

북한 REDD+ 사업 대상지 선정을 위한 기준 및 지표 개발: 중국가 단위 적용을 중심으로*

A Study on Selecting Criteria and Indicators for Sub-national REDD+ Project Site in North Korea

김경민** · 임중빈*** · 송민경**** · 홍민아*****

Youngmin Kim · Joongbin Lim · Minkyung Song · Mina Hong

요약: 산림훼손 방지와 산림보전 활동을 통한 기후변화 대응에 전 지구적인 노력이 기울여지고 있는 가운데, 우리나라는 2030년까지 2018년 대비 온실가스 40%를 감축하겠다는 국가결정기여(NDC) 목표를 발표하였다. 국내외 산림흡수원 부문에서 전체 감축목표량 중 10.5%에 해당하는 30.5백만tCO₂eq를 감축한다는 목표가 설정되었고, 그 중 REDD+·남북산림협력과 같은 국제감축사업 실적으로 5백만tCO₂eq를 감축하겠다는 자체적인 목표가 포함되어있다. 북한 역시 국가적인 기후변화 대응 정책 노력으로써 자체적인 산림복구노력을 국제사회에 강조하고 있다. 본 연구의 목적은 북한에 REDD+ 사업을 수행하기 위하여 가장 적합한 사업대상지를 선정하기 위한 기준과 지표를 개발하고 대상지를 선정하는 것이다. 이를 위해 UNFCCC의 REDD+ 관련 합의사항을 검토하고, REDD+ 대상지 선정 기준 및 대상지 특성 분석 선행 연구, 그리고 북한 REDD+ 사업 적정 대상지 분석 관련 국내 선행 연구들을 종합적으로 검토하였다. 각 연구에서 활용한 기준 및 지표들을 종합 분석하여 탄소, 환경 및 사회경제의 3개 기준으로 구분하고, 총 10개의 지표(산림감소율, 재해 취약성, 참여적 산림관리 경험 등)를 선정하였다. 최종 선정된 지표를 공간적으로 정량화할 수 있도록 가용정보 및 측도(measure)를 선정하여 북한 내 중국가 수준 면적에 해당하는 행정구역 단위인 도(道)를 평가하고, 최적 대상지를 선정하였다. 연구결과 산림면적, 생물다양성, 재해 취약성 지표 등에서 타 지역 대비 우위를 바탕으로 함경남도도 사업 대상지로 가장 적합한 것으로 분석되었다. 본 연구는 향후 기후변화에 대응한 남북협력사업 추진 시 남북 양측에 가장 효과적인 사업 대상지를 선정할 수 있도록 과학적인 기반을 마련하는 데 기여할 것으로 기대된다.

핵심주제어: REDD+, 기준, 지표, 사업 대상지, 북한

Abstract: As global efforts intensify to address climate change through activities aimed at preventing forest degradation and promoting forest conservation, the Republic of Korea announced its Nationally Determined Contribution (NDC) target to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by 40% by 2030 compared to 2018 levels. In the forest sector within LULUCF, the government established a mitigation target of 30.5 MtCO₂eq, accounting for approximately 10.5% of the total national reduction target. This includes 5 MtCO₂eq from

* 본 연구는 “국립산림과학원 일반과제(REDD+를 활용한 국외 탄소흡수원 확충 방안 연구(FM0800-2022-01-2026))”의 지원에 의해 연구되었음.

** 제1저자, 국립산림과학원 산림탄소연구센터 센터장

*** 공동1저자, 국립산림과학원 국가산림위성정보활용센터 임업연구사

**** 교신저자, 국립산림과학원 산림탄소연구센터 임업연구사

***** 공동저자, 국립산림과학원 산림탄소연구센터 박사연구원

international mitigation activities, such as REDD+ and inter-Korean forest cooperation projects. North Korea has likewise emphasized its own forest restoration efforts in the international arena as part of its national climate change response policies. The objective of this study is to develop criteria and indicators for selecting the most suitable sites for REDD+ implementation in North Korea and to identify optimal project locations. To achieve this, we reviewed REDD+ agreements under the UNFCCC, previous international studies on REDD+ site selection criteria and site characteristics, and domestic studies related to identifying suitable REDD+ implementation areas in North Korea. The criteria and indicators applied in previous studies were comprehensively analyzed and categorized into three groups: carbon, environmental, and socio-economic criteria. Based on this classification, ten indicators, including forest loss rate, disaster vulnerability, and experience in participatory forest management, were selected. To spatially quantify the selected indicators, available datasets and measurable variables were identified, and provincial-level administrative units corresponding to subnational areas in North Korea were evaluated to determine the most suitable project sites. The results indicate that South Hamgyong Province is the most suitable region for REDD+ implementation, demonstrating comparative advantages in indicators such as forest area, biodiversity, and disaster vulnerability. This study is expected to contribute to establishing a scientific basis for identifying the most effective project sites for future inter-Korean climate cooperation initiatives, thereby supporting both climate change mitigation and forest restoration efforts on the Korean Peninsula.

Key Words: REDD+, Criteria, Indicators, Project Site, North Korea

I. 서론

기후변화에 대응하기 위해 전 세계적으로 탄소 배출 감축 노력이 이행되고 있다. 우리나라는 2030년까지 2018년 기준 온실가스 배출량 대비 40%를 감축하겠다는 국가결정기여(Nationally Determined Contribution, NDC) 목표를 발표하였으며, 그 중 산림흡수원 부문에서는 국내에서 25.5백만 tCO₂eq, 국제감축으로 5백만 tCO₂eq의 감축 목표를 설정하였다(산림청, 2021a, 2024). 이와 더불어 산림청은 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략을 수립하고, 이에 따라 국내 산림탄소흡수원 확충뿐만 아니라 남북산림협력 및 REDD+(Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries) 등 국제협력을 통한 산림탄소흡수원 확보

에 노력하고 있다. 특히, 남북산림협력의 경우 북한의 양묘장 현대화, 산불방지 공동대응, 산림병해충 방제, 사방사업 등 북한의 산림 조성과 보호를 위한 기술 협력 중심에서 더 나아가 북한 REDD+를 통한 한반도 기후위기 공동 대응과 흡수원 증진으로 협력의 범위를 확장하였다.

남북간 산림부문 국제감축사업을 통한 우리 정부의 감축목표 달성 활용 방안을 모색하기 위해서는, 먼저 북한과의 협력사업을 통한 온실가스 감축의 실현 가능성을 살펴보아야 할 것이다. 북한은 국제 탄소저감 활동에 참가 의사를 밝히는 등 국제 기후변화 논의 대응에 국가적 노력을 보여왔다. 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 제21차 당사국총회(COP21)에 참석한 북한 이수용 외무상은 “최근 김정은 최고국방위원장이 산림복구전투(war on deforestation)를 선포함에 따라 전국의 숲을 수림이 풍성한 ‘황금산’으로 변모시키기 위한 대규모 사업을 진행하고 있다”고 발표하였다. 또한 “앞으로 10년 동안 167만ha의 면적에 63억 그루의 나무를 조림하거나 재조림하는 활동을 계획하고 이 사업을 전국 가적, 전군중적 운동으로 벌리고 있다”고 연설하며 북한의 산림을 통한 기후변화 대응 계획과 의지를 강하게 표명하였다. 특히, ‘산림복구전투계획’을 수립함으로써 온실가스 배출 감축을 통한 국제적인 기후변화 완화에 기여할 뿐만 아니라 북한 주민 생계를 개선하겠다는 점을 강조하였다(UNFCCC, 2015). 이듬해 열린 UNFCCC COP22 고위급 세션에서 북한은 “최근 수년간 산림복구운동(forest restoration campaign)에 진전이 있었다”고 언급하였으며(UNFCCC, 2016b), COP29 및 COP30에서도 북한의 기후변화 대응 정책과 노력에 국제사회의 지원 필요성을 피력하였다(UNFCCC, 2024, 2025).

REDD+ 사업은 국제감축목표를 달성해야 하는 우리 정부의 필요와 산림 복원을 기후변화 대응의 주요 수단으로 강조하고 있는 북한의 필요를 채워줄 수 있는 방안으로 관심을 받고 있다. 이에 따라 지금까지 북한을 대상지로 한 REDD+ 사업 타당성, 대상지 선정 및 방법론에 대한 연구들이 지속되고 있다. 박소희·구자춘·석현덕(2014)과 석현덕 등(2014)은 경사도·고도·수관율 폐도 등의 기준을 적용하여 도별 REDD 사업 가능 면적을 도출하였으며, 김

오석·윤여창(2014)은 산림이 많은 지역 중 산림유실이 강하게 두드러지는 지역을 기준으로 산림전용 및 산림황폐화 방지(REDD) 대상지를 선정한 결과, 4개 군(함경남도 덕성군, 신흥군, 영광군과 평안남도 대흥군)을 잠재적인 적합 대상지로 제안하였다. 대부분의 선행 연구들은 산림정보와 지형정보만을 고려하여 감축잠재량에 초점을 두고 대상지를 선정하였으나, REDD+ 사업은 산림 공간 정보 외에 사회적 편익과 환경적 편익 부분도 함께 고려해야 한다. 특히 기후변화협약의 REDD+에 관한 합의사항을 반영하는 동시에, 북한사회의 폐쇄성으로 인해 심각한 기아와 산림황폐화를 겪은 북한 산림의 사회·환경적 특성, 국가 통계의 접근성 제약으로 인한 데이터의 활용 제한 등 북한의 특수성을 고려할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 북한에서 REDD+ 사업 대상지를 선정하기 위한 기준과 지표를 선정하고 개발된 지표를 적용하여 북한 REDD+ 사업 대상지를 도출하고자 한다. 궁극적으로 본 연구는 향후 남북협력사업을 통해 국가 온실가스를 감축하는데 필요한 기초 자료를 제공하는데 목적을 두고 있다.

II. 연구 재료 및 방법

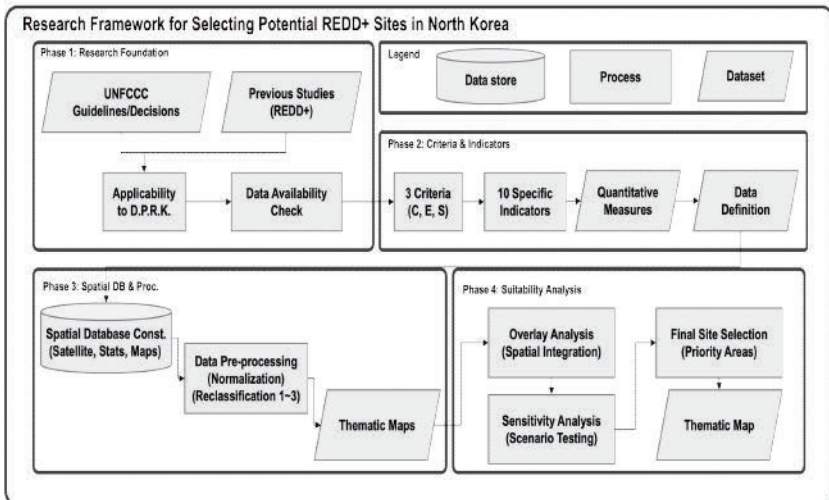
북한 내 REDD+ 진행을 위해서는 UNFCCC에서 합의된 REDD+의 규범과 절차를 반영하는 동시에, 사업의 대상지인 북한의 현황을 함께 고려해야 한다. UNFCCC에서 규정한 REDD+의 5가지 활동 영역은 산림 전용 방지, 산림 황폐화 방지, 산림탄소 축적 보전, 지속가능한 산림관리, 산림탄소 축적 증진이다(UNFCCC, 2016a). 본 연구에서는 REDD+의 5대 활동의 결과가 가장 효과적으로 도출될 수 있는 대상지를 탐색하고자 하였다.

REDD+ 활동의 결과인 감축실적을 산출하기 위해서는 과거의 역사적인 산림황폐화 및 산림전용 추세를 토대로 국가 혹은 준국가 수준의 산림배출기 준선 혹은 산림기준선을 설정해야 한다. 본 연구는 북한 REDD+ 사업 대상지 선정을 위한 과학적 의사결정들을 제시하는 초기 단계의 연구로, 산림 황폐

화가 집중적으로 발생한 시기의 공간적 패턴에 기반한 베이스라인 평가에 초점을 두었다. 특히 1999년은 산림황폐화가 심각한 고난의 행군시기이며, 2008년은 북한 전역을 대상으로 일관된 기준에서 구축된 위성 기반 산림황폐변화를 탐색할 수 있는 시기로, 시계열 비교 가능성과 공간적 일관성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 따라서 북한 산림 황폐화가 가장 심화된 '고난의 행군(1994-1998)' 이후인 1990년 후반부터 2010년까지를 시기적 범위로 잡고, 그 중 북한 전역을 대상으로 위성영상자료를 획득한 1999년과 2008년을 기준점으로 삼았다.

북한의 REDD+ 대상지 선정을 위한 첫 번째 단계로 UNFCCC의 REDD+ 관련 합의사항을 검토하고, 국제적으로 수행된 REDD+ 시범사업들의 대상지 특성을 분석한 선행 연구와 북한을 대상으로 한 REDD+ 적합지 선정 기준과 지표 개발에 관한 논문 및 보고서를 검토하였다. 각 연구에서 활용한 기준과 지표들을 정리하여 북한 자료의 수집 가능성 및 북한 상황에 적용 가능성을 판단하였다. 두 번째 단계로, 북한에 적용 가능한 탄소, 환경 및 사회경제의 3대 지수를 구분하고, 총 10개의 지표를 선정하였다. 마지막으로, 선정된 지표를 정량화하여 공간자료를 생성해 최종 REDD+ 사업 대상지를 선정하였다(그림 1).

〈그림 1〉 연구 흐름도



1. 기후변화협약(UNFCCC)의 합의사항 검토

1) 대상지의 규모

REDD+ 사업은 국가 수준(national level), 준국가 수준(sub-national level), 그리고 사업 수준(project level)의 3가지 규모로 구분이 가능하다. 국가수준은 국가 내 모든 지역을 포함하는 활동이며 준국가 수준은 국가 내 정책적으로 지정된 특정 지역에 적용되는 활동이다(Angelsen, Streck, Peskett, Brown and Luttrell, 2008). 사업 수준은 일정한 공간으로 구분된 소규모 사업 지역에 대한 활동을 의미한다. 사업 수준 활동의 경우, REDD+ 대상지 이외 지역에서 발행되는 누출 문제 등 환경적 비건전성에 대한 지적이 꾸준히 제기되어왔다. UNFCCC는 이러한 문제에 대한 조치로 국가 수준 혹은 중간적 조치(interim measure)로써 준국가 수준 이상의 REDD+ 활동을 이행할 것을 결정문에 명시하고 있다(Jung and Kim, 2025; Richards, 2017; UNFCCC, 2010). 이 기준에 근거하여 본 연구에서는 준국가 단위의 수준을 설정하였으며 북한 전 지역을 10개의 도 단위로 구분하여 분석하였다.

2) REDD+의 활동 범주

REDD+ 사업의 감축실적을 파리협정 체제에서 공식적으로 인정받고 국가 NDC 달성에 활용하기 위해서는, 기후변화협약에서 당사국간 합의한 내용을 바탕으로 사업을 개발하고 추진해야 한다. 따라서 남북 REDD+ 국제감축 사업 이행을 위한 기본적인 원칙이 반영될 수 있도록 기후변화협약에서 제시하고 있는 REDD+에 관한 필수적인 합의 내용을 검토하였다. 기후변화협약은 2010년 제16차 당사국총회(COP16)에서 칸쿤합의문을 통해 REDD+의 활동을 <표 1>과 같이 5개 범주로 결정하였다(UNFCCC, 2010). 본 연구에서는 북한과의 산림협력 사업을 산림전용 및 산림황폐화 방지(활동 ①, ②)에만 국한하지 않고 '+'에 해당하는 산림탄소축적 보전, 지속가능한 산림관리, 산림탄소축적 증진(신규조림, 재조림 등) 활동까지 포함하는 범위로 설정하고(활

동 ③, ④, ⑤), 범주별 북한 적용성을 검토하였다.

〈표 1〉 REDD+ 활동 범주

활동 범주
① 산림전용으로 인한 온실가스배출 감축(RED, Reducing emissions from deforestation)
② 산림훼손으로 인한 온실가스배출 감축(REDD, Reducing emissions from forest degradation)
③ 산림탄소축적 보존(Conservation of forest carbon stocks)
④ 지속가능한 산림 관리(Sustainable management of forests)
⑤ 산림탄소축적 증진(Enhancement of forest carbon stocks)

출처: 산림청, 2021b

3) REDD+ 활동 이행지침 및 안전장치

칸쿰합의문 제69조 및 부속서 I은 REDD+ 활동을 이행하는데 지켜야 할 지침과 안전장치를 명시하였다(표 2). 부속서 I의 문단 1에 언급된 REDD+ 활동 지침은 크게 ① 국가 주권 존중(지침 (c), (e), (f), (h)), ② 선진국의 지원(지침 (b), (i)), ③ 실질적인 온실가스 감축(지침 (a)), ④ 안전장치 보장(지침 (d), (g), (k)), ⑤ 결과 기반 접근방식(지침 (j))의 다섯가지로 구분할 수 있다(배재수·김철민·송민경·장상경, 2013b). 본 연구에서는 효과적인 감축 실적 도출과 사회·환경적 건전성 담보를 위한 사업대상지 선정으로 연구 범위를 한정하고, ③ 실질적인 온실가스 감축과 ④ 안전장치 보장 부문을 중점 고려하였다.

〈표 2〉 REDD+ 활동을 위한 지침과 안전장치

1. 지침	(a) 기후변화협약 제2조에서 설정한 목표(대기 중 온실가스 농도의 안정화)의 달성에 기여해야 한다. (b) 기후변화협약 제3장 제4조에서 설정한 공약(부속서 II 국가의 개도국 온실가스 감축 노력에 대한 재정·기술이전 지원)의 이행에 기여해야 한다. (c) 국가 주도로 수행되고 당사국들의 선택이 가능해야 한다. (d) 환경 건전성이라는 목표와 부합하여야 하며 산림과 기타 생태계의 다양한 기능을 고려해야 한다. (e) 국가 개발 우선순위, 목표, 환경과 능력에 맞추어 수행되어야 하며, 국가 주권이 존중되어야 한다. (f) 당사국의 지속 가능한 개발 요구 및 목표에 부합해야 한다. (g) 기후변화에 대응하면서 지속 가능한 개발 및 빈곤퇴치는 맥락에서 실행되어야 한다.
-------	--

	(h) 국가의 적응 수요에 부합해야 한다. (i) 능력배양의 지원을 포함하여, 적절하고 예측 가능한 재정 및 기술 지원을 받아야 한다. (j) 결과에 토대를 두어야 한다. (k) 산림의 지속 가능한 경영을 증진시켜야 한다.
2. 안전장치	(a) 이 조치들을 국가산림프로그램 및 그에 연관된 국제 협약과 협정의 목적과 일관되거나 또는 보완적이어야 한다. (b) 국가의 입법 행위와 자주권을 고려한 투명하고 효과적인 국가 산림 거버넌스 구조 (c) 유엔총회가 채택한 유엔 원주민권리선언을 주목하고 이에 연관된 국제적인 의무 및 국내 환경과 법률을 고려한 원주민과 지역주민들의 지식 및 권리에 대한 존중 (d) 관련 이해당사자 특히, 원주민과 지역주민들의 완전하고 효과적인 참여 (e) 이러한 조치들은 일관성 있게 천연림과 종다양성을 보존하여야 하며, REDD+ 활동들이 천연림을 전용하는데 사용되지 않고 생태계서비스와 천연림을 보호·보존하고 더불어 다른 분야의 사회적, 환경적 편익을 증진시키는데 사용된다는 것을 보장해야 한다. (f) 역전(the risk of reversals)을 다루는 조치 (g) 누출(displacement of emissions)을 줄이는 조치

출처: 배재수·김철민·송민경·장상경, 2013b 재인용

2. 지표 선정을 위한 국내외 선행연구 검토

1) 국외 및 북한 REDD+ 대상지 선정 기준 연구

REDD+ 사업대상지 도출을 위한 기준과 지표를 선정하기 위해, 국외 REDD+ 대상지 특성 분석 및 대상지 선정 기준·지표 개발 관련 선행 연구를 검토하고, 북한을 대상으로 한 CDM, REDD+ 등 UN 체제에서의 산림탄소배출 감축 사업 적정 대상지 선정에 관한 선행 연구들을 검토하였다. 본 연구에서 검토 대상으로 삼은 선행연구의 목록은 <표 3>, <표 4>와 같다. 해외의 REDD+ 대상지 선정 및 평가 관련 연구에서는 REDD+ 사업의 효과성을 감축량 확보만이 아닌 생물다양성 증진, 빈곤 개선, 비용효과성 등의 사회·환경적 측면까지 포괄하는 기준으로 평가한 반면(Lin, Sills and Cheshire, 2014), 북한의 REDD+ 대상지 관련 국내 연구는 산림전용 및 산림황폐화 방지 효과를 중점적으로 평가하는 자연적 요소를 중심으로 연구를 수행한 것을 확인할 수 있다(김오석·윤여창, 2014; 박소희·구자춘·석현덕, 2014). 이러한 선행연구의 검토 결과는 본 연구에서 북한 준국가 단위 대상지 선정을 위한 기준과 지표 선정의 참고 자료로 활용된다.

〈표 3〉 REDD+ 관련 국외 선행연구

- Review Of Criteria for Selecting Sites for the TFCG MJUMITA Project (East and Southern Africa Katoomba Group, 2010)
- Locating REDD: A global survey and analysis of REDD readiness and demonstration activities (Cerbu, Swallow and Thompson, 2011)
- Analysing REDD+: Challenges and choices (CIFOR, 2012)
- Spatial prioritization of REDD+ sites in the Philippines (Roe, 2012)
- UPDATD-Criteria for prioritizing countries for new national programmes (UN-REDD, 2012)
- Targeting areas for REDD+ projects in Tanzania (Lin, Sills and Cheshire, 2014)
- A procedure for screening and selecting potential forest sites for REDD+ pilot development in Ethiopia (Woldemariam, 2014)
- Pilot province Selection criteria (UN-REDD, 2015)

〈표 4〉 북한 REDD+ 관련 국내 선행연구

북한 전체	• 북한 산림전용 방지수단으로서의 REDD 사업의 경제적 타당성 분석. (조장환·구자춘·윤여창, 2011. 한국임학회지) • A Study on the UNFCCC Forestry Mechanism in North Korea. (Oh, 2012. Seoul National University) • 북한의 탄소저감과 산림보존을 위한 사업대상지 선정방법 연구. (김오석·윤여창, 2014. 대한지리학회지) • 북한 황폐산지 복구 사업의 우선 대상지 선정. (박소희·구자춘·석현덕, 2014. 한국산림경제학회지) • 북한 황폐산지 복구를 위한 협력 방향. (석현덕 등, 2014. 한국농촌경제연구원)
지역 단위	• 위성영상과 공간자료를 이용한 북한 지역의 재조림 CDM 대상지 선정 및 적지분석 방안. (유성진·이우균·이승호·김은숙·이종렬, 2011. 대한공간정보학회지) • MRV관점에서 UN-REDD 등록 가능성 분석: 개성시의 사례를 중심으로. (엄단비·엄정섭, 2011. 환경법연구) • 북한 지역 UN-REDD 등록 타당성 분석을 위한 위성영상 활용 : 금강산을 사례로. (최진호·엄정섭, 2012. 한국지형공간정보학회지) • UN-REDD 기회비용 산정에서 위성영상 기반의 MRV 여건평가: 금강산을 사례로. (주승민·엄정섭, 2014a, 대한공간정보학회지) • 백두산에서 탄소저장량 비교분석을 통한 UN REDD/AR-CDM 등록대상 소유역 추적. (주승민·엄정섭, 2014b, 대한공간정보학회지) • 북한에서의 REDD+ 사업을 위한 산림황폐화 및 탄소저장량 평가. (Piao Dongfan·이우균·Yongyan Zhu·김문일·송철호, 2016. 한국환경생물학회지)
그 외	• 북한 산림황폐지 복구를 위한 REDD 메커니즘 사전 검토. (배재수, 2013a. 한국임학회지)

3. 지표의 공간자료 생성 및 대상지 선정 방법

REDD+ 시범 대상지 선정을 위해 선정된 10개 지표의 데이터를 정규화한 후 1부터 3까지 등급화하였다(표 5). 본 연구에서 5분위 등의 다단계가 아닌

3등급 체계를 적용한 근거는 다음과 같다. 첫째, 북한 공간 자료가 내포한 데이터의 불확실성을 고려할 때, 미세한 수치 차이로 등급을 과도하게 세분화하는 것은 통계적 과잉 해석의 오류를 범할 수 있어 광의의 범주화를 통해 분석의 견고성을 확보하고자 하였다. 둘째, 본 연구는 준국가 수준의 거시적 스크리닝 단계로, 정책적 의사결정에 있어 '우선 고려(High)', '차순위(Mid)', '지양(Low)'의 명확한 우선순위 신호를 제공하는 것이 효율적이라 판단하였다. 이후, 등급화된 자료들을 중첩하여 최종 대상지를 선정하였다.

〈표 5〉 지표 분류 기준

구분	적용 지표	등급	점수 구간	사업적합도
High Class (양의 지표)	• 산림면적 • 산림보전 가능성 • 생물다양성 • 참여적 관리 경험 • 빈곤 개선 • 교통 접근성	3 (High) 2 (Mid) 1 (Low)	67 ~ 100 34 ~ 66 0 ~ 33	수치가 높을수록 사업 적합도 높음
Low Class (음의 지표)	• 산림감소율 • 탄소축적 변화량 • 재해 취약성 • 인구밀도	3 (High) 2 (Mid) 1 (Low)	0 ~ 33 34 ~ 66 67 ~ 100	수치가 낮을수록 사업 적합도 높음

III. 결과 및 고찰

1. 유엔기후변화협약(UNFCCC) REDD+ 합의사항의 북한 적용가능성 검토 결과

1) REDD+ 활동범주

북한의 산림 전용과 황폐화의 심각성을 고려하였을 때(송민경·박미선·윤여창, 2012; Elves-Powell et al., 2024; Pang, Yn, He and Xu, 2013), 5개의 REDD+ 활동범주 중 산림 전용과 산림황폐화 방지(활동 ①, ②)활동을 이행하기 위한 대상지로서 적합하다고 볼 수 있다. 산림탄소축적 보전(활동 ③)의

경우 북한 당국이 시행하고 있는 자연보호구 지정 및 관리 정책과 연계하여 실현이 가능하다고 판단된다. 지속가능한 산림 관리(활동 ④)의 경우 북한의 국가 정책으로 도입한 임농복합경영(agroforestry)¹⁾ 사업과 연계할 수 있으며, 산림 탄소 축적 증진(활동 ⑤)의 경우 북한이 김정은 정권 이후 추진하고 있는 ‘산림복구전투’ 사업과 연계하여 신규조림 및 재조림 사업을 통한 산림 탄소축적 증진 활동 추진이 가능할 것이다.

2) 유엔기후변화협약 REDD+ 활동 이행지침의 북한 적용가능성 검토 결과

(1) 실질적인 온실가스 감축

실질적인 온실가스 감축은 REDD+가 온실가스 감축 활동으로써의 역할을 얼마나 성공적으로 달성하였느냐의 가장 기본적인 판단 기준이 된다. 사업의 성공 여부는 사업 유치국의 의지와 노력에 따라 달라질 수 있다. 이에 북한 당국의 온실가스 감축 의지와 북한 지역 주민들의 참여 가능 여부를 판단해 보아야 한다. 서론에 언급했듯 북한은 유엔기후변화협약 당사국총회를 통해 여러차례 온실가스 감축의사를 확고히 밝혔다. COP22에서는 2030년까지 BAU대비 8% 감축 목표를 발표하였으며 선진국 지원시 40%이상 감축하겠다는 목표를 제시하였다(UNFCCC, 2016c). 이는 북한 당국의 산림복구에 대한 확고한 의지와 연계되어 있다. 김정은은 2012년 4월 27일 국토관리사업 노작²⁾ 발표를 통해 “10년 안에 벌거숭이산들을 모두 나무를 심어 산림을 녹화하는 ‘수림화’를 해야 한다”고 강조하며 “나무 심기를 전 군중적 운동으로 힘 있게 벌여 모든 산에 푸른 숲이 우거지게 해야 한다”고 산림녹화를 강조했다. 2016년 3월 20일자 로동신문에서는 세계 산림의 날을 맞이하여 산림의 중요

1) 임농복합경영이란 혼농임업의 북한식 표현으로, 산림지에서 나무와 농작물을 재배함으로써는 산림경영 형태를 의미한다. 북한에서는 주민들이 식량 해결을 위해 무단으로 개간하여 사용하던 ‘불법 경작지’를, ‘경사지 이용반’ 구성을 통해 토지 이용권을 보장해주는 대신 조림 의무를 부여함으로써 ‘합법적 산림관리 공간(제도권 내의 관리 대상지)’으로 전환시켰다(양아람 등, 2022).

2) “사회주의강성국가건설의 요구에 맞게 국토관리 사업에서 혁명적 전환을 가져올 데 대하여” (당, 국가경제기관, 근로단체 책임일군들과 한 담화). 김정은, 2012년 4월 27일.

성을 강조하고 국제적으로 모든 나라와 민족들이 산림조성 및 보호를 위해 노력하고 있다고 북한 주민들을 대상으로 선전하였다.³⁾ 이처럼 북한 당국의 산림 복구에 대한 강한 의지를 확인할 수 있으며, 이는 기후변화협약에서 제시하고 있는 REDD+의 4대 기반 중 하나인 국가정책과의 일관성 측면에서도 중요한 부분이다.

또한 북한은 임농복합경영을 통해 산림복구와 주민생활 개선을 병행하고자 노력하고 있다. 북한 보도 자료에 따르면, 임농복합경영을 '산림 복구를 수행하고 농작물을 생산하여 인민생활향상에 이바지한다'고 평가하고 있다.⁴⁾ 북한 내에서 진행된 임농복합경영 연구에 따르면 임농복합경영을 통해 침수 등 자연재해를 저감하고 생물다양성의 회복과 개선을 이룰 수 있으며, 토양침식을 저감할 수 있다고 강조하고 있다(Kim and Kim, 2010; Park, 2015; Yun and Yun, 2013). 북한 당국의 이러한 정책적 노력과 의지는 REDD+ 사업 추진시 실질적인 온실가스 감축으로 이어질 수 있다.

(2) 안전장치 7가지 항목 중 북한에 적용 가능한 내용

UNFCCC에서 결정한 REDD+의 7개 안전장치 항목 중 북한에 적용 가능한 4개 항목을 선정하였다.

① 국가산림프로그램 및 관련 국제협약 목표와의 일관성 (안전장치 (a))

REDD+ 활동은 국가산림프로그램 및 그에 연관된 국제 협약과 협정의 목적과 일관되거나 또는 보완적이어야 한다. 이에 따라 북한 당국이 산림복구 전투나 임농복합경영전략 등 국가적 산림정책을 추진하고 있는 지역을 대상으로 고려할 수 있다.

② 다양한 이해관계자의 완전하고 효과적인 참여 (안전장치 (d))

REDD+ 활동을 진행할 때에는 관련 이해당사자, 특히 원주민과 지역주민들의 완전하고 효과적인 참여가 장려되고 지원되어야 한다. 북한이 국가 정

3) "세계 산림의 날" 로동신문 2016년 3월 20일자.

4) "푸른 숲에 비친 향토애"(순천시 원상리 산리용반에서). 로동신문 2017년 4월 3일자.

책으로 추진하였던 임농복합경영 시범사업지역 등 주민들의 산림관리 참여 경험에 있었던 지역을 우선적인 대상지로 고려할 수 있다.

③ 천연림·생물다양성 보전 및 사회·환경적 편익 증진 (안전장치 (e))

REDD+ 활동은 천연림 및 생물다양성 보전 활동과 일관되어야 하며, 생태계서비스와 천연림을 보호·보전하고 더불어 기타 사회·환경적 편익을 증진 시키는데 사용되어야 한다. 이를 북한에 적용할 경우 북한 당국이 지정한 천연림, 자연보호구 등을 보호·보존하는 데 기여할 수 있는 지역, 빈곤 개선과 같은 사회경제적 편익 증진에 기여할 수 있는 지역이 대상지로서 적격하다고 볼 수 있다.

④ 역전 위험을 다루는 조치 (안전장치 (f))

REDD+와 같은 자연 기반 감축 사업을 이행하는 과정에서, 다양한 자연적·인위적인 요인으로 인해 역배출이 일어날 가능성이 있다. 이러한 역전 위험(the risk of reversals) 조치를 효과적으로 이행하기 위해 풍수해, 산불, 산사태, 병해충 등 자연재해 발생 리스크가 적은 지역을 고려하는 것이 바람직하다.

2. 국내외 선행 연구 검토 결과

1) 국외 선행 연구 검토 결과

국외 선행 연구 검토 결과 산림면적, 산림유실면적, 고도, 경사도, 수관율, 폐도 등 자연적 특성 인자들과 함께 누출 위험·생물물리학적 위험·추가성·빈곤율·생물다양성·환경취약성·사업의 이행가능성·거버넌스(공동체의 이행능력, 공평한 혜택분배체계, 참여적 산림관리경험)·원주민 공동체 보호 등의 폭넓은 인자들이 REDD+ 사업 개발 시 고려되어야 할 요소들로 평가되고 있었다.

2) 국내 선행 연구 검토 결과

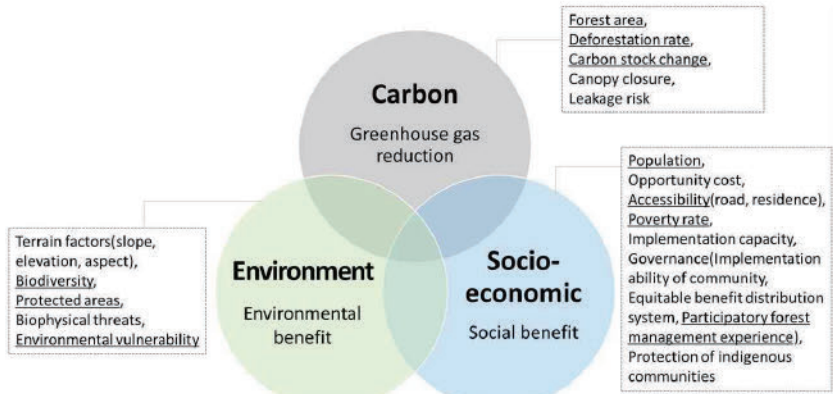
국내 선행 논문은 크게 북한 전역을 대상으로 한 연구와 특정 지역을 연구자가 임의로 선정한 연구로 나눌 수 있다. 먼저 북한 전역을 대상으로 한 연구들은 북한 전 국토를 대상으로 REDD 사업을 수행할 경우의 경제적 타당성 분석, 북한 전 국토 중 REDD 사업이 가능한 대상지의 면적을 도출한 연구 등이 있었다. 검토 결과 국내의 선행 연구에서 잠재적인 북한 REDD+ 대상지를 평가하기 위하여 산림면적, 산림유실면적, 고도, 경사도, 수관울폐도 등 자연적 특성 인자들을 활용하였으며, 사회경제적 특성을 고려한 연구는 없었다. 또한 북한에서의 REDD+ 사업대상지를 도출하기 위한 기준 및 지표 자체를 개발하는 연구는 아직까지 수행되지 않았음을 확인하였다.

3) 기준 및 지표 선정

본 연구의 목적인 '효과적인 감축 실적 도출과 사회·환경적 건전성을 담보'할 수 있는 북한 REDD+ 대상지를 선정하기 위한 기준을 수립하였다. REDD+ 사업의 궁극적인 목표는 탄소 배출량의 감소이다. 이에 탄소 배출량 감소를 평가할 수 있는 지표들을 1차적으로 선정하였다. 다음으로 환경적 편익 증진 여부를 평가할 수 있는 지표들을 선정하였고, 마지막으로 선행연구에서는 고려하지 않았던 사회적 편익 증진을 평가할 수 있는 지표들을 선정하였다.

국내외 선행연구들에서 활용한 REDD+ 대상지 선정 기준 및 지표들을 종합하여 탄소(온실가스 감축), 환경(환경적 편익 증진), 그리고 사회경제(사회적 편익 증진)의 3개 기준으로 재분류하고, 각 기준에 해당하는 지표 중 북한 자료의 수집 가능성을 고려하여 최종 10개 지표를 선정하였다. 탄소 기준에는 산림면적, 산림감소율, 탄소축적변화량이 선정되었으며, 환경 기준에는 재해취약성, 산림보전 가능성(경사도), 생물다양성(보호지역)이 선정되었다. 사회경제 기준에는 거버넌스(참여적 산림관리 경험), 빈곤 개선, 교통 접근성, 인구밀도가 선정되었다(그림 2).

〈그림 2〉 3대 기준별 주요 지표 분류



주: 각 기준별 지표 중 본 연구의 적용 지표로 선정한 10개 지표와 연관된 항목을 밑줄로 표기하였음

최종 10개 지표들을 정량적으로 측정할 수 있는 척도를 선택할 때에는 북한 관련 자료가 구비되어 가용한 자료 수준에서 척도를 〈표 6〉에 명시된 자료를 활용하여 선택하였다. 특히 북한의 사회경제적 지표의 경우, 자료 접근성과 신뢰성 측면에서 구조적인 제약이 존재한다. 이에 본 연구에서는 북한 당국 자료와 국제기구 통계를 보완적으로 활용하였으며, 이는 폐쇄적 국가를 대상으로 한 기존 연구에서 일반적으로 채택되는 접근 방식이다(KDI, 2021; Noland, 2025). 다만, 이러한 자료는 간접적 지표(proxy variable)의 성격을 가지므로 절대적 값보다는 상대적 비교 및 공간적 패턴 해석에 중점을 두었다.

〈표 6〉 북한의 REDD+ 대상지 선정을 위한 기준 및 지표

기준	지표	척도	자료
탄소 (3)	① 산림면적	단위면적 당 산림면적이 넓은 지역	임상도 (1999, 2008) *국립산림과학원
	② 산림감소율	산림감소율이 높은 지역	임상도 (1999, 2008) *국립산림과학원
	③ 탄소축적 변화량	산림탄소축적 변화량이 큰 지역	임상도 (1999, 2008) *국립산림과학원
환경 (3)	④ 재해취약성	풍수해, 산사태, 산불, 병해충 등의 자연 재해 발생이 낮은 지역 *재해 취약 지역에서는 역전 위험이 증가함	국내 문헌 및 언론자료, 북한 신문 자료, 북한 통계 자료, UNOCHA (United Nations Office for the Coordination of

			Humanitarian Affairs)의 북한 재해 자료
	⑤ 산림보전 가능성	경사가 높은 지역 = 입목지의 인위적 훼손 가능성이 낮은 지역 *북한 경사 구간별 산지관리 계획 반영	DEM *국토지리정보원
	⑥ 생물다양성	생물학적/환경적 가치가 높은 지역 = 단위면적당 보호면적 비율이 높은 지역 *고유종·고유 식생대· 멸종위기종의 분포 여부	• 북한 자연자원 지리정보 - 북한이 지정·관리하는 자연보호구역의 위치 정보 *국가지식포털-북한지역정보넷 • IUCN Red List, 생물다양성 핵심지역, 세계 보호림 DB
사회 경제 (4)	⑦ 참여적 산림관리 경험	주민 참여형 산림관리 경험이 있는 지역 = 임농복합경영 사업 추진 지역	북한 신문, 보고서, 문헌 및 인터뷰 자료
	⑧ 빈곤 개선	빈곤율이 높은 지역 = REDD+ 사업이 이행될 경우, 빈곤개선에 기여할 잠재력이 큰 지역	WFP (2017)
	⑨ 교통 접근성	도로와 철도의 밀도가 높은 지역 = 사업 이행 용이성이 높은 지역	디지털 지도 *국토지리정보원
	⑩ 인구밀도	인구밀도가 낮은 지역 = 낮은 산림전용의 위험	• UNFPA (2009) • UNFPA (2015)

3. 지표의 공간자료 생성과 분석 및 대상지 선정

1) 지표의 공간자료 생성

(1) 탄소(온실가스감축) 지표

① 산림면적

입목지 면적으로, 단위면적 당 산림면적이 넓은 지역일수록 보전할 산림 면적이 많음과 동시에 산림 전용 리스크가 높은 지역으로, 배출될 탄소량도 많을 것으로 해석되어 REDD+ 대상지로서 적합하다. 산림 면적 산출을 위해 국립산림과학원에서 제작한 1999년과 2008년 입목지 분포도를 활용하여 도별 입목지 면적을 ha 단위로 산출하였다. 이를 정규화하여 1부터 3까지 수치를 갖는 산림면적 지도를 생성하였다.

② 산림감소율

산림이 비산림 지역으로 전용되는 비율로, 산림감소율이 높은 지역일수록 REDD+ 사업을 이행함으로써 이를 방지하는 활동을 통해 온실가스 감축 효율을 높일 수 있다. 이를 산출하기 위해 <식(1)>을 활용하였다.

$$F_D = \frac{(F_{t2} - F_{t1})}{(t2 - t1)} \quad (1)$$

여기서,

F_D 는 산림감소율, ha/yr

F_{t1} 은 t1 시기의 산림면적, ha

F_{t2} 는 t2 시기의 산림면적 ha을 의미한다.

위 식에 의해 산출된 도별 산림감소율을 정규화하여 1부터 3까지 수치를 갖는 산림감소율 지도를 생성하였다.

③ 산림탄소축적 변화량

산림탄소축적의 변화량이 큰 지역일수록 온실가스 배출량이 큰 지역으로 해석되어, REDD+ 대상지로서 적합하다. 산림탄소축적변화량은 IPCC 우수 실행지침(IPCC, 2003)에서 제시하고 있는 식을 참고하여 산출하였다<식 2>.

$$\Delta C_{FFLB} = \frac{(C_{t2} - C_{t1})}{(t2 - t1)} \quad (2)$$

$$C = (V \times D \times BEF_2) \times (1 + R) \times CF$$

여기서,

ΔC_{FFLB} 는 산림으로 유지되는 산림에서의 현존 바이오매스 탄소 축적량 연간 변화, tonnes C/yr

C_{t2} 는 시점 t2에서 계산한 바이오매스 총 탄소량, tonnes C

C_{t1} 은 시점 t1에서 계산한 바이오매스 총 탄소량, tonnes C

I 는 산림 축적, m^3/ha

D 는 목재 기본 밀도, tonnes d.m./ m^3

BEF_2 는 산림 축적을 지상부 입목 재적으로 환산하기 위한 바이오매스 확장계수

R 은 뿌리-지상부 비율

CF 는 건물질의 탄소 함량(기본값 = 0.5), tonnes C /tonne d.m.을 의미한다.

여기서, 각 인자의 값은 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)에서 제공하는 북한지역 수치(FAO, 2014)를 활용하였다(표 7). 산출된 값을 정규화하여 1부터 3까지 수치를 갖는 산림탄소축적 변화량 지도를 생성하였다.

〈표 7〉 탄소전환계수

계수	침엽수	활엽수	혼효림
목재 기본 밀도 (tonnes d.m./ m^3)	0.480	0.650	0.565
바이오매스 확장계수	1.290	1.220	1.255
뿌리-지상부 비율	0.280	0.410	0.345
산림 축적 (m^3/ha)	51.6	38.5	35.5

(2) 환경(환경적 편익 증진) 기준 지표

④ 재해 취약성

풍수해, 산사태, 산불, 병해충 등에 취약한 지역일수록 REDD+ 사업의 비영속성이 증가한다. 따라서 자연재해 발생 빈도가 낮은 지역일수록 대상지로 적합하다. 본 연구에서는 풍수해에 대한 취약성을 산출하였다. 이는 REDD+ 안전장치 항목 중 '(f) 역전 위험을 다루는 조치'와 연결된다. 재해 취약성 지표를 정량적으로 측정하기 위해 국내 논문 및 국내 보도 자료를 검색하였으며, 북한 노동신문 및 북한 통계자료와 UNOCHA 지역별 재난 발생 통계 데이터를 도별 재해 발생 건수로 정리하여 산출하였다. 풍수해 발생 누적 빈도(0~44)를 3등급으로 구분하여 구간별 점수를 부여하였다. 부여된 점수

를 기반으로 재해 취약성 지도를 생성하였다.

⑤ 산림보전 가능성

산림보전 가능성이란 기존의 산림, 보호구역 및 산림복원을 실시한 지역의 보전(Conservation) 가능성을 의미하며, 기존 연구들에서는 경사도 자료를 사용하였다(박소희·구자춘·석현덕, 2014; 석현덕 등, 2014). 즉, 경사도가 높은 지역일수록 입목지의 보전 가능성이 높은 지역으로 해석하였는데, 이는 북한 당국이 자체적으로 수립한 산지관리 계획을 반영한 것으로, 북한은 경사도 0~15°의 구역은 농경지로 활용하고, 15~30°의 구역은 임농복합 경영을 도입한 산림 관리를 시행하며, 경사도 30° 이상의 지역은 조림 및 산림보호 구역으로 규정하고 있다. 이는 칸쿤합의문의 REDD+ 안전장치 중 (a) 국가산림프로그램과의 일관성과도 연관된다. 본 연구에서는 경작지활용이 가능한 0~15° 지역은 산림 보전가능성이 낮다고 판단하여, 이를 제외한 경사도 15° 이상 지역에서의 황폐지 면적을 산출하였다. 황폐지 면적을 산출한 이유는 경사도 15° 이상의 황폐지를 대상으로 산림 복원이 진행됐을 때 보존 가능성이 높다고 판단하였기 때문이다. 산출된 황폐지 면적을 도별로 비교하여 정규화 점수를 산출해 <표 5>에서 제시한 기준에 기반하여 3등급으로 나누어 산림보전가능성 지도를 생성하였다. 해당 지표는 국토지리정보원에서 보유 중인 Digital Elevation Model(DEM) 자료를 활용하여 정량적으로 산출하였다.

⑥ 생물다양성(보호지역)

REDD+ 사업이 성공적으로 유치되었던 사례들을 살펴보면 생물다양성 지수가 높고 보호지역이 많은 공통점을 확인할 수 있다(배재수·설미현, 2012; Angelsen, Brockhaus, Sunderlin and Verchot, 2012). 생물학적/환경적 가치가 높은 지역으로, 단위면적당 자연보호구, 보호지역 및 고유종·고유 식생대·멸종위기종의 분포 지역 등 보전 가치가 높은 산림이 많이 분포하는 지역일수록 REDD+ 사업을 통한 생물다양성 가치 증진과 보전 기여도가 높다. 이

는 REDD+ 안전장치 중 (e) 천연림과 종 다양성 보존, 환경적 편익 증진을 반영한 지표이다. 국가지식포털 북한지역정보넷(국가지식포털 북한지역정보넷, <http://www.cybernk.net/>)에서 제공하는 북한 자연자원 지리정보(북한에서 지정 및 관리하고 있는 자연보호 구역의 도별 위치 정보)를 활용하고 추가적으로 IUCN Red List, Biodiversity Hotspot, World Database on Protected Area 등의 정보를 활용하여 정량적으로 산출하였다. 자연보호구역의 유무를 1과 0으로 산정하여 도별 소재 개수(0~16)를 3등급으로 구분 후 생물다양성 지도를 생성하였다.

(3) 사회경제(사회적 편익증진) 기준 지표

⑦ 참여적 산림관리 경험

주민 참여형 산림관리 경험이 있는 지역일수록 REDD+ 사업의 성공적인 이행의 가능성이 높다는 선행연구 결과를 반영하였다. 북한의 경우 임농복합경영 사업을 추진하여 경사지 이용반(Sloping Land User Group, SLUG)을 구성해 SLUG에게 경사지 이용권(토지이용 및 수확물 처분권)을 합법적으로 부여함과 동시에 조림 의무를 주어 주민생계 강화와 경사지 산림복원을 도모하고 있다(Ministry of Land and Environment Protection, 2015). 이러한 경험과 법적 체계가 마련된 지역일수록 REDD+ 사업에 필수적인 주민 참여가 원활히 이루어질 것이다. 본 연구에서는 이 사례를 참여적 산림관리 경험으로 간주하였다. 이는 임농복합경영 전략이라는 북한 당국의 산림정책을 반영하고, 지역주민의 효과적인 참여를 보장하며 이를 통한 사회적 편익을 증진시키는 REDD+ 안전장치 항목들(표 2(2(a), (d), (e)))와 연결된다. 2013년부터 2016년 사이 발간된 로동신문 및 민주조선의 기사를 분석하여 임농복합경영 사업대상지 유무를 1과 0으로 산정해 도별 소재 개수를 3등급으로 구분 후 참여적 산림관리 경험 지도를 생성하였다.

⑧ 빈곤 개선

빈곤율이 높은 지역일수록 REDD+ 사업이 이행될 경우, 빈곤개선에 기여할 잠재력이 크다고 해석할 수 있다. 이는 REDD+ 안전장치 중 사회적 편익 증진을 보장해야 한다는 항목 (e)와 연계되며, REDD+ 지침 중 (g) 빈곤퇴치라는 맥락에서 실행되어야 한다는 항목과도 부합한다. WFP(World Food Programme) 영양공급 필요 인구수 2017년 통계자료(WFP, 2017)를 활용하여, 영양 공급 필요 인구수를 빈곤율로 간주하고, 정규화를 거쳐 3등급으로 구분한 빈곤율 지도를 생성하였다.

⑨ 교통 접근성

단위 면적당 도로와 철도의 밀도가 높은 지역일수록 사업 관리자 및 참여 주민들의 이동에 용이하여 사업 이행 용이성이 높아진다. 이는 사업의 장비, 물자 및 인력의 수송이 원활하고, 특히 북한의 특성상 수도인 평양과의 연결성이 좋은 지역일수록 사업에 관여하는 국제기구 및 외국인 관리자의 사업 활동이 용이하다는 선행연구결과를 반영한 것이다. 기존 연구에서는 도로로부터 200m 간격으로 버퍼링을 하여 각 등급별 면적을 산출하거나(유성진 등, 2011) 도로 밀도를 계산하여(Angelsen et al., 2012) 교통접근성을 분석하였다. 본 연구에서는 국토지리정보원으로 제공받은 수치지도를 활용하여 도로 및 철도 레이어를 생성하여 도별 도로 밀도를 <식 3>을 통해 산출하였다.

$$D = \frac{L}{A} \quad (3)$$

여기서,

D 는 도로 밀도, km/km^2

L 은 해당 지역 내 도로의 길이, km

A 는 해당 지역의 면적 km^2 을 의미한다.

산출한 밀도를 정규화하여 <표 5>의 등급을 기준으로 3등급의 교통접근성 지도를 생성하였다.

⑩ 인구밀도

인구밀도가 낮은 지역일수록 산림전용 위협이 낮아 REDD+ 사업을 지속가능하게 이행하기 위한 지역으로 적합하다. 이는 인구밀도가 높은 지역일수록 산림전용의 가능성이 크다는 선행연구 결과를 반영한 것이다. 해당 자료는 2008년 보고된 북한인구센서스 자료와 Socio-economic, demographic and health survey 2014, UNFPA 도별 인구밀도 자료(CBS and UNFPA, 2015)를 활용하여 도별 자료를 정규화한 후 3등급으로 구분하여 인구밀도 지도를 생성하였다.

2) 지표별 공간자료 분석 결과 및 대상지 선정

(1) 공간자료 분석 결과

① 산림면적 및 변화

1999년부터 2008년까지 북한의 산림면적 변화를 분석한 결과는 <표 8>과 같다. 북한 전역의 산림면적은 1999년 약 754만 ha에서 2008년 약 612만 ha로 감소하여, 9년간 총 142만 ha(약 18.8%)의 산림이 유실된 것으로 나타났다.

행정구역별로 살펴보면 함경남도가 약 31만 ha(-23.2%)의 면적 감소를 보여 산림 훼손이 가장 심각한 것으로 분석되었으며, 이어 량강도(-22.3만 ha), 함경북도(-19.2만 ha) 순으로 큰 감소폭을 보였다. 특히 평안남도(-29.5%)와 황해남도(-27.2%)는 전체 산림 면적 대비 높은 감소율을 기록하여 산림 황폐화가 집중적으로 진행된 것으로 파악된다.

분석 기간 동안 북한 전역의 연간 산림 감소면적은 약 15.8만 ha/yr로 산출되었다. 이는 FAO(2014)가 Forest Resources Assessment(FRA)를 통해 보고한 2000-2010년 북한의 연간 산림 감소량인 12.7만 ha/yr와 비교할 때 약 80.2% 일치하는 수준이다. 두 자료 간에는 분석 기간의 차이(1999-2008년 대 2000-2010년)가 존재하나, 전반적인 감소 추세와 규모 면에서 본 연구 결과는 FAO 통계와 부합하여 그 타당성이 확인된다.

산림면적 지표(1999년, 2008년 기준)를 점수화한 결과, 산림 자원이 풍부한 함경남도, 량강도, 함경북도, 자강도가 모두 3점으로 평가되어 REDD+ 사업

대상지로서의 기초 잠재력이 높은 것으로 나타났다. 반면, 평양시와 황해남북도는 상대적으로 낮은 산림 면적으로 인해 1점으로 산출되었다(그림 3(a)).

또한, 산림감소율 지표의 경우 산림 훼손이 심각하여 사업의 시급성이 높은 함경남도와 량강도가 3점을 획득하였으며, 함경북도와 자강도 등은 2점으로 평가되었다. 이는 북부 고산 지대와 동해안 지역을 중심으로 산림 황폐화가 집중되고 있음을 시사하며, 해당 지역들이 REDD+ 활동을 통한 산림 복구 및 온실가스 감축 효과가 클 것임을 보여준다(그림 3(b)).

〈표 8〉 도별 산림면적 변화 및 연간 감소율 (1999-2008)

행정 구역	1999년	2008년	면적 변화량 (천ha)	변화율 (%)	연간 감소량 (천ha/yr)
	산림면적 (천ha)				
함경남도	1,340.5	1,029.1	-311.4	23.2	34.6
량강도	1,100.9	877.5	-223.4	20.3	24.8
함경북도	1,152.6	960.2	-192.4	16.7	21.4
평안남도	631.3	445.3	-186.0	29.5	20.7
강원도	760.1	607.5	-152.6	20.1	16.9
자강도	1,271.7	1,127.0	-144.7	11.4	16.1
평안북도	600.0	525.4	-74.6	12.4	8.3
황해북도	398.6	331.4	-67.2	16.9	7.4
황해남도	216.0	157.2	-58.8	27.2	6.5
평양시	69.2	58.9	-10.3	14.9	1.2
전국합계	7,540.9	6,119.5	-1,421.4	18.8	157.9

② 산림탄소축적 변화량

북한 전역의 산림 탄소축적 변화를 분석한 결과(표 9), 1999년 약 1억 6,947만 톤(tonnes C)이었던 탄소축적량은 2008년 약 1억 2,474만 톤으로 줄어들었으며, 연간 약 497만 톤의 탄소가 산림 황폐화로 인해 배출된 것으로 분석되었다.

이는 FRA 2014 보고서가 제시한 2000-2010년 간 북한의 연간 탄소축적 감소량(약 260만 톤/yr)과 비교할 때 다소 높게 산정된 수치이다. 이러한 차이는 본 연구가 산림 황폐화가 가장 극심했던 시기인 1999-2008년을 집중적

으로 분석했기 때문인 것으로 판단되며, FRA 보고서 대비 감소 경향이 뚜렷하게 나타난다는 점에서 본 연구의 대상지 선정 지표로서 유의미하다.

지역별 변화를 살펴보면, 산림 자원이 풍부한 량강도, 함경남도, 자강도 지역에서 탄소 손실이 집중된 것으로 나타났다. 특히 량강도는 연간 약 84만 톤의 가장 큰 감소량을 보였으며, 함경남도(약 83만 톤/yr)와 자강도(약 73만 톤/yr)가 그 뒤를 이었다.

지표 점수 환산 결과, 탄소 배출원으로서 관리 시급성이 높은 량강도, 함경남도, 자강도, 평안북도가 3점으로 평가되었으며, 황해남·북도는 2점, 상대적으로 감소량이 적은 강원도, 평양시, 함경북도는 1점으로 산출되었다(그림 3(c)).

〈표 9〉 도별 산림 탄소축적량 변화 (1999~2008)

행정구역	1999년 탄소축적량 (만tonnes C)	2008년 탄소축적량 (만tonnes C)	연간 탄소축적 변화량 (만tonnes C/yr)
량강도	2,557.39	1,801.98	-83.93
함경남도	2,828.83	2,084.57	-82.70
자강도	2,908.18	2,250.67	-73.06
평안북도	1,612.04	1,057.16	-61.65
황해남도	832.44	315.21	-57.47
평안남도	1,342.61	888.77	-50.43
황해북도	988.26	673.62	-34.96
강원도	1,512.91	1,273.92	-26.55
함경북도	2,127.29	1,963.18	-18.23
평양시	237.39	164.41	-8.11
전국합계	16,947.34	12,473.49	-497.09

③ 재해 취약성

자료 구득의 한계로 인해 2001년부터 2015년까지 북한 전역에서 발생한 태풍, 홍수, 호우의 빈도를 분석하였다. 분석 결과(표 10), 자강도, 량강도 등 북부 내륙 산간 지역은 태풍 및 수해 발생 빈도가 극히 낮아 자연재해로부터 상대적으로 안전한 것으로 나타났다. 반면, 평안남도, 황해남북도, 강원도 등 중남부 및 해안 지역은 태풍과 집중호우로 인한 피해가 빈번하게 발생하여

재해 취약성이 높은 것으로 파악되었다.

REDD+ 사업의 안정적인 이행을 위해서는 재해로 인한 탄소 배출의 역전(Reversal) 위험이 낮은 지역을 선정하는 것이 유리하다. 이에 따라 재해 발생 빈도가 낮아 사업의 영속성(Permanence) 확보에 유리한 자강도, 량강도, 함경북도가 3점으로 평가되었다. 반면 재해 발생 빈도가 높아 사업 리스크 관리가 필요한 평안남도, 황해남북도, 강원도 등은 1점으로 산출되었다(그림 3(d)).

〈표 10〉 도별 자연재해(태풍·홍수·호우) 발생 빈도 (2001-2015)

행정구역	태풍 (회)	홍수 (회)	호우 (회)	합계 (회)	비고 (등급)
자강도	0	1	1	2	3 (High)
량강도	1	2	3	6	3 (High)
함경북도	4	4	6	14	3 (High)
평안북도	3	8	11	22	2 (Mid)
평양시	4	5	12	21	2 (Mid)
함경남도	3	13	16	32	1 (Low)
황해북도	9	13	22	44	1 (Low)
황해남도	9	10	20	39	1 (Low)
강원도	8	13	22	43	1 (Low)
평안남도	6	16	24	46	1 (Low)

④ 산림보전 가능성

북한의 산지관리 정책에 따르면 경사도 15° 이상의 지역은 임농복합경영이나 조림 구역으로 관리되어야 하므로, 해당 기준에 부합하는 황폐지가 많을수록 향후 REDD+ 사업을 통한 산림 복구 및 보전 가능성이 높은 것으로 판단하였다.

각 도별 경사도 15° 이상의 황폐지 면적을 분석한 결과(표 11), 산악 지형이 발달한 함경남북도, 자강도, 량강도 지역에 복구 대상 황폐지가 집중되어 있는 것으로 나타났다. 특히 함경남도는 약 185만 ha로 가장 넓은 면적을 보유하고 있으며, 이어 함경북도(약 167만 ha), 자강도(약 166만 ha), 량강도(약 141만 ha) 순으로 나타났다.

이에 따라 대규모 산림 복구 및 보전 잠재력이 높은 이들 4개 도(함경남·북, 자강, 량강)가 3점으로 평가되었으며, 평안남북도와 황해남북도, 강원도는 2점, 산림 면적이 적은 평양시는 1점으로 산출되었다<그림 3(e)>.

〈표 11〉 도별 경사도 15° 이상 황폐지 면적 및 지표 점수

행정구역	황폐지 면적 (천ha) (경사도 > 15°)	지표 점수 (등급)
함경남도	1,847.8	3 (High)
함경북도	1,667.1	3 (High)
자강도	1,661.1	3 (High)
량강도	1,406.1	3 (High)
평안남도	1,269.1	2 (Mid)
평안북도	1,251.9	2 (Mid)
강원도	1,112.7	2 (Mid)
황해북도	942.6	2 (Mid)
황해남도	833.1	2 (Mid)
평양시	265.5	1 (Low)

⑤ 생물다양성

REDD+ 사업은 단순히 탄소를 감축하는 것뿐만 아니라, 생물다양성 보전과 생태계서비스 증진이라는 환경적 편익을 함께 도모해야 한다(REDD+ 안전장치 항목 (e)). 따라서 보호 가치가 높은 자연보호구역이 밀집된 지역일수록 REDD+ 사업의 환경적 부가가치가 높은 최적지로 평가된다.

북한 전역의 보호구역(자연·식물·동물보호구) 분포 현황을 분석한 결과 〈표 12〉, 총 105개소의 보호구역 중 함경남도가 16개소(자연 1, 식물 5, 동물 10)로 가장 많은 보호구역을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 이어 평안북도(15개소), 황해남도(13개소), 강원도(12개소) 순으로 보호구역이 밀집해 있어 생태적 보전 가치가 높은 지역임이 확인되었다.

지표 점수 산정 결과, 다양한 보호구역이 다수 분포하여 생물다양성 증진 잠재력이 높은 함경남도, 평안북도, 황해남도, 강원도가 3점으로 평가되었다. 반면, 상대적으로 보호구역 지정 건수가 적은 자강도와 평양시는 1점으로 분류되어 생물다양성 측면에서의 사업 우선순위는 낮은 것으로 분석되었

다<그림 3(f)>.

〈표 12〉 도별 자연보호구역 및 생물다양성 지표 평가

행정구역	자연보호구 (개)	식물보호구 (개)	동물보호구 (개)	합계 (개)	지표 점수 (등급)
함경남도	1	5	10	16	3 (High)
평안북도	1	2	12	15	3 (High)
황해남도	1	2	10	13	3 (High)
강원도	3	1	8	12	3 (High)
평안남도	2	3	6	11	2 (Mid)
함경북도	1	2	8	11	2 (Mid)
황해북도	0	1	10	11	2 (Mid)
량강도	0	3	7	10	2 (Mid)
자강도	1	1	3	5	1 (Low)
평양시	0	0	1	1	1 (Low)
전국합계	10	20	75	105	-

⑥ 참여적 산림관리 경험

REDD+ 사업의 성공적인 이행을 위해서는 지역 주민의 자발적 참여와 이를 뒷받침할 수 있는 산림 관리 거버넌스가 필수적이다. 특히 북한의 '임농복합경영'은 경사지 이용반(SLUG)을 구성하여 주민에게 합법적인 토지 이용권을 부여하고 산림 복구를 유도하는 정책으로, 이는 REDD+ 안전장치 중 주민 참여 보장(Safeguards (d)) 및 사회적 편익 증진과 직결된다.

본 연구에서는 2013년부터 2016년까지 발간된 북한의 주요 일간지(로동신문, 민주조선)를 분석하여 임농복합경영 실시 경험이 있는 지역을 추출하였다<표 13>. 분석 결과, 총 4건의 관련 보도가 확인된 황해남도가 임농복합경영이 가장 활발하게 도입된 지역으로 추정되었으며, 이어 평안북도가 3건으로 나타났다.

이에 따라 주민 참여형 산림 관리의 경험과 인프라가 상대적으로 잘 갖춰진 것으로 판단되는 황해남도와 평안북도를 3점으로 평가하였다. 관련 보도가 2건인 황해북도는 2점을 부여하였으며, 1건 이하이거나 기록이 확인되지 않은 나머지 지역(함경남·북, 자강, 량강, 강원, 평안남, 평양)은 1점으로 산출하여

주민 참여 기반이 상대적으로 취약할 수 있음을 반영하였다(그림 3(g)).

〈표 13〉 로동신문·민주조선 기사 분석을 통한 임농복합경영 실시 지역 현황 (2013-2016)

행정구역	기사 언급 횟수 (건)	주요 기사 출처 (날짜)	지표 점수 (등급)
황해남도	4	로동('13.5.8, '16.6.12), 민주('14.6.4)	3 (High)
평안북도	3	로동('15.4.1), 민주('14.5.28) 등	3 (High)
황해북도	2	로동('14.6.4, '16.9.14)	2 (Mid)
강원도	1	로동('13.5.8)	1 (Low)
량강도	1	민주('14.6.4)	1 (Low)
자강도	1	로동('15.3.11)	1 (Low)
평안남도	1	민주('14.5.28)	1 (Low)
함경남도	1	로동('13.4.7)	1 (Low)
함경북도	1	민주('14.4.8)	1 (Low)
평양시	0	(기록 없음)	1 (Low)

⑦ 빈곤 개선

REDD+ 사업은 단순한 산림 복구를 넘어 지역사회의 빈곤 퇴치와 지속가능한 발전에 기여해야 한다. 따라서 빈곤율이 높아 외부 지원과 생계 개선이 시급한 지역일수록 REDD+ 사업을 통한 사회·경제적 파급 효과(Co-benefits)가 클 것으로 판단된다. 본 연구에서는 WFP(2017)의 영양공급 필요 인구수를 빈곤의 척도로 활용하여 분석을 수행하였다.

분석 결과(표 14), 평안남도가 약 43만 명으로 영양 공급 지원이 필요한 인구가 가장 많은 것으로 나타났으며, 함경남도가 약 34만 명으로 그 뒤를 이었다. 이는 해당 지역들이 산림 황폐화와 식량 안보 문제가 복합적으로 작용하고 있음을 시사한다.

지표 점수 산정 결과, 빈곤 개선 및 주민 지원의 시급성이 높은 평안남도와 함경남도가 3점으로 평가되었다. 평양시, 평안북도, 함경북도, 황해남북도 등 5개 지역은 2점으로 분류되었으며, 상대적으로 인구 규모가 작은 강원도, 자강도, 량강도는 1점으로 산출되었다(그림 3(h)).

〈표 14〉 도별 영양공급 필요 인구수 추정 및 지표 점수 (2017)

행정구역	영양공급 필요 인구 (명)	지표 점수 (등급)
평안남도	429,562	3 (High)
함경남도	338,508	3 (High)
평양시	300,456	2 (Mid)
평안북도	291,227	2 (Mid)
함경북도	266,814	2 (Mid)
황해남도	258,379	2 (Mid)
황해북도	252,021	2 (Mid)
강원도	162,563	1 (Low)
자강도	128,356	1 (Low)
량강도	81,955	1 (Low)

⑧ 교통 접근성

REDD+ 사업의 성공적인 이행을 위해서는 사업 관리자 및 참여 주민들의 이동이 용이해야 하며, 장비와 물자 수송을 위한 교통 인프라가 필수적이다. 특히 수도인 평양과의 연결성이 좋은 지역일수록 국제기구 및 외부 전문가의 접근성이 높아 사업 관리에 유리하다.

도로 및 철도 밀도를 분석한 결과〈표 15〉, 수도인 평양시가 철도 밀도(4.26 km/km^2)와 도로 접근성 측면에서 모두 3점으로 평가되어 가장 우수한 교통 인프라를 갖춘 것으로 나타났다. 또한, 함경남북도는 도로 밀도가 높아 3점으로 평가되었으며, 황해남도는 철도망이 잘 발달하여(3.04 km/km^2 , 3점) 접근성이 양호한 것으로 분석되었다.

반면, 산악 지형이 험준한 자강도, 량강도, 강원도는 도로와 철도 밀도가 전반적으로 낮아(1점), 향후 사업 대상지로 선정될 경우 접근성 개선이나 물류 이동 계획에 대한 추가적인 고려가 필요함을 시사한다〈그림 3(i)〉.

〈표 15〉 도별 교통 접근성(도로·철도 밀도) 분석 결과

행정구역	도로 밀도 (km/km ²)	도로 점수	철도 밀도 (km/km ²)	철도 점수
평양시	0.29	3 (High)	4.26	3 (High)
함경남도	0.37	3 (High)	1.68	1 (Low)
함경북도	0.35	3 (High)	1.43	1 (Low)
황해남도	0.09	1 (Low)	3.04	3 (High)
평안남도	0.14	1 (Low)	2.56	2 (Mid)
황해북도	0.08	1 (Low)	2.34	2 (Mid)
평안북도	0.2	2 (Mid)	2.14	2 (Mid)
강원도	0.08	1 (Low)	1.78	1 (Low)
량강도	0.12	1 (Low)	1.08	1 (Low)
자강도	0.09	1 (Low)	0.77	1 (Low)

⑨ 인구밀도

인구밀도가 높은 지역일수록 땀감 채취나 경작지 확장을 위한 개간 압력이 높아 산림 전용의 위험이 크다. 따라서 인구밀도가 낮아 인위적인 산림 훼손 가능성이 상대적으로 적은 지역이 REDD+ 사업의 지속가능성 확보에 유리하다.

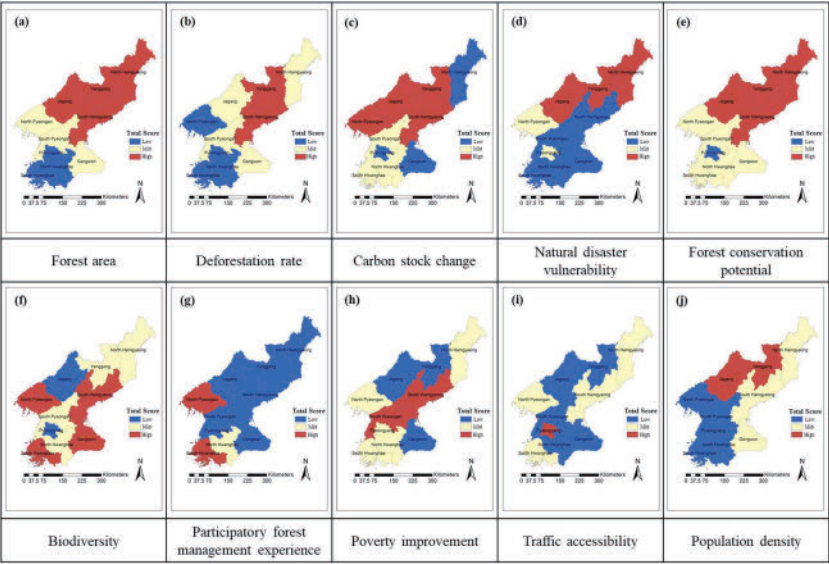
도별 인구밀도 분석 결과〈표 16〉, 북부 산간 지역인 량강도가 57명/km²로 인구밀도가 가장 낮았으며, 자강도(85명/km²)가 그 뒤를 이었다. 반면, 수도인 평양시는 1,402명/km²로 가장 과밀한 것으로 나타났으며, 평안남북도와 황해남북도 등 서부 평야 지대 역시 상대적으로 높은 인구밀도를 보여 산림에 대한 잠재적 압력이 높은 것으로 파악된다.

이에 따라 산림 전용 위험이 낮아 사업 적합도가 높은 량강도와 자강도가 3점으로 평가되었다. 강원도와 함경남북도는 2점으로 분류되었으며, 인구 밀집 지역인 평양시, 평안남북도, 황해남북도는 1점으로 산출되었다(그림 3(j)).

〈표 16〉 도별 인구밀도 및 지표 점수

행정구역	인구밀도 (명/km ²)	지표 점수 (등급)
량강도	57	3 (High)
자강도	85	3 (High)
강원도	148	2 (Mid)
함경북도	150	2 (Mid)
함경남도	178	2 (Mid)
황해북도	250	1 (Low)
평안북도	253	1 (Low)
황해남도	325	1 (Low)
평안남도	350	1 (Low)
평양시	1,402	1 (Low)

〈그림 3〉 북한 REDD+ 대상지 선정을 위한 지표별 주제도

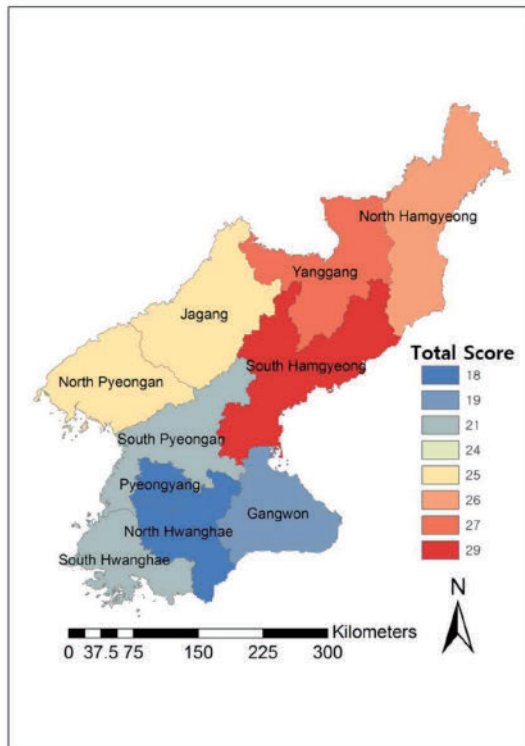


(2) REDD+ 사업 대상지 선정

모든 지표를 합산하여 REDD+ 사업 대상지를 선정해보면 함경남도가 29 점으로 가장 높게 나타났으며 순차적으로 량강도 27, 함경북도 26, 자강도 25, 평안북도 25, 평안남도 21, 황해남도 21, 강원도 19, 평양시 18, 황해북도

18 순으로 나타났다(그림 4). 향후 REDD+ 사업이 추진된다면 함경남도에서 우선적으로 진행하는 것이 성공 가능성이 높다고 판단된다. 본 연구에서는 사업 성공 가능성을 고려하여 재해 발생빈도가 낮은 지역에 높은 점수를 부여하였지만, 북한의 산림황폐화로 인한 침수 피해를 저감하기 위해서는 역으로 재해 발생빈도가 높은 지역에 많은 점수를 부여하는 방안을 생각해 볼 필요가 있다. 이를 위해 산림 복구를 통한 '재해 저감'을 최우선 목적으로 설정하여 재해 취약 지역에 가중치를 두는 시나리오를 분석하였다. 분석 결과, 함경남도는 기존 평가(1점)와 달리 재해 취약성 지표에서 최고점(3점)을 획득하게 되어 종합 점수가 더욱 상승하였다. 이는 재해 지표의 가중치 방향(음/양)과 무관하게 함경남도가 산림면적, 생물다양성 등 타 지표에서의 우위를 바탕으로 가장 적합한 대상지임을 시사한다.

〈그림 4〉 북한 REDD+ 사업 대상지 적합도 평가 결과 (종합 점수 분포)



IV. 결론

본 연구는 남북 산림 협력을 통한 기후변화 대응과 감축목표 달성에 기여할 수 있는 방안 중 REDD+ 사업을 북한에 수행함에 있어 대상지 선정에 필요한 기준과 지표를 선정하여 최종적으로 사업 대상지를 선정하고자 하였다. 기준과 지표를 선정하는 과정에서 UNFCCC의 REDD+ 합의 사항을 고려하며 북한의 사회 경제 및 환경적 편익 증진에 기여하는 REDD+ 사업 대상지 선정 기준을 마련하였다. 또한 실질적인 남북 협력 사업을 이행하기 위한 현실적 측면을 고려하기 위해 북한 사회의 특수성을 반영하고자 노력하였다. 결과적으로 탄소, 환경, 사회·경제의 3가지 기준을 선정하였으며 탄소기준에는 산림면적, 산림감소율, 산림탄소축적 변화량의 3가지 지표를, 환경 기준에는 재해취약성, 산림보전 가능성, 생물다양성의 3가지 지표를 선정하였다. 사회·경제 기준 지표로는 각각 참여적 산림관리 경험, 빈곤개선, 교통 접근성, 인구밀도의 4가지 지표를 선정하였다. 선정한 10개 지표를 적용한 종합 점수를 정량적으로 산출하고 공간분석을 통해 대상지를 도출한 결과, 북한 내에서 REDD+의 5개 범주(산림전용·산림황폐화 방지, 산림탄소축적 보전, 지속가능한 산림 관리, 산림탄소축적 증진) 활동을 이행하기 위한 준국가 수준 대상지로 함경남도가 가장 높은 잠재력을 가지는 것으로 평가되었다. 해당 결과는 REDD+ 대상지 선정에서 핵심적 단계인 역사적 산림황폐화 추세의 규명과 잠재적 감축량 평가에 더하여, 북한의 탄소, 환경, 사회·경제 관련 지표를 종합적으로 평가한 준국가 단위 분석이라는 점에서 의의가 있다.

본 연구는 두 시기의 변화량을 기반으로 대상지를 평가하는 정태적(static) 접근으로 최근 토지이용 변화 및 누출(leakage) 메커니즘을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있지만, 제한된 자료 환경 하에서 정책적 의사결정을 지원하기 위한 우선순위 도출이라는 점에서 의의를 가진다. 향후 농림위성 발사(2026) 및 고해상도 장기 시계열 자료 축적 시, 본 연구의 평가 결과는 2009년 이후 시기의 확장 분석 및 REDD+ 사업 후보지의 현행화 작업을 위한 기준점으로 활용될 수 있다. 나아가, 후속 연구에서는 최신 위성자료 및 장기 시계

열 데이터를 활용한 산림황폐화의 동적 분석(dynamic assessment)을 수행할 필요가 있다. 본 연구에서 구축한 북한 REDD+ 대상지 선정 기초 지표체계와 공간자료 평가 결과는 후속 갱신 자료와 결합하여 준국가 수준 REDD+ 사업 설계의 핵심 자료로 활용 가능할 것이다.

■ 참고문헌 ■

- 김오석·윤여창, 2014, “북한의 탄소저감과 산림보존을 위한 사업대상지 선정방법 연구,” 『대한지리학회지』, 49(2), pp.263-274.
- 박소희·구자춘·석현덕, 2014, “북한 황폐산지 복구 사업의 우선 대상지 선정,” 『한국산림경제학회지』, 21, pp.27-46.
- 배재수·설미현, 2012, “한국의 REDD+ 협력 국가 선정 :산림률과 산림전용률을 기준으로,” 『한국국제농업개발학회지』, 24(4), pp.397-403
- 배재수, 2013a, “북한 산림황폐지 복구를 위한 REDD 메커니즘 사전 검토,” 『한국임학회지』, 102(4), pp.491-498.
- 배재수·김철민·송민경·장상경, 2013b, “인도네시아 REDD+의 이상과 현실,” 『국립산림과학원』, 13(5), pp.107.
- 산림청, 2021a, 『2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략』, 대전: 산림청.
- _____, 2021b, 『알고보면 쓸모있는 REDD+ 이모저모!』, 대전: 산림청.
- _____, 2024, 『2025 ~ 2029 제1차 국외산림탄소축적증진 5개년 종합계획』, 대전: 산림청.
- 석현덕·김영훈·이요한·구자춘·박소희·이찬휘·윤택승, 2014, 『북한 황폐산지 복구를 위한 협력 방향』, 나주:한국농촌경제연구원.
- 송민경·박미선·윤여창, 2012, “『로동신문』에 드러난 북한의 산림정책,” 『환경정책연구』, 11(3), pp.123-148
- 양아람·김은희·박소희·감동현·나성준·오삼언 등, 2022, “북한의 지역특성을 고려한 맞춤형 임농복합경영 모델 개발,” 『국립산림과학원』, 22(7), pp.128.
- 염단비·염정설, 2011, “MRV관점에서 UN-REDD 등록 가능성 분석: 개성시의 사례를 중심으로,” 『환경법연구』, 33(3), pp.29-62
- 유성진·이우균·이승호·김은숙·이종렬, 2011, “위성영상과 공간자료를 이용한 북한 지역의 재조림 CDM 대상지 선정 및 적지분석 방안,” 『대한공간정보학회지』, 19(3), pp.3-11.
- 조장환·구자춘·윤여창, 2011, “북한 산림전용 방지수단으로서의 REDD 사업의 경제적 타당성 분석,” 『한국임학회지』, 100(4), pp.630-638.

- 주승민·엄정섭, 2014a, “UN-REDD 기회비용 산정에서 위성영상 기반의 MRV 여건평가: 금강산을 사례로,” 『대한공간정보학회지』, 22(3), pp.47-58.
- _____, 2014b, “백두산에서 탄소저장량 비교분석을 통한 UN REDD/AR-CDM 등록대상 소유역 추적,” 『대한공간정보학회지』, 22(2), pp.1-9.
- 최진호·엄정섭, 2012, “북한 지역 UN-REDD 등록 타당성 분석을 위한 위성영상 활용 : 금강산을 사례로,” 『한국지형공간정보학회지』, 20(4), pp.77-87.
- Angelsen, A., C. Streck., L. Peskett., J. Brown and C. Luttrell, 2008, 『What is the right scale for REDD? National, subnational and nested approaches. Moving ahead with REDD: issues, options and implications』, Bogor: CIFOR, Indonesia.
- Angelsen, A., M. Brockhaus., W. D. Sunderlin and L. V. Verchot, 2012, 『Analysing REDD+: challenges and choices』, Bogor: CIFOR.
- CBS and UNFPA, 2015, 『Democratic people’s Republic of Korea: socio-economic, demographic and health Survey 2014』, Central Bureau of Statistics & United Nations Population Fund, Pyongyang.
- Cerbu, G. A., B. M. Swallow and D. Y. Thompson, 2011, “Locating REDD: A global survey and analysis of REDD readiness and demonstration activities,” *Environmental Science & Policy*, 14(2), pp.168-180.
- CIFOR (Center for International Forestry Research), 2012, 『Analysing REDD+: Challenges and choice』, Bogor: CIFOR, Indonesia.
- East and Southern Africa Katoomba Gropu, 2010, 『Review of criteria for selecting sites for the TFCG MJUMITA project』, Tanzania.
- Elves-Powell, J., J. Dolan., S. M. Durant., H. Lee, J. D. C. Linnell., S. T. Turvey et al., 2024, “Integrating local ecological knowledge and remote sensing reveals patterns and drivers of forest cover change: North Korea as a case study,” *Regional Environmental Change*, 24(3), 97.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2014. 『Global forest resources assessment 2015-Country Report-Dem People’s Rep of Korea』, Roma: FAO
- Jung, Y. and J. Kim, 2025, “Subnational REDD+ implementation: a synthesis of opportunities and challenges,” *Land*, 14(6), 1152.
- KDI (Korea Development Institute), 2021, 『Dialogue on the North Korea Economy』, Sejong: KDI
- Kim, K. J. and K. M. Kim, 2010, “A review and evaluation of the technological principles of agroforestry,” *Forest Science*. 2010(1), pp.44-48.
- Lin, L., E. Sills and H. Cheshire, 2014, “Targeting areas for reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD+) projects in Tanzania,” *Global Environmental Change*. 24, pp.277-286.

- MoLEP (Ministry of Land and Environment Protection), 2015, 『DPRK national agroforestry strategy and action plan』, Ministry of Land and Environment Protection, Pyongyang.
- Noland, M., 2025, "Turning back the clock: The changing nature of North Korean food insecurity," *Asia and the Global Economy*, 5(1), 100107.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2003, 『Good practice guidance for land use, land-use change and forestry』, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa.
- Oh, Y.C., 2012, 『A study on the UNFCCC forestry mechanism in North Korea』, Seoul, Seoul National University Graduate School of Environmental Studies.
- Pang, C., H. Yn., J. He and J. Xu, 2013, "Deforestation and changes in landscape patterns from 1979 to 2006 in Suan County, DPR Korea," *Forests*, 4(4), pp.968-983.
- Park, Y.J., 2015, "A study on the evaluation of soil erosion in Pitch pine agroforestry site," *Forest Science*, 2015(4), pp.18-22.
- Piao Dongfan·이우균·Yongyan Zhu·김문일·송철호, 2016, "북한에서의 REDD+ 사업을 위한 산림황폐화 및 탄소저장량 평가," 『한국환경생물학회지』, 34(1), pp.1-7.
- Richards, M., 2017, 『Developing sub-national REDD+ action plans: a manual for facilitators』.
- Roe, S.A., 2012, 『Spatial Prioritization of REDD+ sites in the Philippines』, Master thesi, Durham, Duke University.
- UNFPA (United Nations Population Fund), 2009, 『DPR Korea 2008 Population Census: National Report』.
- _____, 2015, 『Democratic People's Republic of Korea Socio-Economic, Demographic and Health Survey 2014』.
- UN-REDD Programme, 2012, 『UPDATD-criteria for prioritizing countries for new national programmes』.
- _____, 2015, 『Pilot province Selection criteria』.
- WFP (United Nations World Food Programme), 2017, 『DPR Korea needs and priorities』.
- Woldemariam, T., 2014, 『A procedure for screening and selecting potential forest sites for REDD+ pilot development in Ethiopia』, National REDD+ Secretariat Ministry of Environment and Forest, Addis Ababa. 15.
- Yun, C. H. and N. H. Yun, 2013, "A Study on determination of stable structural model for soil erosion evaluation and erosion at Changseong larch agroforestry site," *Forest Science*, 2013(4), pp.38-42.

웹사이트

- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2010, 『The Cancun Agreements: outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term cooperative action under the convention』, <https://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>, [2025.11.12].
- _____, 2015, 『Statements made during joint high-level segment of COP 21 / CMP 11』, https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/cop21cmp11_hls_speech_dpr_korea.pdf, [2025.11.12].
- _____, 2016a, 『Framework convention on climate change』, https://unfccc.int/files/land_use_and_climate_change/redd/application/pdf/compilation_redd_decision_booklet_v1.2.pdf, [2025.11.10].
- _____, 2016b, 『Statements made during Joint high-level segment of COP 22 / CMP 12 / CMA 1』, https://unfccc.int/files/meetings/marrakech_nov_2016/application/pdf/republicofkorea_cop22cmp12cma1_hls.pdf, [2025.11.12].
- _____, 2016c, 『Intended nationally determined contribution of Democratic People's Republic of Korea』, <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/DPRK-I-NDC%20by%202030.pdf?utm>, [2025.11.20].
- _____, 2024, 『Statement by delegation of the Democratic People's Republic of Korea at 29th Conference of the Parties to the UNFCCC』, chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://unfccc.int/sites/default/files/resource/DEMOCRATIC%20PEOPLE%E2%80%99S%20REPUBLIC%20OF%20KOREA_cop29cmp19cma6_HLS_ENG.pdf, [2025.11.20].
- _____, 2025, 『COP 30 high-level segment - national statement - Democratic People's Republic of Korea』, chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://unfccc.int/sites/default/files/resource/DPRKOREA_cop30cmp20cma7_HLS_FR.pdf, [2025.12.24.].
- UNOCHA (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs), 2008, 『DPRK Disasters Database』, https://reliefweb.int/disasters?advanced-search=%28C74%29&list=Democratic+People%26%23039%3Bs+Republic+of+Korea+%28DPRK%29+Disasters&utm_source, [2025.12.24.].

김경민: 산림청 국립산림과학원 산림탄소연구센터장으로 재직중이다. 서울대에서 환경 계획학 석사학위와 지리학 박사학위를 받았다. 주요 연구분야는 위성, 라이다 응용 디지털 산림정보 해석, 시공간 정보 기반 산림흡수원 국가온실가스 산정체계 구축, 디지털 MRV 및 REDD+ 국제감축사업 이행전략 개발 등이다(greenann@korea.kr).

임중빈: 산림청 국립산림과학원 국가산림위성정보활용센터에서 임업연구사로 재직 중이다. 위성 원격탐사 데이터를 기반으로 정밀한 산림공간정보를 도출하고, 이를 기후변화 대응 및 과학적인 환경·산림정책 수립과 연계하는 연구를 수행하고 있다(jlim@korea.kr).

송민경: 산림청 국립산림과학원 산림탄소연구센터에 임업연구사로 재직중이다. 유엔기후변화협약의 REDD+ 및 파리협정 제6조 국제탄소시장 등 산림관련 협상, REDD+를 활용한 국외탄소흡수원 확충 방안 등 기후변화대응 산림정책에 관한 연구를 수행하고 있다(smkg918@korea.kr).

홍민아: 고려대학교 환경생태공학과 대학원에서 박사학위를 취득하고 현재 국립산림과학원 산림탄소연구센터에 재직 중이다. 기후변화에 따른 흡수원 적응 방안, 국외 탄소흡수원 확충, NDC 산림흡수원 전망에 관한 연구를 수행하고 있다(hongmina@korea.kr).

투 고 일: 2025년 12월 26일
심 사 일: 2026년 01월 20일
게재확정일: 2026년 06월 01일