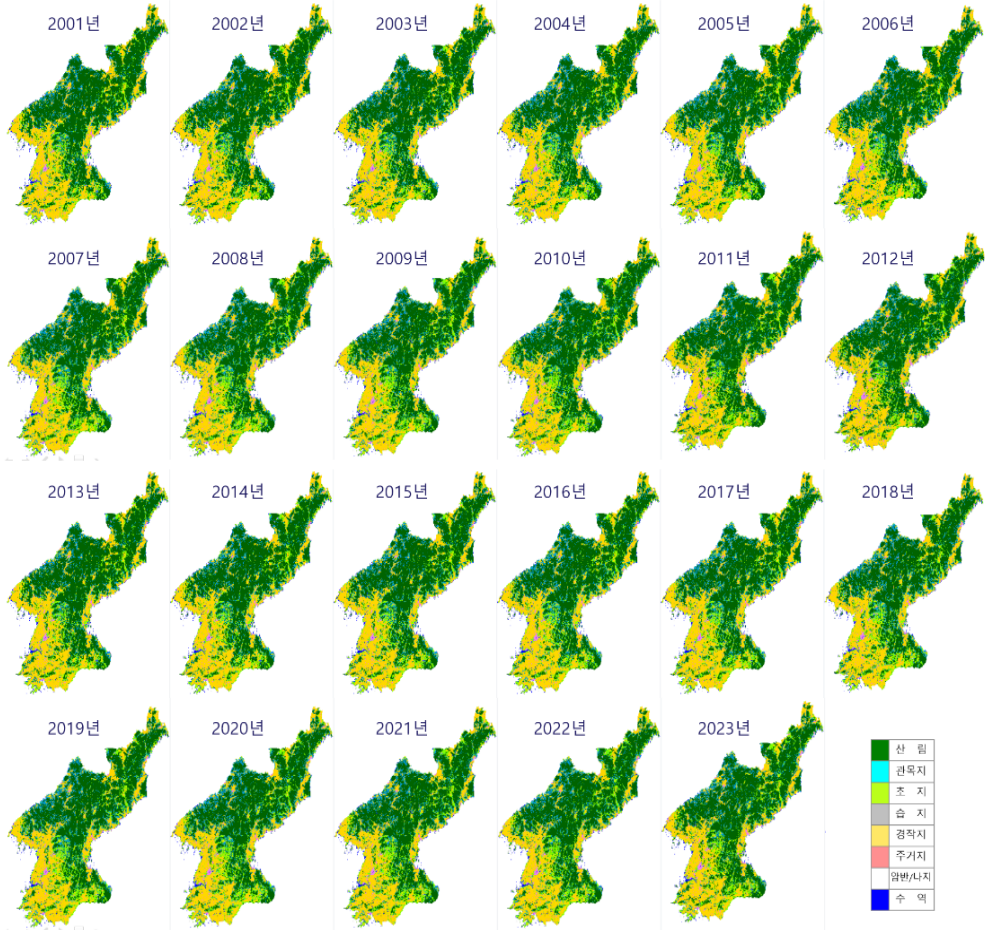


2023년 북한 토지이용 실태는 산림이 47.9%, 경작지가 27.6%, 초지 10.2%, 관목지 10.6%, 기타가 3.6%를 차지하는 것으로 파악됐다. 2024년 MODIS 토지이용 자료는 미국 지질조사국(USGS)에서 아직 공개하지 않았는데, 현재 메릴랜드 대학 연구팀에서 분석 중인 것으로 파악되며, 통상시와 같이 2025년 상반기에 결과가 공개될 것으로 기대한다.

2. 북한 23년간 토지이용도 변화(2001~23년)

위와 같은 방식으로 총 69장의 MODIS 자료를 대상으로 2001년부터 2023년까지 산림 및 토지이용 실태를 나타내는 토지이용도를 시계열로 작성해서 [그림 3]에 나타냈다.

[그림 3] 북한 토지이용도 변화: 23년간(2001~23년)



3. 북한 23년간 토지이용 면적 변화(2001~23년)

[그림 3]의 23년간 토지이용도를 바탕으로 산림, 관목지, 초지, 경작지 등 8개 항목에 대해 연도별로 분포 면적을 산출했고, 통계분석을 위해서 시계열로 〈표 1〉에 각 면적 수치를 세부적으로 정리해서 나타냈다.

〈표 1〉을 살펴보면, 2001년과 2023년 사이에 산림과 경작지는 줄어든 것으로 파악된다. 산림이 2001년 616만ha에서 2023년 593만ha로 약 23만ha가 줄었고, 논·밭 경작지는 2001년 352만ha에서 2023년 342만ha로 10만ha가 감소한 것으로 나타났다. 반면, 초지와 습지는 늘어난 것으로 분석됐는데, 황폐화 현상에 기인해 증가한 것으로 판단된다.

〈표 1〉 북한 연도별 산림 및 토지이용 면적 변화(2001~23년)

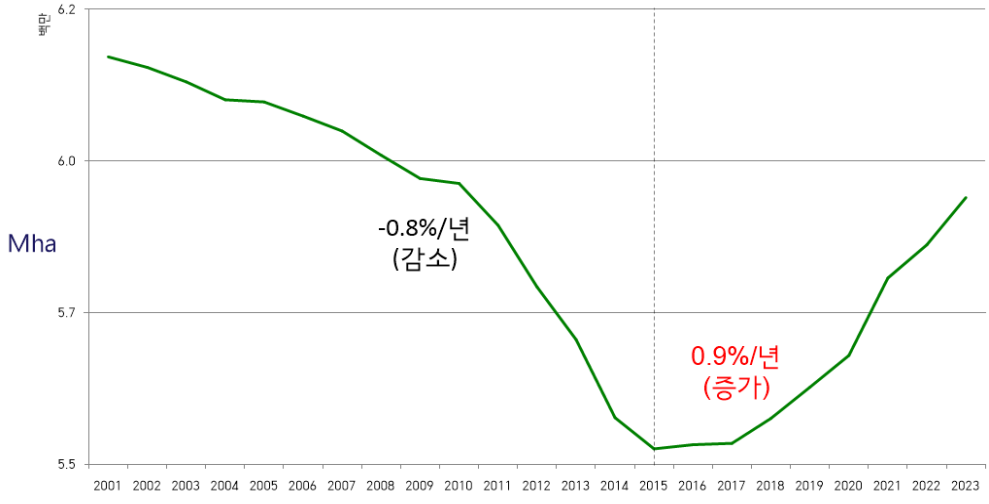
구분	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계
2001년	6,162,960	1,299,584	1,003,968	56,672	3,523,488	186,032	6,800	145,968	12,385,472
2002년	6,145,792	1,299,488	1,024,976	56,640	3,519,696	186,160	6,384	146,336	12,385,472
2003년	6,122,256	1,313,728	1,066,560	57,456	3,486,224	186,240	6,096	146,912	12,385,472
2004년	6,093,136	1,330,336	1,111,344	57,584	3,453,424	186,304	5,824	147,520	12,385,472
2005년	6,089,552	1,334,608	1,142,320	57,184	3,421,504	186,448	5,712	148,144	12,385,472
2006년	6,066,528	1,319,072	1,190,800	57,024	3,411,424	186,752	5,552	148,320	12,385,472
2007년	6,042,240	1,284,064	1,245,296	57,712	3,414,992	186,960	5,488	148,720	12,385,472
2008년	6,002,896	1,239,984	1,297,632	58,320	3,445,344	187,152	5,552	148,592	12,385,472
2009년	5,965,056	1,239,904	1,342,464	58,560	3,437,968	187,248	5,584	148,688	12,385,472
2010년	5,956,976	1,244,512	1,337,056	58,464	3,446,896	187,360	5,424	148,784	12,385,472
2011년	5,888,944	1,267,488	1,364,768	58,800	3,463,856	187,536	5,376	148,704	12,385,472
2012년	5,788,496	1,370,992	1,364,416	59,856	3,459,952	187,824	5,296	148,640	12,385,472
2013년	5,703,008	1,452,656	1,368,736	61,488	3,457,504	188,240	5,472	148,368	12,385,472
2014년	5,575,872	1,518,736	1,435,488	63,776	3,448,768	189,312	5,872	147,648	12,385,472
2015년	5,525,216	1,533,520	1,456,816	65,376	3,460,928	190,192	6,080	147,344	12,385,472
2016년	5,531,968	1,519,616	1,474,064	68,976	3,447,424	190,448	6,256	146,720	12,385,472
2017년	5,534,176	1,501,952	1,513,600	69,312	3,422,544	191,440	6,112	146,336	12,385,472
2018년	5,574,784	1,473,824	1,565,552	67,488	3,359,184	192,512	5,792	146,336	12,385,472
2019년	5,625,536	1,372,752	1,600,416	66,480	3,374,176	194,288	5,592	146,032	12,385,472
2020년	5,677,161	1,392,100	1,573,039	64,624	3,331,466	195,344	5,970	145,768	12,385,472
2021년	5,803,152	1,282,192	1,446,592	66,272	3,397,870	236,800	5,488	147,136	12,385,472
2022년	5,857,216	1,262,496	1,395,152	61,968	3,418,832	236,848	5,216	147,744	12,385,472
2023년	5,933,925	1,318,357	1,258,941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472

4. 23년간 북한 산림면적 변화(2001~23년)

〈표 1〉의 면적 통계자료를 바탕으로 산림에 대해서 23년간 시계열 변동 상황을 [그림 4]에서 그래프로 나타내어 살펴봤다.

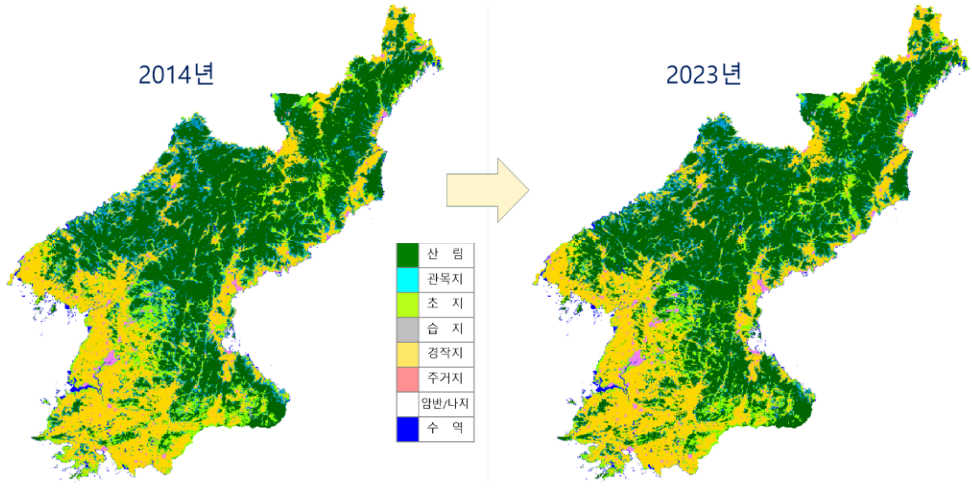
그래프에서 북한 산림면적이 2001년부터 지속 내리막으로 감소하다가, 2015년을 기점으로 반등하여 증가하는 것으로 나타났다. 2015년이면 북한이 '황금산·보물산 가꾸기'라는 산림복구 전투 10개년 사업을 시작한 해이며, 첫해의 사업성과가 MODIS 자료 분석에서도 그래프와 같이 일치하는 것으로 드러난 것이다.

[그림 4] 북한 연간 산림면적 변화 추세(2001~23년)



5. 북한 산림녹화 전후 연도 비교: 2014년 vs 2023년

[그림 5] 북한 토지이용도 변화: 9년간(2014년 vs 2023년)

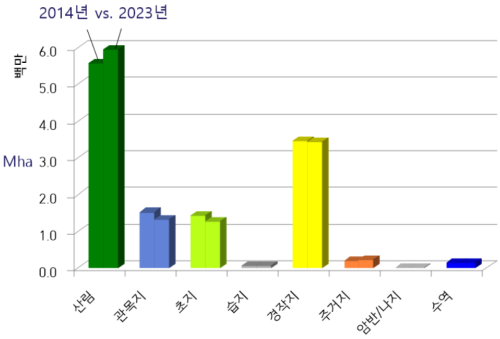


〈표 2〉 토지이용 면적 변화

(단위: ha)

	2014년	2023년	증감
산림	5,575,872	5,933,925	6.4%
관목지	1,518,736	1,318,357	-13.2%
초지	1,435,488	1,258,941	-12.3%
습지	63,776	65,415	2.6%
경작지	3,448,768	3,418,842	-0.9%
주거지	189,312	236,046	24.7%
암반/나지	5,872	4,719	-19.6%
수역	147,648	149,227	1.1%
계	12,385,472	12,385,472	

[그림 6] 토지이용별 연도별 면적 비교



북한 산림복구 전투가 시작되기 전년도인 2014년과 9년이 지난 2023년간 토지이용 변화를 항목별로 살펴보았다.

〈표 2〉에서 2014~23년까지 9년간 산림, 주거지 면적은 넓어진 반면 관목지, 초지, 경작지 등은 감소한 것으로 분석됐다. 특히 산림이 9년간 서울 면적 60,524ha의 약 5.9배인 358,053ha가 증가한 것으로 파악됐다.

6. 토지이용 변화대조표 작성 및 분석: 9년간(2014년 vs 2023년)

〈표 3〉 토지이용 항목별 연도별 변화대조표(2014년 vs 2023년)

(단위: ha)

	2023년									Overall Change = 20.0%
2014년	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계	Loss
산림	5,178,928	257,040	116,016	1,696	20,224	688		1,280	5,575,872	7.1
관목지	448,325	740,059	170,416	2,416	152,864	2,128		2,258	1,518,736	51.3%
초지	237,312	157,712	718,704	15,728	255,104	32,624	544	17,760	1,435,488	49.9%
습지	6,704	5,120	10,112	28,800	1,840	1,632	224	9,344	63,776	54.8%
경작지	58,736	155,552	225,744	2,583	2,962,890	40,351	16	2,896	3,448,768	14.1%
주거지	912	666	4,365	160	22,858	158,623	80	1,648	189,312	16.2%
암반/나지			496	384	32		3,504	1,456	5,872	40.2%
수역	3,008	2,208	13,088	13,648	3,030		351	112,315	147,648	23.9%
계	5,933,925	1,318,357	1,258,941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472	
Gain	12.7%	43.9%	42.9%	56.0%	13.3%	32.8%	25.7%	24.7%		

2014년과 2023년 9년간 토지이용 실태의 항목별 변화를 상호 대조표를 만들어서 구체적으로 비교해 보았다.

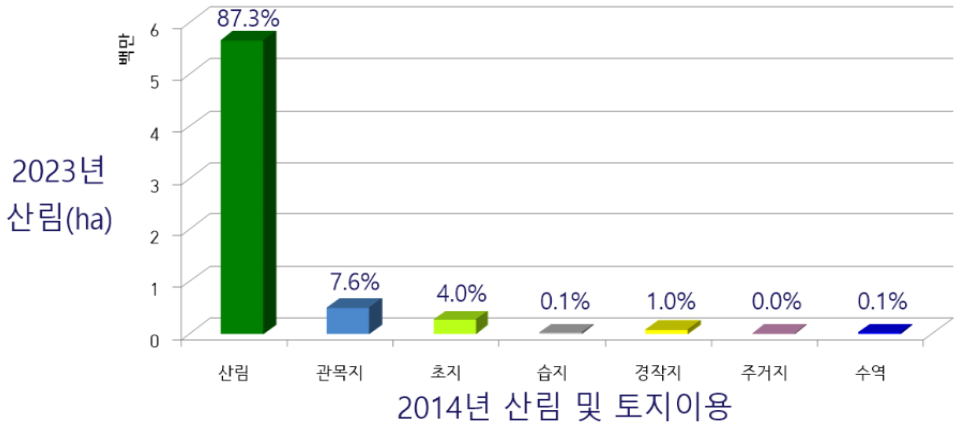
세로축에 2014년 항목을, 가로축에 2023년 토지이용 항목을 배열하고, 9년간 변화 동향과 상호 관계를 항목별로 살펴보면 〈표 3〉과 같다.

산림 첫 줄 가로축이 나타내는 것은 2014년 산림(5,575,872ha)이 9년 후인 2023년에 92.9%(5,178,928ha)가 산림 그대로 보전돼 있고 나머지 7.1%의 산림은 관목지, 초지, 습지, 경작지 등 기타 항목으로 변질 또는 훼손(Loss)됐다는 것을 의미한다.

세로축의 산림 첫 줄을 보면, 2023년 전체 산림(5,933,925ha)은 9년간 보전된 산림이 87.3%(5,178,928ha)를 차지하고 여기에 더해져 관목지, 초지, 습지, 경작지 등이 조림 또는 갱신돼서 산림으로 늘어난 것(Gain)이 12.7%를 차지하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉에서 9년간 산림 변화를 보면, 2014년 5,575,872ha에서 2023년 5,933,925ha로 6.4%(358,053ha)가 늘어난 것으로 분석됐다. 9년간 산림 변화(Gain)를 막대그래프로 나타내어 토지이용 항목별로 살펴보면 [그림 7]과 같다.

[그림 7] 2014년 대비 2023년 산림 증가 내역



2023년 산림 5,933,925ha 중 87.3%가 9년 동안 그대로 보존된 산림(5,178,928ha)이고, 나머지도 2023년에 산림화(조림 또는 갱신)된 것인데, 이 중 관목지가 7.6%, 초지 4.0%, 습지 0.1%를 차지하는 것으로 파악됐다.

Ⅴ. 북한 산림녹화 성과 평가: 2014~23년 9년간

1. 산림 변화대조표 분석

토지이용 변화대조표(Change Matrix)를 작성해서 9년간 북한 산림복구 전투의 녹화 성과를 토지이용 항목별로 분석하고 평가했다.

〈표 4〉에서 세로축의 산림 첫 줄을 보면, 2014~23년간 산림이 늘어난 것을 항목별로 구체적으로 살펴볼 수 있다. 2014년에 관목지, 초지, 습지 등이었던 754,997ha가 조림 및 갱신되어 산림으로 바뀐 것으로 나타났는데, 산림화 즉, 수림화가 이뤄진 것이다. 2023년 산림의 12.7%(Gain)를 차지하는 것으로 파악됐다.

〈표 5〉에서 9년간 관목지 변화를 같은 방식으로 살펴보았다. 2023년 관목지(1,318,357ha) 중에는 2014년에 초지, 습지, 경작지 등이었던 321,258ha가 관목림으로 변한 것으로 나타났다. 관목림이 증가한 것은 본 연구에서 위성영상을 분석한 결과, 조림지 또는 갱신지의 어린

〈표 4〉 2014년 대비 2023년 산림 증가 내역 대조표

(단위: ha)

	2023년									Overall Change = 20.0%
2014년	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계	Loss
산림	5,178,928	257,040	116,016	1,696	20,224	688		1,280	5,575,872	7.1
관목지	448,325	740,059	170,416	2,416	152,864	2,128		2,258	1,518,736	51.3%
초지	237,312	157,712	718,704	15,728	255,104	32,624	544	17,760	1,435,488	49.9%
습지	6,704	5,120	10,112	28,800	1,840	1,632	224	9,344	63,776	54.8%
경작지	58,736	155,552	225,744	2,583	2,962,890	40,351	16	2,896	3,448,768	14.1%
주거지	912	666	4,365	160	22,858	158,623	80	1,648	189,312	16.2%
암반/나지			496	384	32		3,504	1,456	5,872	40.2%
수역	3,008	2,208	13,088	13,648	3,030		351	112,315	147,648	23.9%
계	5,9[illegible]925	1,318,357	1,258,941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472	
Gain	12[illegible]%	43.9%	42.9%	56.0%	13.3%	32.8%	25.7%	24.7%		

○ 산림 증가: 754,997ha(2014년 비산림 → 2023년 산림화)

〈표 5〉 2014년 대비 2023년 관목지 증가 내역 대조표

(단위: ha)

	2023년									Overall Change = 20.0%
2014년	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계	Loss
산림	5,178,928	257,040	116,016	1,696	20,224	688		1,280	5,575,872	7.1
관목지	448,325	740,059	170,416	2,416	152,864	2,128		2,258	1,518,736	51.3%
초지	237,312	157,712	718,704	15,728	255,104	32,624	544	17,760	1,435,488	49.9%
습지	6,704	5,120	10,112	28,800	1,840	1,632	224	9,344	63,776	54.8%
경작지	58,736	155,552	225,744	2,583	2,962,890	40,351	16	2,896	3,448,768	14.1%
주거지	912	666	4,365	160	22,858	158,623	80	1,648	189,312	16.2%
암반/나지			496	384	32		3,504	1,456	5,872	40.2%
수역	3,008	2,208	13,088	13,648	3,030		351	112,315	147,648	23.9%
계	5,933,925	1,3[illegible]357	1,258,941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472	
Gain	12.7%	43[illegible]%	42.9%	56.0%	13.3%	32.8%	25.7%	24.7%		

○ 관목림 증가: 321,258ha(2014년 비관목림 → 2023년 관목림화)
- 조림 / 갱신 추정(묘목 or 치수 등)

나무들이 자라서 숲을 이룬 것으로 평가된다.[8] 어린나무나 묘목을 심은 곳은 위성영상에서 봤을 때 초지로 보이는 특성이 있다(나대지로 보이는 경우도 간혹 있다). 즉, 조림지의 치수들이

8) 정성학, 「[줌인 북한] 북 산림, 7년간 서울 면적 3.8배 증가」, 『자유아시아방송』, 2023. 6. 1.

자라서 관목림을 이룬 것인데, 9년 전과 변함없이 관목지인 740,059ha를 제외한 신규로 늘어난 관목지(321,258ha)는 조림 또는 갱신지 나무가 자라서 숲을 이룬 것으로 평가하는 것이다. 역으로, 2014년 산림이 2023년 관목지로 바뀐 257,040ha는 벌채 등에 의해 산지가 훼손된 것으로 판단된다.

〈표 6〉에서 토지이용 변화대조표에서 초지의 변화를 살펴봤다. 2023년 초지 1,258,941ha 중 2014년에 기타 습지, 경작지 등이었던 253,805ha가 9년이 지난 다음 초지로 바뀐 것으로 나타났는데, 이 또한 어린나무를 심고 자란 것이 초지가 된 것으로 평가된다.[9] 위성영상 분석에서 치수림은 통상 초지로 분류되는데, 본 연구에서 초지 증가 면적 253,805ha는 조림 또는 갱신 과정을 거쳐서 산림화가 진행된 지역으로 간주하는 것이다.

다음으로 〈표 7〉을 통해 토지이용 변화대조표에서 2014년에 산림이었던 것이 훼손되어서 2023년에 기타 토지이용 항목으로 변한 가로축의 세부 내역을 살펴봤다. 〈표 7〉에서 가로축 첫 줄(산림)을 보면 2014년 산림 5,575,872ha 중 2023년에 관목지, 초지, 습지 등으로 바뀐 면적이 396,944ha인 것으로 파악되었다. 이는 9년 사이에 산림이 벌채 등으로 훼손(Loss)돼서 감소한 면적을 나타내는 것으로 2014년 산림의 7.1%가 손실된 것으로 파악됐다.

〈표 6〉 2014년 대비 2023년 초지 증가 내역 대조표

(단위: ha)

	2023년								Overall Change = 20.0%	
2014년	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계	Loss
산림	5,178,928	257,040	116,016	1,696	20,224	688		1,280	5,575,872	7.1
관목지	448,325	740,059	170,416	2,416	152,864	2,128		2,258	1,518,736	51.3%
초지	237,312	157,712	718,704	15,728	255,104	32,624	544	17,760	1,435,488	49.9%
습지	6,704	5,120	10,112	28,800	1,840	1,632	224	9,344	63,776	54.8%
경작지	58,736	155,552	225,744	2,583	2,962,890	40,351	16	2,896	3,448,768	14.1%
주거지	912	666	4,365	160	22,858	158,623	80	1,648	189,312	16.2%
암반/나지			496	384	32		3,504	1,456	5,872	40.2%
수역	3,008	2,208	13,088	13,648	3,030		351	112,315	147,648	23.9%
계	5,933,925	1,318,357	1,25[illegible]941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472	
Gain	12.7%	43.9%	4[illegible]%	56.0%	13.3%	32.8%	25.7%	24.7%		

○ 초지: 253,805ha(2014년 비초지 → 2023년 초지화)
- 조림 / 갱신 추정(묘목 or 치수 등)

9) 정성학, 「[하늘에서 본 북녘] 북한 산림 늘고, 남한 산림 줄고」, 『DAILY NK』, 2024. 4. 19.

〈표 7〉 2014년 산림의 9년 후 변화 내역(2023년 대비)

(단위: ha)

	2023년									Overall Change = 20.0%
2014년	산림	관목지	초지	습지	경작지	주거지	암반/나지	수역	계	Loss
산림	5,178,928	257,040	116,016	1,696	20,224	688		1,280	5,575,872	7.1
관목지	448,325	7[illegible]059	170,416	2,416	152,864	2,128		2,258	1,518,736	51.3%
초지	237,312	1[illegible]712	718,704	15,728	255,104	32,624	544	17,760	1,435,488	49.9%
습지	6,704	[illegible]120	10,112	28,800	1,840	1,632	224	9,344	63,776	54.8%
경작지	58,736	1[illegible]552	225,744	2,583	2,962,890	40,351	16	2,896	3,448,768	14.1%
주거지	912	[illegible]666	4,365	160	22,858	158,623	80	1,648	189,312	16.2%
암반/나지			496	384	32		3,504	1,456	5,872	40.2%
수역	3,008	[illegible]208	13,088	13,648	3,030		351	112,315	147,648	23.9%
계	5,933,925	1,3[illegible]357	1,258,941	65,415	3,418,842	236,046	4,719	149,227	12,385,472	
Gain	12.7%	4[illegible]%	42.9%	56.0%	13.3%	32.8%	25.7%	24.7%		

○ 산림 감소: 396,944ha(2014년 산림 → 2023년 벌채 / 훼손)
- 산림이 9년간 관목지, 초지, 습지, 경작지 등으로 전환

2. 북한 산림녹화 평가

토지이용 변화대조표를 통해 살펴본 것을 바탕으로 2014~23년 9년 동안 북한이 산림복구 전투에 쏟은 노력의 성과를 다음과 같이 분석하고 평가해 봤다.

가. 목표 대비 성과

북한이 산림녹화 프로젝트를 시작하기 전인 2014년부터 2023년까지 9년간 산림이 증가한 면적은 754,997ha(표 4 참조)인 것으로 분석됐고, 관목림이 증가한 것은 321,258ha(표 5 참조), 초지는 253,805ha(표 6 참조)가 늘어난 것으로 각기 파악됐다. 여기서 관목림과 초지가 증가한 것은 토지이용 변화대조표에서 살펴본 것처럼 본 연구에서는 조림 또는 갱신에 의해 산림이 늘어난 것으로 평가한다. 여기서 산림 증가와 관목림 증가, 초지 증가분을 모두 합하면 1,330,060ha(= 754,997ha + 321,258ha + 253,805ha)의 면적이 나오는데, 본 연구에서는 이 수치를 북한이 산림녹화 9년 기간에 이룬 총 실적으로 평가한다. 즉 9년간 133만여ha의 산림을 신규로 조성했다는 것이다. 북한은 산림복구 전투 10년간 168만 2천ha의 산림을 새로 조성할 것이라는 계획을 밝힌 바 있다(2014년 IUFRO 국제대회 북한 비공개자료).

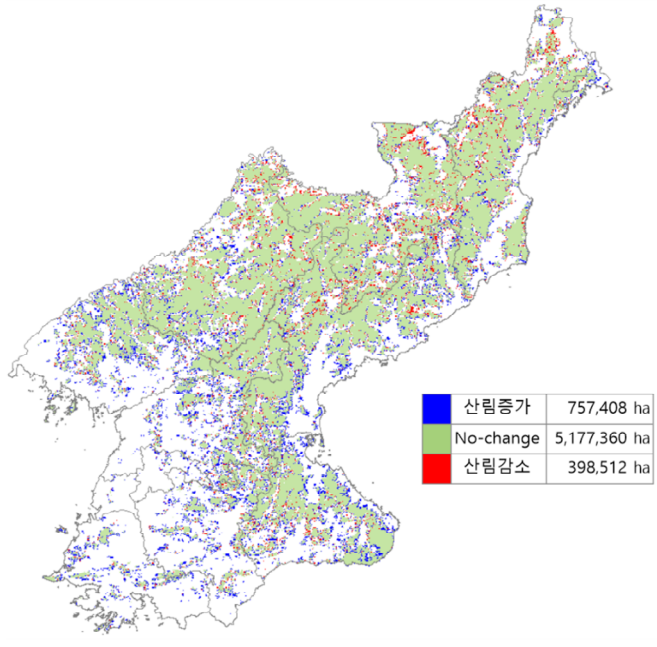
10년간 산림 조성 목표치 168만 2천ha에 대비해 보면, 신규 산림 조성 면적 133만여ha는 계획의 약 79.1%를 달성한 것으로 평가된다. 10년간 목표 대비 80% 정도 수준을 달성했다는 것인데, 이러한 속도라면 목표 연도인 2024년까지 계획량을 100% 달성하는 것이 그런대로 가능할 것으로 평가된다.

나. 산림녹화 성과 지리적 위치 분석 - 증가 또는 감소 지역 평가

토지이용 변화대조표에서 파악된 산림 변화 지역에 대해서 지리적으로 분포 실태를 살펴보았다. 즉 산림이 증가 또는 감소한 지역의 위치, 분포 및 범위를 변화 분석 이미지 프로세싱 기법을 적용해서 분석하고 검토한 것이다.

변화 분석 영상처리에서 Image Differencing 기법을 적용했으며, 이는 [그림 3]에서 파악된 2023년 산림지도에서 2014년 산림지도를 뺀 것이다.[10] 산림이 증가한 지역은 파란색, 감소한 지역은 붉은색으로 나타냈는데, 평양 등 도심 내륙 평야지대에서는 산림이 증가한 곳이

[그림 8] 북한 산림 증가 또는 감소 지역: 9년간 변화(2014년 vs 2023년)



10) Chung, B. S. and J. P. Samantha, "Reforestation Progress and Backsliding in North Korea's Northern and Southern Regions," *38 NORTH*, May 19, 2021(https://www.38north.org/2021/05/reforestation-progress-and-backsliding-in-north-koreas-northern-and-southern-regions/ 접속일: 2024. 12. 5).

집중된 반면 자강도, 양강도, 함경북도 등 북부 산간지대에서는 여전히 벌채 등에 의해 산림이 훼손되고 감소하는 것으로 파악됐다. 나무를 베지 못하게 하는 국가의 엄격한 단속 및 통제가 내륙 도심과는 달리 북부 산간 오지에는 행정력이 크게 미치지 못한 까닭인 것으로 판단된다.[11]

Ⅵ. 요약 및 결론

1. 북한 산림복구 전투 강압에 따른 부작용과 폐해

데일리NK와 자유아시아방송(RFA), 연합뉴스 등 국내외 언론 보도 및 탈북민들의 증언과 진술 등을 종합하면, 북한이 산림복구 10개년 전투 사업을 추진함에 있어서 주민 통제 및 단속에 주로 의존하는 억압과 강제하에 엄격히 진행되는 것으로 전해진다.[12],[13] 북한에서 나무를 베는 것은 지도자와 당의 방침을 거스르는 반항 및 반역 행위로 간주되며, 강력히 통제하고 있다는데, 어려운 경제 여건 속에서 강압적 산림정책이 오랜 기간 이어지면서 주민 불만이 늘어나고 피로와 고달픔이 더욱 가중되고 있는 것이 현실이라고 한다.

산림복구 전투 기간 지속되는 북한의 강압적 산림정책으로부터 생겨나는 주민 불만과 고충 등 민간 폐해를 살펴봤다. 첫째로 산사태 및 침식을 막기 위한 산지 보호정책의 일환으로 산비탈의 개간과 경작을 금지했는데, 비탈산을 개간해서 경지를 일구고 밭작물에 의지해서 먹고살던 주민들의 생계수단이 막히면서 생활고가 가중되고 있다. 또한 땔감을 채취하는 행위는 물론이고 매매까지 국가에서 금지했고, 연료를 구하지 못하는 주민들이 취사 및 난방 등 일상생활에 애로를 겪는 실정이라고 한다. 그리고 산지 보호 및 환경개선 명목으로 김정은이 공동묘지 철거를 지시했고, 매장문화를 폐지하면서 화장 처리할 것을 종용하고 있다는데, 이에 대한 반발로 주민들이 초상이 나면 밤에 몰래 산에 가서 시신을 비밀리에 묻고, 봉분이나 비석도 없이 평토장 처리하고 있으며, 식구들만 알도록 매장 위치 표식만 겨우 해 놓는다고 전해진다. 본보기로 북한은 지도자가 제기한 산림정책에 불만을 표기한 자를 공개 처형한 바가 있다. 2015년에 당시 최영건 내각 부총리가 산림정책에 불만을 표출하자 부총리의 성과가 부진하다는 이유를 들어 총살 처형했다.[14]

---

11) 정성학, 「[정성학 위성포커스] 북한 산림 점차 증가...산림복구 전투, 성과와 한계」, 『SPN』, 2023. 6. 29.
12) 정성학, 「[하늘에서 본 북녘] 산림복구 전투 10년 중간평가… "갈길은 멀다"」, 『DAILY NK』, 2022. 1. 17.
13) 정성학, 「북한의 산림, 김정은 체제 이후 조금씩 증가…인민들의 땔감 문제는?」, 『국민통일방송』, 2022. 4. 28.
14) 『연합뉴스』, 「"북한 김정은, 최영건 내각 부총리도 총살 처형"(종합2보)」, 2015. 8. 12.

2. 마무리 및 제언

산림복구 전투를 통해 황폐지를 복구하고 산하를 푸르게 하려는 북한의 노력이 이번 위성영상 분석에서 일정 부분 성과를 보이는 것으로 나타났으며, 이에 대해 우선은 고무적이고 긍정적인 것으로 평가된다. 하지만 취사 및 난방 등 일상생활에서 주민들이 나무를 땔감으로 사용하는 현 여건에서, 장기적 관점의 성과는 회의적이고, 성공 여부도 의문으로 남는다. 강압적 산림정책이 느슨해지는 순간 산림은 얼마 못 가서 황폐해지고, 과거로 되돌아갈 것이 우려되는 실정인 것이다. 취사 및 난방을 위해 대체 연료를 개발해서 나무 땔감을 대체할 것이 요구되는데, 석탄이나 연탄을 생산해서 주민들에게 저가에 널리 보급하는 것이 무엇보다 긴요해 보인다. 북한은 자칭 풍부한 석탄 지하 매장량을 자랑한다. 외화벌이를 위해서 석탄을 중국에 덤핑(헐값) 수출하던 것을 줄이고, 주민 보급을 대폭 늘리도록 해야 할 것이며, 그리해서 일상에서 나무 사용을 줄이는 것이 산림녹화에 앞선 선결 과제인 것으로 평가된다.

대한민국은 한국동란 잿더미 속에서 일어나 산림녹화를 이룬 훌륭한 성공모델 케이스로 세계 여러 나라의 평가와 찬사를 받고 있다.[15] 유엔에서도 저개발국가 대상으로 헐벗은 산림복구에는 'South Korea 사례를 본받으라'고 선보이며 독려한다고 한다. 북한은 우리 대한민국으로부터 산림녹화 경험과 교훈, 기술, 노하우 등을 우선 전수 받을 필요가 있다.[16] 한국과 이웃 나라들은 북한 산림복구에 도와줄 의향과 준비가 되어 있으며 기다리고 있는 것이다. 북한이 국제사회 도움의 손길을 거부하지 말고 문을 개방하고 나와 마주 잡는 것이 진정한 국토녹화는 물론이고, 제반 문제를 해결하는 성공의 첫걸음이라고 제언한다.

Ⅶ. 전망 및 차후 계획

최근 3년간 북한 산림녹화 성과를 아울러 살펴봤다. 지난 2023년에는 476,572ha의 산림이 증가한 것으로 파악됐고, 2022년에는 138,880ha, 2021년에는 145,788ha의 산림이 각기 한 해에 새로 조성된 것으로 분석됐다. 지난 9년간 산림을 조성한 성과는 1,330,060ha였으며, 10년간 목표치 1,682,000ha와는 351,940ha의 차이를 보이는 것으로 파악된다. 정확한 것은

15) 牧野愛博, 「衛星写真から見える北朝鮮の植樹事業,「国家の大計」のはずが…飢餓や経済難で乱伐も」, 『*The Asahi Shimbun GLOBE+*』, 2023. 12. 20 (https://globe.asahi.com/article/15087942. 접속일: 2024. 12. 5).
16) YouTube, 「[글로벌TV] 최근 남북간 산림변화 비교 분석」, 2022. 8. 3.

2024년이 지난 시점에서 분석을 해봐야 알겠지만, 2023년에 이룬 산림녹화 면적을 2024년에도 달성한다면, 10년간 총목표치는 별 무리 없이 충분히 달성이 가능할 것으로 평가된다.

북한은 통상적으로 연말이면 노동당 전원회의를, 신년 초에는 최고인민회의를 개최해서 지난해 이룬 성과를 결산 보고하고, 신년도 계획과 신규사업을 발표하고 또한 새롭게 다짐하는 결의행사 등을 진행한다. 올해 연말이나 내년도 1월에 있을 회의에서 그동안 야심 차게 추진한 산림복구 10개년 전투를 마무리하는 결산 보고가 있을 것이다. 북한은 산림녹화 성과를 100% 이상 초과 달성했다고 자랑할 것이고, 이를 지도자의 인민 사랑과 위대한 치적으로 부각하고 대대적인 홍보 및 과시를 크게 할 것으로 예상된다.

연구에서 북한 산림 황폐는 여전히 심각한 상태인 것으로 분석됐다. 2023년 산림 황폐지는 1,392,957ha로 파악됐고, 이는 북한 산지 19.0%, 국토의 11.2%를 차지하는 면적이며, 서울(60,524ha)의 약 23배 크기가 된다. 현실적으로 북한 산림녹화는 아직 멀었고 갈 길이 멀다는 것으로 풀이된다. 북한 지도자 김정은은 과거 국토녹화를 위해 “온 나라를 수림화, 원림화”할 것을 지시한 바 있다. 수림화는 전 국토에 울창한 산림을 조성하는 것이고, 원림화는 도시와 마을에 공원 숲을 조성하는 것을 말한다. 어쩌면, 북한이 제2의 산림복구 전투 사업을 이어서 추진할 가능성도 있어 보인다. 본 연구자는 계속해서 위성영상 분석을 통해 북한 산림녹화 실태를 추적 감시하고 아울러 지역별, 시도별 녹화 및 훼손 실태 등을 심층 분석할 것이고 또한 그 변화 동인을 찾아서 살피고 평가해 볼 계획이다.

참고문헌

정성학, 「[객원칼럼] 북한의 산림복구 10개년 전투, 일부 성과 나타나」, 『DAILY NK』, 2021. 5. 12.

_____, 「[하늘에서 본 북녘] 산림복구 전투 10년 중간평가… "갈길은 멀다"」, 『DAILY NK』, 2022. 1. 17.

_____, 「[하늘에서 본 북녘] 최근 남북 산림변화…북한 늘고, 남한 줄고」, 『DAILY NK』, 2022. 3. 9.

_____, 「북한의 산림, 김정은 체제 이후 조금씩 증가…인민들의 땔감 문제는?」, 『국민통일방송』, 2022. 4. 28.

_____, 「[잠깐] "위성영상 판독법 활용 '북한 산림·농업' 이해도 제고"」, 『농민신문』, 2022. 8. 6.

_____, 「[줌인 북한] 북 산림, 7년간 서울 면적 3.8배 증가」, 『자유아시아방송』, 2023. 6. 1.

_____, 「[정성학 위성포커스] 북한 산림 점차 증가…산림복구 전투, 성과와 한계」, 『SPN』, 2023. 6. 29.

_____, 「[하늘에서 본 북녘] 북한 산림 늘고, 남한 산림 줄고」, 『DAILY NK』, 2024. 4. 19.

『연합뉴스』, 「"북한 김정은, 최영건 내각 부총리도 총살 처형"(종합2보)」, 2015. 8. 12.

Strahler, A., D. Muchoney, J. Borak, M. Friedl, S. Gopal, E. Lambin, and A. Moody, "*MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.0: MODIS Land Cover and Land-Cover Change*," Boston University, 1999.

Sulla-Menashe, D. and M. A. Friedl, "User Guide to Collection 6 MODIS Land Cover (MCD12Q1 and MCD12C1) Product," U.S. Geological Survey, 2018.

〈웹사이트〉

牧野愛博, 「衛星写真から見える北朝鮮の植樹事業、「国家の大計」のはずが…飢餓や経済難で乱伐も」, 『*The Asahi Shimbun GLOBE+*』, 2023. 12. 20(https://globe.asahi.com/article/15087942, 접속일: 2024. 12. 5).

Chung, B. S., "North Korean Forestlands Have Rebounded in Recent Years," *38 NORTH*, December 31, 2020(https://www.38north.org/2020/12/bchung201231/, 접속일: 2024. 12. 5).

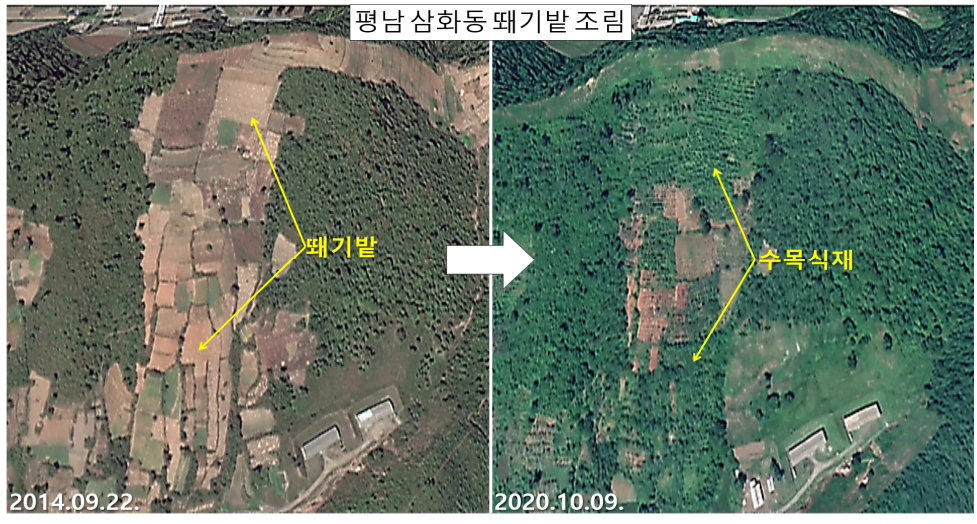
Chung, B. S. and J. P. Samantha, "Reforestation Progress and Backsliding in North Korea's Northern and Southern Regions," *38 NORTH*, May 19, 2021(https://www.38north.org/2021/05/reforestation-progress-and-backsliding-in-north-koreas-northern-and-southern-regions/, 접속일: 2024. 12. 5).

YouTube, 「[글로벌TV] 최근 남북간 산림변화 비교 분석」, 2022. 8. 3.

[부록] 북한 산림복구 및 훼손 사례(구글어스 위성사진)

1. 황폐지 복구 사례

[부도 1] 평안남도 삼화동에서 산비탈지 뙈기밭에 나무를 심어서 황폐지를 복구했다.



2. 산림 훼손 사례

[부도 2] 평안남도 상차동 야산 공동묘지에 숲이 훼손돼서 맨땅과 바닥 흙이 그대로 넓게 드러났다.

