J. Korean For. Soc. Vol. 102, No. 4, pp. 491~498 (2013)
http://dx.doi.org/10.14578/jkfs.2013.102.4.491

한국임학회지
JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

북한 산림황폐지 복구를 위한 REDD 메커니즘 사전 검토

배 재 수*
국립산림과학원 기후변화연구센터

A Preliminary Review of REDD Mechanism for Rehabilitating Forest Degradation of North Korea

Jae Soo Bae*
Center for Forest and Climate Change, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요 약: 북한 산림황폐화를 방지하기 위한 남북한 협력 수단으로 REDD 메커니즘의 적용 가능성을 사전 검토하였다. 북한은 기후변화협약이 국가 단위의 REDD+ 메커니즘의 이행 조건으로 요구한 REDD+ 국가 전략 수립과 산림 모니터링 시스템 등을 구비하지 못하였다. 또한 북한은 REDD 메커니즘을 적용하기 위한 토대인 산림자원 통계의 신뢰성 역시 부족하였다. 인공위성 영상자료를 활용하여 추정한 산림면적 자료를 제외한 대부분의 산림자원 통계는 신뢰할만한 산림조사 결과를 바탕으로 하지 않고 단순한 가정을 기초로 추정된 것이다. 이러한 검토 결과는 북한이 산림황폐지 복구 수단으로 REDD 메커니즘을 당장 적용할 수 없다는 것을 보여준다. 이를 바탕으로 향후 REDD 메커니즘을 북한에 적용하기 위한 연구 주제와 남북한 산림부문의 협력 의제를 제안하였다. (1) 최소한 2000년 이후 북한지역의 토지이용변화 탐지, 탄소축적변화 추정 및 산림전용・산림황폐화의 원인 구명 연구가 필요하다. (2) 남북한의 REDD+ 협력은 북한의 'REDD+ 국가 전략 수립' 및 '국가산림조사 체계 구축' 부문에 초점을 맞추어야 한다.

Abstract: Preliminary feasibility of REDD mechanism to combat forest degradation in North Korea is reviewed as a means of cooperation between South Korea and North Korea. North Korea has not established a national REDD+ strategy and a forest monitoring system which are required to implement REDD+ under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Credible statistical data of forest resources is a necessary condition for implementing REDD mechanism in the developing countries. However, other than forest area data using satellite images, statistical data of forest resources of North Korea are mostly estimated based on simple hypothesis rather than transparent and robust results from national forest inventory. The review of statistical data of forest resources of North Korea shows that North Korea is in a pre-stage of REDD readiness. The study suggests that following research and cooperation agendas should be considered to implement REDD mechanism in North Korea: 1) detecting land use change since 2000, measuring carbon stock change, and identifying causes of deforestation and forest degradation; and 2) establishing a national REDD+ strategy' and a national forest inventory system in North Korea.

Key words **:** *North Korea, REDD, national REDD+ strategy, forest transition*

서 론

이 논문은 북한 산림황폐화를 방지하기 위한 남북한 협력 수단으로 REDD(reducing emissions from deforestation and forest degradation) 메커니즘의 적용 가능성을 사전 검토하는 데 목적이 있다. 사전 검토 사항으로 (1) 국가 단위에서 REDD 메커니즘을 이행하기 위한 필수 요구사항과 (2) REDD 메커니즘을 적용하기 위한 토대인 북한 산림자원 통계, 특히 산림면적 자료의 신뢰성을 다루었다. 이를 바탕으로 REDD 메커니즘을 북한에 적용하는 데 필요한 연구 주제 및 남북한 산림부문의 협력 의제를 제안하고자 한다.

북한 산림은 1990년을 전후하여 감소하기 시작하였다(FAO, 2010; Park and Yu, 2009). 북한 정부는 1986년 식량 증산을 위한 다락밭 조성을 적극 권장하는 조치에서 1995년 신규 다락밭 조성을 전면 중지하는 정책으로 전환하였다(Park et al., 2011). 이러한 정책 전환은 1990년대 초반 산림황폐화로 인한 자연재해, 특히 1995년 대홍수의

*Corresponding author
E-mail: forestory@forest.go.kr

영향이 있었을 것이다. 북한의 산림황폐지는 1999년 163만 ha(KFRI, 1999)에서 2008년 284만 ha(KFRI, 2008)로 증가하였다. FAO(2010)는 북한 산림면적을 1990-2010년간 820만 ha에서 566만 ha로 감소하였다고 추정하였다.

북한지역에서 산림황폐화로 인한 2차적인 피해가 발생하고 있다. 대표적으로 홍수, 가뭄, 산사태 등과 같은 자연재해와 이로 인한 인명 피해를 들 수 있다. 2007년 북한은 세계 128개국 중 두 번째로 기후변화에 취약한 국가로 평가(Germanwatch, 2008)되었는데, 홍수, 가뭄 등 자연재해로 인해 인구 10만 명 당 2.33명이 사망하여 세계 1위를 차지하였다. 지난 20년간(1992-2011) 평균을 적용하여도 183개 국가 중 기후변화에 취약한 7번째 국가로 분류되었다(Harmeling and Eckstein, 2013).

이명박정부는 북한 산림황폐지를 복구하는 남북한 협력 방안으로 이전 정부의 대북 정책을 '퍼주기식 대북 정책'이라 비판하고 상호주의 접근방법으로 전환하였다. 대표적으로 북한지역 황폐지 조림과 탄소배출권을 연계하는 조림 CDM(clean development mechanism) 사업을 들 수 있다. CDM 사업을 통해 북한은 남한의 재정 지원으로 산림황폐지를 감소시키고 남한은 온실가스 감축 실적을 판매하거나 향후 국내 온실가스 감축 실적을 상쇄하는 수단으로 활용하고자 한 것이다. 산림청(KFS, 2009)은 '남북 산림협력 증진 방안'을 수립하고 북한의 평양, 혜산, 개성 등 8개 지역을 조림 CDM 사업 가능 대상지로 선정, 사업 추진에 대비하였다. 이 시기는 정부의 대북 산림협력사업의 방향에 따라 북한 조림 CDM 사업 가능 대상지를 선정(KFRI, 2008; Yu et al., 2011)하거나 조림 CDM 사업의 투자 수익성을 분석(Han, 2005)하고 북한지역의 산림황폐지 복구 수단으로 조림 CDM을 활용하는 방안 연구(Oh, 2007)에 집중되었다.

그러나 조림 CDM에 대한 북한의 수용성은 차치하더라도 대상지 확보의 어려움, 매 5년 또는 사업기간 종료 시 조림 배출권(tCER 또는 lCER)을 영구 배출권으로 전환해야 하는 기한부 탄소배출권이라는 한계(Bae et al., 2009) 등으로 인해 그 실현 가능성은 낮았다. 조림 사업은 다른 부문의 온실가스 감축사업과 달리 산불, 병충해 등 자연적인 재해와 사업기간 종료 후 개도국의 벌채, 자연재해 등으로 사업기간 동안 산림에 축적된 온실가스가 대기 중으로 방출될 수 있는 비영속성(non-permanence) 문제를 안고 있다. 이러한 이유로 선진국은 조림 CDM 사업 투자를 선호하지 않고 있다. 2012년 11월 30일 현재 CDM 사업으로 등록된 5,195건 중 조림 CDM 사업은 0.7%(40개)에 불과하다. 또한 같은 기간 CDM 배출권(CER)을 발행한 1,902건 중 조림 사업은 단 1건이며, 발행된 배출권 약 10억 CER 중 조림 배출권(tCER)이 차지하는 비중은 0.4%에 불과하다(Bae et al., 2013). 이런 이유로 조림 CDM은 북한 산림황폐지 복구 방안의 보조적인 수단으로 고려될 수 있으나 주된 복구 수단은 될 수 없을 것이다.

2007년 기후변화협약 제13차 당사국총회는 발리행동계획(Bali Action Plan) 수립에 합의하였다. 발리행동계획은 개도국의 산림전용 및 산림황폐화로 인한 온실가스 배출량을 감축(REDD)하는 활동에 선진국의 재정 지원을 약속하고 있다(UNFCCC, 2007). 즉, 개도국이 자발적으로 자국의 산림전용 및 산림황폐화를 방지하여 얻게 되는 온실가스 감축량에 대해 선진국이 재정적으로 보상하는 새로운 재정 메커니즘이 등장한 것이다.[1)]

개도국은 새로운 REDD 메커니즘의 등장에 즉각 큰 기대를 나타내었다. 조림 CDM에 비해 온실가스 감축잠재력이 큰 REDD 활동에 선진국의 직접적인 펀드 조성을 통한 재정 지원 또는 선진국의 온실가스 감축 목표를 상쇄하는 활동으로 인정받아 탄소 시장에서 REDD 배출권을 거래할 수 있을 것이라는 기대가 표출되었다. 이러한 REDD 메커니즘이 북한 산림황폐지를 복구하는 새로운 수단이 될 수 있을 것이라는 연구(Jo et al., 2012; Oh, 2013)도 제시되었다. 특히 조장환 등의 연구는 REDD 메커니즘이 북한지역의 산림전용을 방지하기 위한 수단이 될 수 있는가에 대해 경제적 타당성 검토를 위한 기초자료를 제공하였다는 측면에서 의의가 있다. 산림전용을 참조 배출수준 대비 25%를 감소시키는 시나리오를 적용했을 때 REDD 탄소배출권의 잠재량은 20년간 4,232만-5290만 tCO_2e, 연간 211.6-264.5만 tCO_2e으로 추정되었다. 이 온실가스 감축량은 우리나라의 2020년 기준 배출 전망치(business as usual) 대비 30%를 감축하겠다는 국가 온실가스 감축 목표의 약 10%에 해당한다. REDD의 손익분기 가격은 비영속성을 처리하기 위하여 도입한 buffer 비율을 20%로 가정할 때 19.19 $/$tCO_2e$으로 추정되었다. 자발적 탄소시장에서 거래되는 REDD 배출권 가격이 배출권 발행 단계에 따라 약 5-9 불이라는 것을 감안하면(Peters-Stanley et al., 2012) 북한의 REDD 사업은 경제성이 낮다고 할 수 있다. 물론 국가 수준이 아닌 사업 수준에서 바라본다면, 평균 탄소축적이 높고 산림감소율이 큰 지역을 사업지로 선택할 경우 REDD 사업의 경제성을 제고할 수 있을 것이다.

REDD 매커니즘이 기대만큼 당장 북한 산림황폐지를

[1)] 2012년 기후변화협약 제18차 당사국총회(카타르 도하)는 교토의정서 제2차 공약기간(2013-2020) 동안 REDD 활동을 교토의정서 체제의 탄소시장에 포함시키는 데 실패하였다. 즉, REDD 활동은 조림 활동과 달리 1차 공약기간(2008-2012)에 이어 2020년까지도 선진국의 의무 감축목표를 상쇄하는 CDM 활동 범주에서 제외되었다. 다만, Post-2020 신 기후변화체제에 도입될 새로운 시장 메커니즘에 REDD 활동이 포함될 가능성은 크다(IETA, 2012).

복구하는 유효한 대북 협력 수단이 될 수 있을 것인가, 아니면 조림 CDM처럼 제한적인 수단에 머물고 말 것인가. 그 검토의 출발점은 REDD 메커니즘을 정확히 이해하고 북한에서 REDD 메커니즘을 적용하기 위한 신뢰할만한 산림자원 통계의 존재 여부를 먼저 검토하는 데 있다.

연구방법

연구 목적을 달성하기 위해 문헌분석을 이용하였다. REDD는 기후변화협약 하에서 논의되는 개발도상국(개도국)의 온실가스 감축 활동 중 하나이다. 북한이 기후변화협약 하에서 REDD 메커니즘을 이용하여 선진국의 재정 지원과 기술이전을 받으려면 제16차 당사국총회에서 결정한 개도국의 필수적인 참여 요건을 구비해야 한다. 이런 측면에서 북한이 기후변화협약이 요구하는 REDD 메커니즘의 참여 요건을 얼마나 충족하고 있는지를 사전에 검토하는 것은 매우 중요하다. 다음으로 북한이 REDD 메커니즘에 참여하기 위한 기본 토대인 국가 단위 산림면적, 임목축적, 산림바이오매스 및 탄소축적 자료의 신뢰성을 평가하기 위하여 선행 연구와 FAO 추정 방법을 검토하였다. REDD의 명칭이 내포하고 있듯이 신뢰할만한 산림면적 변화의 탐지와 탄소축적 변화의 추정은 REDD 메커니즘을 이행하는 토대이다.

연구결과

1. REDD 메커니즘의 검토

1) 기후변화협약 하 개도국의 REDD 메커니즘의 참여 조건

개도국의 REDD 활동은 기후변화를 완화하기 위한 온실가스 감축 노력으로, 2007년 기후변화협약 제13차 당사국총회에서 공식 의제로 채택되었다(UNFCCC, 2007). REDD에 대한 국제 논의는 2008년부터 REDD+로 확장되었는데(Agrawal et al., 2011), 이는 기존의 산림전용과 산림황폐화 방지 활동뿐만 아니라 산림 보전, 산림의 지속가능한 경영과 산림탄소축적을 증진하는 활동까지도 선진국의 재정 및 기술 지원이 가능한 개도국의 온실가스 감축 활동으로 인정하였다는 것을 의미한다(Bae and Bae, 2009; UNFCCC, 2010).

기후변화협약 제16차 당사국총회의 결정문인 칸쿤합의문(Cancun Agreements)의 REDD+ 결정사항(UNFCCC, 2010)은 2005년부터 2010년까지 기후변화협약에서 논의된 다자간 국제 협상의 결과물이다. 칸쿤합의문은 발리행동계획의 REDD+ 활동 범주를 (1) 산림전용으로 인한 온실가스 배출량 감축, (2) 산림황폐화로 인한 온실가스 배출량 감축, (3) 산림 탄소축적의 보전, (4) 산림의 지속 가능한 경영, (5) 산림 탄소축적의 증진으로 유형화하였다(70조). 이 논문에서는 방법론이 명확하고 온실가스 감축 잠재력도 큰 (1)과 (2), 즉 산림전용 및 산림황폐화로 인한 온실가스 배출량을 감축하는 활동(REDD)에 한정하여 다룰 것이다.

칸쿤합의문은 개도국에게 REDD+ 활동을 수행하기 위하여 (a) 국가 전략 또는 실행 계획 (action plan) 수립, (b) 국가 산림 배출량 참조 수준 설정, (c) REDD+ 활동에 대한 투명한 산림 모니터링 체계 구축, (d) 안전장치를 어떻게 다루고 준수되어야 하는지에 대한 정보 제공 체계 등 4가지 요건(elements)의 구비를 요구하였다(71조).

현재 선진국의 지원 하에 개도국에서 적지 않은 REDD+ 준비 사업이 진행되고 있는 데, 대부분 (a) REDD+ 국가 전략 또는 실행 계획을 수립하는 데 초점이 맞추어져 있다. 개도국이 (b)와 (c)을 구비하는 것은 쉽지 않다. 아직 기후변화협약에서도 이를 위한 명확한 세부규칙이나 지침을 제공하지 못하고 있는데다 개도국 역시 국가 단위의 산림조사를 주기적으로 수행할 수 있는 체계를 마련하지 못하고 있기 때문이다. (d)는 효과적인 국가 거버넌스 구축과 이해당사자의 참여 보장, 천연림과 생물다양성의 보전, 실질적인 온실가스 감축 보장 등을 어떻게 다룰 것인지에 대해 정보를 제공하는 체계이다(Bae, 2012).

북한 역시 이 4가지 요건을 반드시 구비해야 한다. 특히 이들 요건 중 북한이 우선적으로 다루어야 할 것은 REDD+ 국가 전략 수립과 국가 산림모니터링 체계의 구축이다. REDD+ 국가 전략의 수립은 선진국 재정 지원의 전제 조건으로 여겨지고 있으며 UN-REDD 프로그램 및 양자협력의 주요 의제 중 하나이다. 특히 국가 산림모니터링 체계는 REDD+ 활동의 측정, 보고 및 검증(MRV) 체계의 기본이 된다. 이런 측면에서 상기 두 가지 요건은 북한지역에서의 REDD 이행과 관련하여 남북한이 협력할 수 있는 주요 과제가 될 것이다.

2) 자발적 탄소시장에서의 REDD 사업 추진

국가수준이 아니라 사업수준으로 북한지역에서 REDD 사업을 추진한다면 탄소인증표준(Verified Carbon Standard; VCS) 방법론과 지침을 고려할 필요가 있다. 2010년 현재 자발적 탄소시장에서 거래된 배출권의 약 53.8%가 VCS 방법론을 사용(Diaz et al., 2011)할 정도로 영향력이 큰 국제 탄소인증표준이기 때문이다. VCS는 이미 REDD와 관련된 다양한 방법론을 개발하였고 방법론 개발에 활용할 수 있는 다양한 모듈 또는 도구를 개발하고 있다.

국제 탄소시장의 규모는 교토의정서 발효 이후 지속적인 성장세를 보이고 있다. 특히, 2008년 국제 금융 위기와 공급 과잉으로 인한 배출권 가격하락에도 불구하고 탄소시장의 거래액 규모는 2011년까지 증가세를 유지하고 있

다. 2011년 기준으로 탄소시장의 규모는 거래량 기준으로 약 102.8억 이산화탄소 톤, 거래금액으로 약 200조원(1,760억 달러)에 달하고 있다(Kossoy and Guigon, 2012). 이는 2010년 대비, 거래량은 약 17%, 거래금액은 약 11% 증가한 규모이다.

현재 거래량 기준으로 전체 탄소시장에서 산림탄소배출권이 차지하는 비중은 0.2%에 불과할 정도로 미미하다. 반면 규제시장과 달리 자발적 탄소시장에서는 REDD 활동을 포함한 대부분의 산림 활동이 배출권을 발생시키는 활동 범주에 포함되었다. 2011년을 기준으로 전체 자발적 탄소시장에서 산림관련 배출권의 거래량은 전체의 23%를 차지하고 있다(Peters-Stanley et al., 2012). 2011년 기준으로 산림탄소배출권 시장 규모는 거래량으로 약 26백만 이산화탄소 톤, 거래금액으로 약 2.4억 달러를 기록하였다(Peters-Stanley et al., 2012). 2010년 대비 산림탄소 배출권의 거래량은 약 22% 감소한 반면 거래금액은 약 34% 증가하였다. 2010년 REDD+ 배출권이 가장 높은 비중을 차지한 반면 2011년에는 조림 배출권이 1,400만 이산화탄소 톤으로 가장 높은 비중을 차지하였다.

2. 북한 산림자원 자료 검토

개도국에 REDD 사업을 추진하기 위해서는 최소한 10년 이상의 산림면적 변화와 탄소축적 변화를 추정하여야 한다. 산림면적 변화는 항공사진 판독을 통하여 입목지 면적을 조사하거나 위성영상 자료 분석을 통해 알 수 있다. 또한 토지이용 변화에 따른 산림탄소축적의 변화를 추정하여야 한다. 일반적으로 산림탄소축적은 주기적인 국가산림조사를 통해 얻어진다. IPCC(2003)는 각 국가에 지상부 바이오매스, 지하부 바이오매스, 고사목, 낙엽 및 토양 등 5가지 탄소저장고별 탄소축적을 조사하도록 권장하고 있다. VCS는 시간과 경비를 고려하여 최소한 지상부 바이오매스와 지하부 바이오매스의 탄소축적 변화를 측정하면 REDD 사업으로 인정하고 있다. 이런 측면에서 이 논문은 현재 북한의 산림면적, 임목축적, 산림바이오매스 및 탄소축적 자료를 검토하고자 한다.

1) 산림면적 자료 검토

REDD의 정의가 함축하고 있듯이 북한의 산림면적 변화의 정확한 추정은 REDD 메커니즘 적용의 출발점이다. 먼저 북한의 산림면적 변화를 살펴보기 전에 산지와 산림에 대한 용어를 명확히 할 필요가 있다. REDD에서 다루는 '산림' 전용은 산림이 영구적으로 산림이 아닌 토지로 전환되는 것을 말한다. 여기서 말하는 산림이란 각 국가가 최소 토지면적, 최소 수고, 최소 수관울폐도에 대한 기준을 정하고 이에 충족하는 토지를 말한다(UNFCCC, 2005). 예를 들어 우리나라의 산림 정의는 최소 토지면적이 0.5 ha, 최소 수고 5 m, 최소 수관울폐도 10%를 충족하는 토지를 말한다(탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률시행령 제2조①항). 즉, 산림이란 이러한 기준을 충족하는 입목지(forested land)를 뜻하는 것으로, 나무는 없지만 지목 상 산지를 뜻하는 토지는 산림이 아닌 것이다. 우리나라가 1950년대 중반 산림변천을 경험하였다는 것 역시 지목 상 임야 또는 산지가 아닌 입목지를 기준으로 말한 것이다(Bae et al., 2012). 현재 북한이 국제사회에 제시한 산림에 대한 정의는 없으며 이 논문에서 사용하고 있는 산림은 산지나 지목 상 산지가 아닌 입목지를 의미한다.

북한지역의 산림면적과 관련하여 어느 정도 신뢰할만한 자료는 1933년 조선총독부통계연보에서 확인할 수 있다. 조선임야조사사업(1917-1924)이 완료되어 임야에 대한 필지별 경계와 소유자가 경계 측량을 통해 확정된 결과가 반영되었기 때문이다(Bae, 1997). 1933-1943년간 도별 입목지 면적이 조선총독부통계연보에 제시되어 있고 관련 자료는 통계청 홈페이지(http://kosis.kr)에서 확인할 수 있다. 다만 1943년 입목지 면적은 산생지, 무립목지 등이 포함된 오산으로 재계산을 하였다. 남북한이 분단될 때 강원도가 남북한에 부분적으로 분할될 것을 반영하여 북한지역 산림면적을 추정하였다. 이 논문에서는 남북한 분단 시 강원도의 37%가 북한지역에 편입되었다는 것을 고려하여 1933-1943년간 강원도의 입목지 면적의 37%가 북한지역에 포함되었다고 가정하였다. 이러한 가정 하에 1933-1943년간 북한지역의 산림면적은 614만-634만 ha로, 전체 토지면적에서 차지하는 산림률은 50-51%를 차지하였다. 반면 남북한 분단 이후 1990년 이전의 북한 산림면적은 불확실하다. 1970년 북한이 제시한 972.6만 ha(Kim, 1997)는 입목지 면적(산림)이 아닌 산지 면적을 의미한다.

UNEP(2003)는 1990년, 1993년, 1996년의 북한 산림면적을 북한의 중앙 통계국 자료를 인용하여 제시하였다. 이 자료는 2000-2010년간 FAO의 북한 산림면적 추정치의 근거가 되었다. FAO는 1990년 북한 산림면적을 전체 산지면적 902.0만 ha에서 무립목지 81.9만 ha를 제외한 820.1만 ha로 간주하였다. FAO는 1990년 산지면적에서 차지하는 입목지 면적 비율인 90.9%를 이용하여 1996년 산지면적 821.1만 ha의 90.9%인 744.0만 ha를 산림면적으로 추

Table 1. Estimation of DPRK's forestland and forest cover (FAO). Unit: thousand ha

	1990	1996	2000	2005	2010
Forestland	9,020[1)]	8,183[1)]			
Forest cover	8,201[1)]	7,440[2)]	6,933[2)]	6,299[2)]	5,666[2)]

Source: [1)] UNEP(2003), [2)] FAO(2010).

Table 2. Trends in forest cover of DPRK. Unit: thousand ha

Year	Forestland	Forest cover	References
1933	9,634	6,147	JGGJ (1933)
1945	9,703	6,520	JGGJ (1943) Bae *et al.* (2012)
1970	9,726		Kim (1997)
1990	9,020	8,201	UNEP (2003)
1998		8,446	Lee *et al*. (1998)
1970s-1990s			Lee *et al.* (1999)
1996	8,183	7,440	Forestland: UNEP (2003) Forest cover: FAO (2010)
1999	9,165	7,534	KFRI (1999)
2000		6,933	FAO (2010)
2008	8,933	6,155	KFRI (2008)
2010		5,666	FAO (2010)

Table 3. Trends in growing stock of DPRK.

Year	Average growing stock (m^3/ha)		References
	Forestland	Forest cover	
1927	20.8	38.1	JGGJ(1927)
1943	14.3	21.4	JGGJ(1943)
1945	14.2		UNEP (2003)
1978	53.6		UNEP (2003)
1990	55.9	61.48	UNEP (2003)
1996	56.1		UNEP (2003)
2000		62.89	FAO (2010)
2002		63.50	DPRK (2002)
2005		63.50	FAO (2010)
2010		63.50	FAO (2010)

정하였다. 또한 1990-1996년간 연간 산림감소 면적 12.6만 ha가 2000년, 2005년, 2010년까지 그대로 유지된다고 가정하여 북한 산림면적을 추정하였다. 이러한 가정은 북한 산림전용률이 시간이 지날수록 증가하는 경향을 낳게 한다.

국립산림과학원은 인공위성 영상 자료를 활용하여 북한 산림황폐지를 추정하였다. 1997-1999년간 Landsat 영상 자료를 이용하여 분석한 결과 북한 산지면적은 916.5만 ha, 산림면적은 753.4만 ha로 추정하였다(KFRI, 1999). 총 163만 ha의 산림황폐지가 북한에 존재하며 나지, 개간산지, 무립목지 중 약 60%가 개간산지라는 추정 결과를 발표하였다. 이 자료는 북한 산림황폐화의 주요 원인이 비탈밭, 다락밭과 같은 과도한 식량증산 정책과 연결되어 있다는 것을 정량적으로 밝힌 최초의 연구결과이다.

국립산림과학원은 2008년 SPOT-5 위성영상 자료를 이용하여 분석한 결과, 북한 산지면적은 899.3만 ha, 산림면적은 615.4만 ha로 추정하였다(KFRI, 2008). 1999-2008년간 138만 ha의 산림이 감소하여, 연간 2%의 높은 산림감소율을 보였다. 국립산림과학원의 추정 자료는 FAO의 추정 결과와 다소 차이를 보이나 산림감소 추세는 동일하였다.[2)]

2) 임목축적 자료 검토

북한의 임목축적(growing stock) 자료는 산림면적 자료보다 더 신뢰성이 떨어진다. 북한이 우리나라처럼 국가산림조사를 주기적으로 수행하고 있는지는 불명확하다. 입목지의 ha 당 평균 임목축적은 1943년 21.4 m^3이었다. 남북 분단 이후 최초의 임목축적 자료가 1978년 북한에 의해 제시되었는데, 전체 산지를 대상으로 한 평균 임목축적은 53.6 m^3이었다. 이후 1990년 전체 산지를 대상으로 한 평균 임목축적이 제시되었는데, 1978년과 큰 차이가 없는 55.9 m^3이였다. FAO는 입목지를 대상으로 한 평균 임목축적 역시 1990-2010년간 거의 차이가 없는 것으로 추정하였다. 즉, 1978-2010년간 북한의 평균 임목축적은 장기간 정체되었다고 평가할 수 있다. 그러나 산림면적의 급격한 감소로 북한 총 임목축적은 1990-2010년간 504백만에서 360백만 m^3로 급격히 감소하였다(FAO, 2010). 이러한 총 임목축적의 감소 경향은 1960년대 이후 무립목지가 급격히 감소하고 입목축적이 꾸준히 증가하는 남한(Bae et al., 2012)과 대비된다.

3) 산림바이오매스 및 탄소축적 자료 검토

산림바이오매스와 탄소축적 자료는 임목축적에 큰 영향을 받는다. 임목축적 자료의 신뢰성이 떨어지기 때문에 이를 바탕으로 한 산림바이오매스 및 탄소축적 역시 신뢰성이 부족하다. FAO는 북한의 1990-2010년간 산림바이오매스와 탄소축적을 Table 4와 같이 추정하였다. FAO는 임목축적을 산림바이오매스와 탄소축적으로 전환하기 위한 기본 요소인 기본 목재밀도, 바이오매스 확장계수(BEF), 뿌리-지상부(R-S) 비율을 이승호 등(Lee et al., 1998)의 연구결과와 북한자료를 이용하여 추정하였다(FAO, 2010). 2010년 기준으로 남북한 평균 산림 탄소축적을 비교하면, 임목축적의 차이만큼 남한이 북한보다 약 2배 높다(Table 5).

[1)] 2007년 MODIS 화상 자료를 이용하여 북한지역의 산림면적을 추정한 결과(Park and Yu, 2009)는 763.4만 ha로 국립산림과학원의 추정 결과인 615.4만 ha와 큰 차이를 보였다. 또한 2008년, 2009년의 MODIS 인공위성 영상자료를 활용하여 북한 산림을 추정한 결과인 산지면적 938만 ha, 산림면적 731만 ha와도 차이를 보인다(Yu et al., 2011). 거의 같은 시기의 인공위성 영상자료를 이용하여 분석한 결과들 사이에 적지 않은 차이를 보이는데, 인공인성 영상자료 간 공간해상도를 고려하더라도 차이가 크다. 향후 이에 대한 분석이 요구된다.

Table 5. Comparison of average carbon stock between ROK and DPRK as of 2010.

	Average growing stock (m^3/ha)	Basic wood density	BEF	R-S ratio	Carbon conversion factor	Average carbon stock (tC/ha)	Average c arbon stock (tCO_2/ha)
ROK(A)	129.63	0.572	1.387	1.308	0.5	67.26	246.62
DPRK(B)	63.50	0.594	1.243	1.368	0.5	32.07	117.59
A/B (%)	204.14					209.73	209.73

Source: KFS (2013).

Table 4. Trends in forest biomass and forest carbon stock of DPRK.

	1990	2000	2005	2010
Total growing stock (million)	504.20	436.02	399.99	359.79
Above-ground biomass (million ton)	372.54	322.16	295.54	265.84
Below-ground biomass (million ton)	136.93	118.41	108.63	97.71
Total biomass (million ton)	509.47	440.58	404.17	363.55
Carbon stock (million tC)	239.45	207.07	189.96	170.87
Carbon stock (million tCO2)	877.98	759.26	696.52	626.52
Average carbon stock (tC/ha)	29.20	29.87	30.16	30.16
Average carbon stock (tCO_2/ha)	107.06	109.51	110.58	110.57

Source: FAO (2010).

고 찰

북한 산림황폐화를 방지하기 위한 남북한 협력 수단으로 REDD 메커니즘의 적용 가능성을 사전 검토하였다. 북한은 기후변화협약이 국가 단위의 REDD+ 메커니즘의 이행 조건으로 요구한 REDD+ 국가 전략 수립과 산림 모니터링 시스템 등을 구비하지 못하였다. 또한 북한은 REDD 메커니즘을 적용하기 위한 토대인 산림자원 통계의 신뢰성 역시 부족하였다. 인공위성 영상자료를 활용하여 추정한 산림면적 자료를 제외한 대부분의 산림자원 통계는 신뢰할만한 산림조사 결과를 바탕으로 하지 않고 단순한 가정을 기초로 추정된 것이다. 이러한 검토 결과는 북한이 산림황폐지 복구 수단으로 REDD 메커니즘을 당장 적용할 수 없다는 것을 보여준다. 이하 사전 검토 결과를 바탕으로 REDD 메커니즘을 북한에 적용하기 위한 연구 주제와 남북한 산림부문 협력 의제를 제안하고자 한다.

먼저 10년 단위(1990년, 2000년, 2010년) 북한 토지이용변화를 위성영상 자료 분석을 통해 탐지하는 연구가 필요하다. 북한 산림면적에 대한 FAO 통계는 REDD 사업의 참조배출수준을 설정하는 데 이용하기에는 신뢰성이 떨어진다. VCS 등록을 고려한다면 최근 10년간을 5년 단위(2000, 2005, 2010)로 보다 세밀하게 분석할 필요가 있다. 일관된 토지이용변화를 파악하기 위해 정의, IPCC의 6개 토지이용 유형을 바탕으로 한 분류, 산림 및 산림황폐지 유형 등 일관된 분류 체계를 적용하여야 한다. 이러한 정보는 단순히 REDD 메커니즘의 적용에만 연관된 것이 아니라 향후 통일을 대비한 북한 산림관리 측면에서도 가장 기초적인 북한 산림정보로 이용할 수 있을 것이다. 더불어 북한지역의 산림탄소축적을 추정하는 연구가 필요하다. 북한지역에서의 현지 산림조사가 어렵다면 산림 유형별, 수종별로 비교적 유사한 남한의 자료를 원용 또는 활용하는 연구가 필요하다. 특히 목재기본밀도, 바이오매스 확장계수(BEF), 뿌리-지상부(R-S) 비율은 남한에서 수행된 연구 결과를 바로 이용할 수 있거나 추가적인 연구를 통해 활용할 수 있을 것이다. 다만 국가 산림바이오매스 자료는 국가 산림조사와 같은 주기적인 조사 결과로부터 생산되기 때문에 현재 신뢰할만한 자료를 얻는 데 한계가 있다. 이런 측면에서 북한지역에 REDD 메커니즘을 적용하기 위한 북한 국가산림조사(National Forest Inventory) 체계 구축은 남북한 산림부문의 협력 과제가 될 수 있다. 다음으로 북한의 산림감소가 가속화되는 1990년대 이후 북한 산림감소의 직접원인과 근본원인에 대해 위성영상 자료 분석 결과와 사회경제적 원인 분석을 연계한 심층적인 연구가 필요하다.

마지막으로 REDD 메커니즘 적용과 연결된 남북한 산림부문 협력 의제를 국가 수준에서 제안해 보고자 한다. 북한이 국가 수준에서 REDD+ 메커니즘을 통해 선진국의 재정 지원을 받으려면 REDD+ 국가 전략 또는 실행 계획을 수립하고 국가 산림 모니터링 체계를 반드시 갖추어야 한다. 이런 측면에서 남북한은 북한 REDD+ 국가 전략 수립과 국가산림조사 체계 구축을 위해 상호 협력할 수 있다. 북한 역시 다양한 임상별 토지이용 변화와 토양탄소를 포함하여 온실가스 인벤토리를 증진하기 위한 새로운

산림자원조사계를 도입할 필요성이 있다는 것을 밝히고 있다(DPRK, 2000). 북한이 남한의 협력・지원에 소극적이라면 UN-REDD 프로그램(개도국의 REDD 준비 지원), FAO(MRV, 국가 산림모니터링 시스템 구축과 능력배양), UNDP(REDD 이행 프로그램 및 재정 지원)와 같은 국제기구와 연계한 3자 협력을 모색할 수 있다.

남북한 REDD 협력 방안을 고려할 때 최근 노르웨이의 REDD+ 협력 방법에 주목할 필요가 있다. 노르웨이는 브라질, 콩고, 인도네시아와 같은 세계 3대 열대림 보유국 등과 REDD+ 파트너십에 관한 양자협력을 체결하였다. 대표적으로 인도네시아-노르웨이 간 REDD+ 파트너십에 관한 의향서(Letter of Intent) 체결이 있다(Norway and Indonesia, 2010). 인도네시아가 2년간 천연림과 이탄지에 대한 신규 산림허가권 유예 조치 등 REDD+ 활동을 이행하는 대신 노르웨이는 그 결과를 검증하여 최대 10억불을 인도네시아에 제공한다는 데 양국이 합의하였다. 노르웨이는 최대 10억불을 지원하는 대신 인도네시아에게 REDD+ 국가 전략 수립, REDD+ 거버넌스 구축(대통령 직속의 REDD+ Agency, 재정 기구, 독립적인 MRV 기구 설립), 주 단위의 REDD+ 시범사업 추진, 천연림과 이탄지에 대한 2년간 신규 산림허가권의 발행 유예 등 구체적인 조치를 요구하였다(Bae, 2013). 단순히 산림전용과 산림황폐화를 방지하고자 하는 것이 아니라 인도네시아의 산림 거버넌스를 전환시키고자 했던 것이다. 즉, 개도국에서 개별 산림보전 사업으론 실제 효과를 거두는 데 한계가 있으며 국가의 산림관리 능력과 거버넌스 등 근본적인 변화가 있어야 본래 목적을 달성할 수 있다는 노르웨이의 의도가 강하게 반영된 것으로 보인다. 노르웨이는 인도네시아의 REDD+ 이행 노력을 사후 검증하고 그 결과를 노르웨이 의회에 보고・승인하는 절차를 통해 재정 지원이 이루어지도록 정치적인 안전장치를 만들었다.

남북한 간 협력 분위기가 조성되면 남한 정부가 북한 정부에 REDD+ 협력을 제안할 수 있을 것이다. 이때 북한의 REDD+ 전략 수립, 국가산림조사 체계 구축, 산림전용 및 산림황폐화 방지 활동 이행, 이를 통해 실질적인 온실가스 감축이 이루어진다면 국회 동의를 거쳐 그에 상응하는 지원을 이행하는 협력 방안도 생각해 볼 수 있을 것이다. 만약 Post-2020 신 기후변화체제에 REDD+ 활동이 온실가스 의무감축국의 감축 목표를 상쇄하는 새로운 메커니즘의 하나로 포함된다면, 북한 REDD+ 활동으로 인한 온실가스 감축량은 우리나라의 온실가스 감축 목표를 상쇄하는 데 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

1990년대 이후 인공위성 영상자료를 이용하여 추정한 북한 산림면적 자료의 신뢰성에 대해 검토 의견을 주신 국립산림과학원 이승호 박사님과 서울대학교의 유재심님에게 깊은 감사의 뜻을 전한다.

인용문헌

Agrawal, A., Nepstad, D. and Chhatre, A. 2011. Reducing emissions from deforestation and forest degradation. Annual Review of Environmental Resources. 2011.36: 373-396.

Bae, J.S. 1997. A study on the Chosun forest policy during the rule of Imperialist Japan: With an emphasis on the national forest policy. Seoul National University Ph.D. Dissertation. pp.281.

Bae, J.S. 2012. Development of criteria for evaluating Indonesia's REDD+ strategy. Journal of Korean Forest Society 101(4): 606-612.

Bae, J.S. 2013. Indonesia's REDD+ national strategy between ideal and reality. Journal of Korean Forest Society 102(2): 189-197.

Bae, J.S. and Bae, K.K. 2009. Assessment of the potential carbon credit from reducing emissions from deforestation and enhancement of forest carbon stock activities in developing countries. Journal of Korean Forest Society 98(3): 263-271.

Bae, J.S., Joo., R.W. and Kim, Y-S. 2012. Forest transition in South Korea: Reality, path and drivers. Land Use Policy 29: 198-207.

Bae, J.S., Jung, B.H, Joo, R.W., Park., K.S., Lim, J.H., Han., S.H. and Min, K.S. 2009. A guidebook for afforestation and reforestation CDM. Korea Forest Research Institute Research Report 09-30. pp. 380.

Bae, J.S., Kim, Y.H. and Han, K.J. 2013. Trends of forest carbon market and new opportunities for forest management. Agriculture Prospect 2013(I). pp. 523-557.

Diaz, D., Hamilton K. and Johnson, E. 2012. State of the Forest Carbon Markets 2011. Ecosystem Marketpalce. pp. 70.

DPRK (Democratic People's Republic of Korea). 2000. DPRK's First National Communication under the Framework Convention on Climate Change. DPRK. pp.68.

DPRK (Democratic People's Republic of Korea). 2002. National Report to the Third Session of the United Nations Forum on Forests. Ministry of Land and Environment Protection, DPRK.

FAO (Food and Agriculture of the United Nations). 2010. Country Report: The Democratic People's Republic of Korea. Global Forest Resouces Assessment 2010. Rome, Italy. pp.37.

Germanwatch. 2008. The Climate Change Performance Index: A comparison of emissions trends and climate protection policies of the top 56 CO2 emitting nations. pp.19.

Government of the Kingdom of Norway (Norway) and Government of the Republic of Indonesia (ROI). 2010. Let-

ter of Intent (LOI): Cooperation on reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation. Oslo, Norway.

Han, K.J. 2005. An economic analysis of forest sink CDM in North Korea. Unpublished Master thesis, Seoul National University. Seoul, Republic of Korea(ROK). pp. 97.

Harmeling, S. and Eckstein, D. 2013. Global Climate Risk Index 2013: Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2011 and 1992 to 2011. Germanwatch Briefing Paper. pp. 27.

IETA (International Emissions Trading Association). 2012 (7th Edition), GHG Market Sentiment Survey. pp. 22.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *In* Perman, J. et al., (eds.). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IGES, Kanagawa, Japan.

JGGI (Japanese Government-General of Joseon). Various years (1927-1943), Statistical Yearbook of the Government General of Joseon. JGGJ, Seoul (in Japanese).

Jo, J.H., Koo, J.C. and Youn, Y.C. 2011. Economic feasibility of REDD project for preventing deforestation in North Korea. Journal of Korean Forest Society 100(4): 630-638.

KFRI (Korea Forest Research Institute). 1999. Forest degradation detection of North Korea using satellite image data. Annual report of KFRI (Forest resources 5-III). pp. 303-311.

KFRI (Korea Forest Research Institute). 2008, A study on forest degradation detection of North Korea and suitable site selection of afforestation and reforestation CDM in Gyeseong area using satellite image data. Annual special report of KFRI. Special report of KFRI. pp. 50.

KFS (Korea Forest Service). 2013. Development of Greenhouse Gas Inventory System in forest sector for Post-2012 Climate Regime. Special Paper of Korea Forest Service. pp. 352.

Korea Forest Service (KFS). 2009. Improvement options for forest cooperation between South Korea and North Korea. pp. 78.

Kim, U.K. 1997. Agriculture and forestry of North Korea. Ministry of Information. pp. 181.

Kossoy, A. and Guigon, P. 2012. State and trends of the carbon market 2012. Carbon Finance, World Bank. Washington, USA. pp. 133.

Lee, K-S., Jung, M-R. and Yoon, J-S. 1999. Content and characteristics of forest cover changes in North Korea. Journal of Korean Forest Society 88(3): 352-363.

Lee, S.H., Chung, S.H. and Song, J.H. 1998. Forest resources of North Korea using satellite remote sensing data. Journal of Forest Science of KFRI 58: 1-13.

Ministry of Government Legislation. 2013. Act of the Allocation and Trading of Greenhouse Gas Emission Permits.

Oh, Y-C. 2007. A study on the UNFCCC forestry mechanism in North Korea. Unpublished doctoral dissertation, Seoul National University. Seoul, ROK. pp. 162.

Oh, Y-C. 2012. A study on A/R CDM application for the forestation and deforested land in North Korea. Unpublished Master thesis, Seoul National University. Seoul, ROK. pp. 79.

Park, C. and Yu, J. 2009. Forest degradation detection of North Korea using remote sensing. Collection of environmental papers 48: 3-24.

Park, K.S., Lee, S.Y. and Park, S.Y. 2011. A study on the basic directions for forest rehabilitation programs considering to economic and social conditions of North Korea. Journal of Korean Forest Society 100(3): 423-431.

Peters-Stanley, M., Hamilton, K. and Yin, D. 2012. State of Forest Carbon Markets 2012. Ecosystem Marketplace. pp.86.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. DPR Korea: State of the Environment 2003. Thailand. pp. 65.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2007. Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action. FCCC/CP/2007/6/Add.1, pp. 8-11.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2005. Decision 16/CMP.1 on Land use, land-use change and forestry.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2010. Decision 1/CP.16, The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention (FCCC/CP/2010/7/Add.1).

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2011. Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention.

Verified Carbon Standard. http://v-c-s.org/

Yoo, S.J., Lee, W.K., Lee, S.H., Kim, E.S. and Lee, J.Y. 2011. Approach for suitable site selection and analysis for reforestation CDM using satellite image and spatial data in North Korea. Korean Society for Geospatial Information System 19(3): 3-11.

Yu, J., Park, C. and Lee, S. 2011. Level 3 type land use cover (LULC) characteristics based on phenological phases of North Korea. Korean Journal of Remote Sensing 27(4): 457-466.

(2013년 5월 20일 접수; 2013년 9월 23일 채택)