

UN-REDD 기회비용 산정에서 위성영상 기반의 MRV 여건평가: 금강산을 사례로

Evaluating MRV Potentials based on Satellite Image in UN-REDD Opportunity Cost Estimation: A Case Study for Mt. Geum-gang of North Korea

주승민* · 엄정섭**

Seung-Min Joo · Jung-Sup Um

요약 산림전용 축소를 통한 온실가스 흡수량의 검증 및 인증(MRV: Measurement, Reporting, Verification)이 REDD의 기회비용 산정과정에서 핵심요건으로 부각되고 있다. 본 연구의 목적은 북한 금강산을 사례지역으로 UN-REDD 기회비용 산정과정에서 위성영상을 활용한 MRV의 잠재력을 파악하고, MRV과정에서 발생할 수 있는 입증책임에 관련된 쟁점들을 사전에 점검하는 데 있다. UN-REDD 기회비용을 산정하는 과정에서, MRV에 필요한 지표를 도출하고 위성영상을 활용하여 역사적 벌채율, 토지이용, 토지피복, 탄소저장량 등에 대한 정보의 수집여부를 평가하였다. 위성영상의 육안판독은 금강산의 MRV 여건(산림면적, 산림의 황폐화 추세 등)을 대, 중, 소 3단계의 분류체계에 의거하여 가시적인 기록으로 제시하였다. 위성영상이 국제사법재판소, UN, UN-REDD 등에서 증거자료로 인정되기 때문에 기회비용 산정과정에서 법적으로 구속력을 가진 증빙자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 현지조사와 문헌조사를 활용한 MRV에 대해서도 측정자료 확보에 대한 불확실성과 불안으로 인하여 북한의 REDD에 대한 활발한 투자가 어렵게 되고, 북한의 산림보전에 관련된 정부·기업·개인들과 거래하는 것을 꺼려할 정도로 대안이 없는 것이 아니라는 것이 확인되었다. 본 연구를 통해 도출된 결과는 북한에서 REDD사업을 하려는 납득 기업과 GCF(녹색기후기금, Green Climate Fund)를 비롯한 탄소무역 분야에서 실무를 수행하는 관계자들에게 구체적인 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : UN-REDD, 기회비용, 위성영상, MRV, 금강산

Abstract The credible measurement, reporting and verification (MRV) is among the most critical elements in UN-REDD (United Nations programme on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in Developing Countries). This study is intended to explore MRV potential in terms of UN-REDD opportunity cost estimation using satellite image for Mt. Geum-gang of North Korea. A visual interpretation were conducted to evaluate MRV conditions by sub-dividing or decomposing the images with different pixel size into a three types of hierarchical tree structure that helps dealing with spatial variability within each subarea. The permanent record of standard satellite remote sensing system demonstrated its capability of presenting area-wide visual evidences of MRV conditions in Mt. Geum-gang (such as the identification of forested area, degradation trends for forest space, three types of hierarchical land-cover and land use tree structure, carbon density in the landscape). Satellite data could be accepted as legally binding proof when it comes to REDD opportunity cost estimation since several cases exist where remote sensing has been used as legal evidence in ICJ (International Court of Justice) and UN resolution. It doesn't seem very difficult to comply with MRV requirements for UN-REDD opportunity cost calculation due to the probative value of satellite data. It is anticipated that this research output could be used as a valuable reference for Korea-based enterprises exploring REDD project sites and the carbon traders to ensure MRV potentials using satellite image in UN-REDD Opportunity Cost estimation.

Keywords : UN-REDD, Opportunity cost, Satellite image, MRV, Mt. Geum-gang

† This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2011K1A5A2000042).

* Seung-Min Joo, Doctoral Student, Dept. of Spatial Information, Kyungpook National University. jooseacool@knu.ac.kr

** Jung-Sup Um, Professor, Dept. of Geography, Kyungpook National University. jsaeom@knu.ac.kr (Corresponding Author)

1. 서 론

북한의 탄소무역 프로젝트는 체코의 전력회사 토티커 에너지와 사와 독일의 민간단체인 한스 자이델 재단 등 외국자본들의 투자가 주를 이루고 있다. 탄소 무역 프로젝트 외에도 나진선봉지역, 신의주지역 개발사업 등이 모두 외국자본에 의해 진행되고 있으며 이러한 움직임은 개방이라는 이면에서 북한이 외국자본에 의한 잠식이 우려된다. 남북통일을 위한 환경조성의 관점에서 북한지역의 투자와 개발사업 프로젝트는 남한 정부를 비롯한 남한기업들에 의해 주도되어야 통일을 준비하는 초석이 될 것이다. 현대야산의 금강산사업과 개성공단의 사례를 보듯 기업의 참여를 통한 경제협력이 통일로 가는 지름길이 될 것이다. 하지만 기업은 이윤추구를 목적으로 하기에, 북한에 대한 투자에 쉽게 나서기 힘들다. 북한에 대한 지정학적 리스크 이외에 투자를 하고 싶어도 손익 분석의 기초 자료에 대한 존재여부도 확인할 수 없어 투자를 꺼리고 있다.

UN-REDD(Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in Developing Countries)는 기존의 산림을 그대로 보존하는 경우, 농업 등 다른 경제 활동을 하지 못함으로써 받게 되는 손해, 즉 기후변화를 억제하는 기회비용(Opportunity Cost)을 국제사회가 지불하는 시스템이다. 즉 개발도상국들에게 직접적으로 돈을 주고 현존하는 산림을 보존하도록 만드는 것이다. 북한지역은 1970년대 이후 식량난과 에너지난으로 인한 산림전용 및 땔감 채취로 인한 산림 황폐화가 빠르게 진행되고 있다. 이로 인한 하천범람, 물적, 인적피해는 증가하고 있으며 산림 황폐지 복구가 시급한 실정이다. 하지만 북한의 경제난과 정치적 폐쇄성으로 인해 자체 재원을 활용한 산림황폐지 복구는 기대하기 힘든 상황이다. 따라서 외부의 지원이나 투자유치를 통한 북한 산림 복구를 위해 REDD를 활용할 필요가 있다[37]. REDD는 대규모 면적에 대해 장기적인 투자가 필요한 분야이다. REDD 사업의 복잡성과 불확실성은 사업을 등록하기 위해 준비하는 과정과 사업 등록 후 관리 측면에서 다른 온실가스 배출 감축 사업에 비해 높은 비용이 소요될 가능성이 있어 사전에 철저하게 사업수행 비용을 분석하는 것이 필수적이다. 특히 북한 REDD 사업의 경우 투자대비 수익 분석에 영향을 미칠 수 있는 요인이 정책적, 정치적, 법적, 사회경제적, 자연 환경적 요인 등으로 다양하여 남측 기업에게 투자를 유도할 객관적인 근거를 제시하기가 난해하다[18]. 북한에서 REDD사업을 하려는 남측 기업과 외국인들에게 당해 REDD를

위해서는 어느 정도의 비용이 소요되고 이러한 투자 비용을 산정하는 근거자료가 어느 정도 존재하는지를 충분히 예측할 수 있게 해야 한다.

REDD기회비용 산정과 관련된 연구로는 국가별 REDD 잠재량과 사업비용 추정에 대한 연구[14]가 진행되었고, 이를 바탕으로 투자의 타당성 검토연구[7], 국가 단위에서의 REDD사업비용 추정에 관한 연구[27]등이 진행되어 왔다. 하지만 선행연구의 기회비용 산정 방법론을 사회주의적 특수성과 폐쇄성이 있는 북한에 적용하는 데는 한계가 있다. 북한 전체 지역을 대상으로 REDD사업에 대한 잠재량과 사업비용을 추정한 선행연구[17]가 있지만 산림 면적의 변화 등 기회비용산정에 개입되는 다양한 변수를 국제기구의 통계자료에 의존하여 실제 북한의 상황을 제대로 반영하지 못하는 한계를 노출하고 있다. 북한의 경우 사회주의 국가로서 원칙적으로 사유재산이 인정되지 않고 있다. 시장경제를 추구하는 우리나라와 전혀 다른 경제 체계를 가지고 있다. 이러한 사회주의 국가에서의 기회비용산정을 위해 필요한 데이터의 수집과 관련된 현황을 평가한 연구는 찾아보기 힘들다.

삼림전용 축소를 통한 온실가스 흡수량의 검증 및 인증(MRV: Measurement, Reporting, Verification)이 REDD등록과정에서 핵심요건이다. REDD에 참여할 국내기업들이 이산화탄소 배출 저감을 입증하기 위한 근거자료를 제시하고 사업 타당성을 평가하는 척도인 기회비용을 산정하고 경제성을 분석하기 위해서는 UN-REDD의 MRV(Measurement, Reporting, Verification)에 대한 대응 기법의 설계가 반드시 요구된다. MRV에 사용되는 자료들은 자세하게 세분되어 수치화된 자료들이 필요하다. 북한은 외국인들의 빈번한 주민 접촉을 꺼리고 있어, 북한이 이러한 자료들을 보유하고 있다고 하더라도 투자자가 북한에서 MRV에 필요한 다양한 자료들을 입수하기가 수월하지 않을 것이다. 북한과 같이 직접 자료수집이 힘든 비접근 지역에 대한 정보를 얻어야 하는 경우에 MRV 과정에서 유일한 관측수단이 원격탐사로 판단된다. UN-REDD에서는 각국의 여건과 실정에 부합하는 MRV 방법론의 개발과 적용을 권고하고 있다[16]. 기후변화, 오존층 파괴, 열대림 벌채와 사막화 등을 다루는 각종 국제협약에서 원격탐사를 활용하여 협약의 이행여부를 확인하는 것이 일반화되어 있다[29]. 다양한 문헌에서 위성영상을 활용하는 것이 탄소 회계에서 토지이용 변화에 대한 명확하고 검증 가능한 자료를 확보할 수 있게 될 것이라고 언급하고 있다[32]. 북한에서 REDD가 성공을 거두기 위해서는, 즉 북한에서 REDD사업을 하려

는 납축 기업과 외국인들에게 기회비용 산정을 위해 MRV차원에서 확보할 수 있는 근거자료가 어느 정도 존재하는 지를 충분히 예측할 수 있게 해야 한다. 비시장 경제의 특성을 지니는 북한에서 기회비용을 산정하는 근거자료를 확보하여 REDD의 MRV에 필요한 자료가 언제, 어디서든 유효하게 취득되고 보고될 수 있는지를 분석하고자 본 연구가 출발하였다.

2. MRV 여건평가를 위한 지표 도출

2.1 토지이용 분류 체계

REDD기회비용 산정 방법은 일반적으로 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)가이드라인에서 제시하는 기본 틀에 따른다. 하지만 REDD 프로젝트가 진행되는 지역 또는 국가마다 다른 상황이나 조건을 가지고 있기 때문에 사업대상지의 특수성을 반영한 다양한 MRV 방법론들이 개발되고 있다[13]. REDD기회비용은 토지이용에 있어서 숲을 보존할 경우와 숲 대신 다른 용도로 토지를 개발하였을 때의 이익의 차이를 말한다[36]. 산림 전용을 방지하였을 때 탄소흡수 및 저감량의 탄소시장 판매가격과, 산림이 전용되어서 발생하는 이익의 차이로 할 수 있다. 여기서 산림전용을 통한 이익은 농업, 상업, 주거 등 다양한 인간의 활동을 통해 생성되는 부가가치를 창출하는 활동이다. 기회비용추정 절차는 1)현재의 토지이용 실태평가, 2)토지 개발 시나리오 구성, 3)탄소 축적량 추정, 4)토지이용별 재무 분석의 과정 등 일련의 과정을 따르게 된다(Figure 1). Figure 1의 방법론은 PCC의 REDD 실행 지침[4]과 GOF-GOLD[10]에 의거하여 UN에서 발표한 산정방법론[11]이다.

REDD 기회비용 산정 절차에서 가장 핵심적인 토지 분류의 경우 전 세계를 기준으로 하는 IPCC 토지이용 카테고리, 북한과 같이 특정 지역의 기후나 생태계 특성을 반영하는 데는 한계가 있다. 북한의 경우 토지

를 농업 토지, 주민지구, 산림 토지, 산업 토지, 수역 토지, 특수토지로 분류하고 있다[26]. 하지만 사회 경제적 구분에 주안점을 두고 있는 분류방식을 REDD의 토지 분류기준으로 적용하기에는 무리가 있다. 환경부는 1998년부터 지표의 물리적인 특성을 분류하여 토지피복도를 제작하고 있으며, 토지피복도 대분류의 경우 남한뿐만 아니라 북한 지역에 대한 토지 이용을 7가지(시가화 건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역)로 제시하고 있다[39]. 환경부의 토지 피복분류의 활용은 IPCC에서 권고하고 있는 토지이용분류와 유사할 뿐만 아니라 지역의 토지이용을 대표할 수 있을 것으로 판단된다(Table 1). 환경부 토지 피복도 대분류의 시가화 건조지역은 중분류에서 주거 지역, 공업지역, 상업지역, 위락시설지역 교통지역, 공

Table 1. Criteria of land cover classification from Tier1 to Tier3 [34]

Category (7 items)	Division (23 items)	Section (48 items)
Agricultural area	Rice paddy	Land consolidation
		Not land consolidation
	Field	Field
		Field on Mountain
	Plastic film-house cultivation	Plastic film-house cultivation
	Orchard	Orchard
Etc	Landscaping horticulture Farm	
Forest area	Hardwood forest	Natural hardwood-forest
		Hardwood-forest
	Coniferous forest	Natural coniferous forest
	Coniferous forest	
Mixed forest	Mixed forest	
Grassland	Grassland	Grassland
	Golf course	Golf course
	Etc	Tomb
		Roadside tree
Etc	Etc	
Wetland	Inland wetland	Inland wetland
	Coastal wetland	Mud flat
		Salt pond
Open space	Mining site	Mine
		Quarry
		Etc
	Etc	Beach
		Riverbank
Etc	Etc	
Water	Inland water	Stream
		Lake
	Coastal water	Coastal water

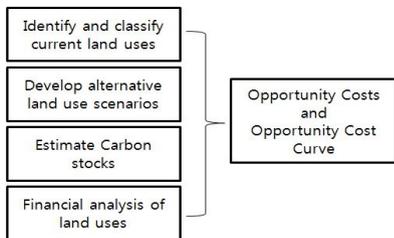


Figure 1. Typical procedures to estimate opportunity costs of REDD [35]

공시설지역으로 구분되며, 중분류는 23개 항목, 세분류는 48개 항목으로 구분된다[34]. 환경부의 토지피복 분류는 자연 환경 특성에 대해서도 분류 기준이 존재하고 기후와 생태계 특성이 유사한 남한지역을 대상으로 작성된 것이므로 북한에 적용하여 MRV 여건을 평가하는 데 적절할 것으로 판단된다.

탄소축적량계산은 IPCC 방법론을 준수하여 산정하는 데, 탄소축적량 산정 대상인 바이오매스는 토지면적에 따른 임목 축적의 양과 질에 따라 결정되므로 토지이용에 따라 임분의 종류를 비롯한 생태적 특성을 고려하여 REDD대상지에 적절한 탄소계수를 선택하는 절차가 선행되어야 한다. 탄소계수산정과정에서 요청되는 Tier1~Tier3 수준을 환경부 토지피복도에 의거하여 설정하였다. 토지이용별 재무 분석부문에서는 각 토지 이용별 수익 및 비용을 계산하는 과정이다. 재무 분석에는 토지이용별 토지의 순 현재가치(NPV: Net Present Value)와 비용/편익의 비율을 산정한다. 본 단계에서는 금전적 가치로 측정이 불가능한 항목, 과거 데이터 존재여부, 국가별 가격 변동요소, 순현재가치 산정 등 기회비용 산정에 필요한 다양한 근거자료를 검토해야 한다.

2.2. MRV 지표에 대한 사례별 비교평가

REDD 기회비용 산정차원의 MRV 여건을 평가하는 과정에서 가장 중요한 단계가 분석지표를 선정하는 일이다. 어떠한 변수를 적용하느냐에 따라 분석의 결과가 달라지기 때문이다. 북한에서 REDD 기회비용 산정차원에서 MRV의 여건을 분석하는 데 현실적으로 측정 가능한 세부적인 변수에 대한 선행연구는 확인되지 않는다. 평가지표는 평가시점에 따라, 대상 지역에 따라 다양하게 제시될 수 있다. 북한에서 REDD 기회비용을 산정하기 위하여 필요한 기초자료가 부족한 현재의 여건을 감안하여 기회비용 산정여건을 평가하는 데 필요한 지표를 결정하기 위하여, REDD 프로젝트 중 대표적인 성공사례로 알려진 카메룬과 볼리비아, 캄보디아의 사례를 검토하였다. 기회비용 산정과정에서 필요한 지표를 도출하고 지표의 타당성을 검증하기 위해 많은 지역을 비교하는 것이 공통적인 문제점 발견과 산출되는 결과의 타당성을 검증하는 데 도움이 된다. 하지만 본 연구에서는 기회비용 산정관점에서 각 지역별 여건이 다른 점을 고려하지 않고 많은 지역을 수평적으로 비교함으로써 발생할 수 있는 오류를 방지하고자 세 개의 지역을 집중적으로 비교 평가하는 방식을 취하였다.

카메룬의 농업 토지 수익을 추정하기 위해 단순 비용 모형을 변형하여 활용하였는데[2], 카메룬에서 기존의 열대우림을 경작지로 전환했을 경우의 농작물 수익과 산림보존을 통해 탄소축적량의 보상금액이 같다고 정의하고 감축량에 대한 보상을 위한 손익 분기 가격을 찾는 과정으로 진행되었다. 카메룬 산림을 개간을 통한 평균수익은 Eq.1과 같다.

$$R = \sum_{t=1}^N (1-a)^t * R_t \tag{Eq.1}$$

이때 RI는 I기간 동안의 a의 할인율을 적용한 수익으로서, 다시 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$R_t = Y_t * P_t - L_t$ Y_t : I년도의 농작물 생산량, P_t : 생산자 가격, L_t : 노동의 기회

$$L_t = \frac{MI * NF}{AL}$$

MI: 평균소득, AL: 전체 농경지 면적, NF: 농민 인구수

또한 다른 측면에서 감안해야할 감축량의 보상의 단순비용모델은 대상지역의 산림보존에 따른 면적당 평균수익을 산출하는 것이다. 감축량 보상을 기준으로 ha당 평균수익 R' 은 Eq.2와 같다.

$$R' = \frac{\text{Total Revenue for "avoided emissions" compared to historical threshold}}{\text{Total land under "conservation"}}$$

$$= \frac{(D_O - D'_D) * t * Carbonprice * \Delta Carbon * (1-a)^t}{(D_D - D'_D) * t}$$

$$= \frac{(D_O - D'_D)}{(D_D - D'_D)} * C_p * \Delta C * \theta * (1-a)^t \tag{Eq.2}$$

D_O : 기준년도 벌채 면적, D_D : BAU 기준상 벌채 면적, D'_D : 감축량 보상 기준 벌채 면적

C_p : 톤당 탄소가격, t: 프로젝트 기간, ΔC : 개간 전후 탄소량 변화, θ : 탄소 C에서 CO2e로의 전환계수

볼리비아에서는 REDD의 실행으로 인한 경제적 가치를 추산하기 위해 해당 지역에서 농작물을 경작했을 경우, 농산물의 판매수익과 개간비용의 차이, 농작물의 연간 수익을 산출하고 계절별로 농작물의 토지 이용과 그로 인한 탄소 배출량의 지급 보상금액을 적용하여 REDD의 경제적 이익을 추정하였다[33]. Eq.3를 통해 농작물의 연간이익을 알아볼 수 있다.

$$\pi_{kt} = Y_{kt} P_{kt}^{fg} - C_{kt}^a \quad (\text{Eq.3})$$

Y_{kt} : 생산량, P_{kt}^{fg} : farm gate price(US\$/metric ton),
 C_{kt}^a : 농산물 생산원가

Eq.3에 의거하여 농작물의 기회비용은 여름과 겨울의 각각 농작물의 연간이익에 개간비용을 차감하여 산출할 수 있다(Eq.4).

$$OC = \mu_{jt} \sum_{k=1}^K (P_{jkt}^s \pi_{jkt}^s + P_{jkt}^m \pi_{jkt}^m) - C_t^d (\mu_{jt} - \mu_{jt-1}) \quad (\text{Eq.4})$$

pkt: 계절별 농작물의 토지이용비용, C_t^d : 개간비용 (Cost of clearing land),

ujt: 이항변수로 t시점에서의 토지이용 선택
 볼리비아 프로젝트의 탄소 지급금액은 Eq.5와 같다.

$$\begin{aligned} NB &= P^c Q_j^f \\ \text{s.t. } Q_j^f &= f^{AGC} Q_j^{AGC} + f^{BGC} Q_j^{BGC}, Q_j^{AGC} \\ &= 0.5 Q_j^{AGB} \text{ and } Q_j^{BGC} = 0.5 Q_j^{BGB} \\ &= 0.5 (f^{AGC} Q_j^{AGB} + f^{BGC} f^f Q_j^{AGB}) \end{aligned} \quad (\text{Eq.5})$$

P^c : 탄소 1톤당 지급금액(US\$/tC), Q_j^f : 지상 및 지하 탄소함유량 중 배출되는 탄소량

AGC(B), BGC(B): 각각 지상 및 지하 탄소 함유량,
 f: 탄소배출계수

캄보디아의 사례[33]에서는 총 수익과 비용을 정부, 벌목회사, 프로젝트 개발자의 관점에서 정의하였다. 총수익은 ha당 식재를 통한 정부의 수입(로열티+세금)과 벌목회사의 수입(목재판매), REDD 프로젝트 개발자의 수입(탄소가격)의 합으로 보았다. 총 비용은 ha당 산림 공무원의 급여와 ha당 벌목회사의 비용, REDD비용 및 MRV 비용의 합을 비용으로 보았다. 캄보디아의 경우 계산식이 단순하지만 구체적인 비용 계산의 방법론이 미흡하다는 단점이 있다.

Table 2. Indicative variables for MRV in estimating the opportunity cost

		Cameroon	Bolivia	Cambodia
Existing land use	Forest area	○	○	○
	Historical deforestation rate	○	○	○
	Estimated deforestation rate	○	○	○
	Agricultural areas, Forest area, Grasslands, Marsh, Open space, Water, Etc Category	○	○	○
	Rice paddy, Field, Hardwood-forest, Coniferous forest, Mixed forest, Natural grassland, Etc Division	○	○	○
	Natural Hardwood-forest, Hardwood-forest, Natural Coniferous forest, Coniferous forest, Natural Mixed forest, Mixed forest	○	○	○
Calculation of carbon storage & Carbon price	Carbon emission factor(Category)	○	○	○
	Carbon emission factor(Division)	○	○	×
	Carbon emission factor(Section)	×	×	×
	Carbon storage & Carbon absorption (Category)	○	○	○
	Carbon storage & Carbon absorption (Division)	○	○	×
	Carbon storage & Carbon absorption (Section)	×	×	×
	One ton of carbon price	○	○	○
Land use cost	Types of agricultural products	○	○	×
	Price of agricultural products	○	○	×
	Production	○	○	×
	Cost of production	○	○	×
	Carbon trading price	○	○	○
	Selling price of timber	○	×	○
	Timber production cost	○	×	○

○: Yes, and that item available

×: Not applicable

기회비용 산정을 위한 MRV 지표도출을 위해 매트릭스(Table 2)를 작성하였는데, 이와 같은 접근방법은 정량적이지 못하고 평가자에 따라 다른 결과를 도출할 수 있어 객관성에 근본적인 한계가 있다. 그러나 매트릭스 방식은 경관평가 등 환경영향평가 제도에서 이미 정착된 방식이고 이러한 매트릭스를 통한 평가과정에서 다양한 REDD 사업에서 활용되는 MRV 지표에 대한 객관적인 근거를 제시할 수 있는 유일한 방법으로 판단되었다. 기회비용 산정과정에서 토지이용 현황은 거의 대동소이한 지표를 사용하는 것으로 확인되었다. 토지이용 비용 추정, 탄소저장량 산정 및 탄소가격에서 농산물의 종류를 고려하는 점이나 목재 벌채 상태 반영 유무 등에서 차이점이 두드러졌다. 탄소거래가격, 사업대상지의 지상부와 지하부의 탄소저장량, 산림의 탄소흡수량, 각 지역별 탄소배출계수, 조사된 벌채 면적 등 세 개의 사업에서 공통적인 요소로 활용되는 변수에 의거 북한의 MRV여건을 평가하기 위한 지표를 도출하였다.

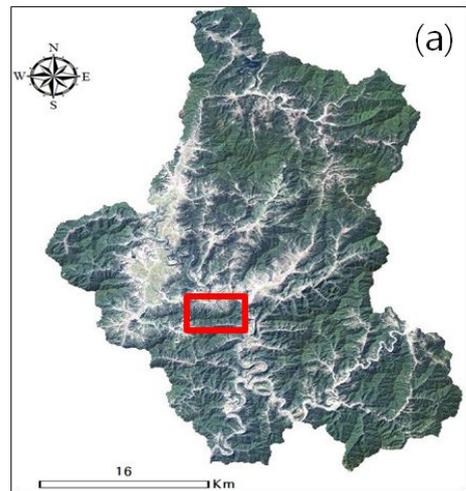
3. 금강산에 대한 MRV 지표 적용

토지를 기반으로 하는 REDD 사업이 해당 지역 주민들과 협의 없이 진행되기는 현실적으로 불가능하다. 지역 주민들과 유대관계를 형성하고 협업구조를 마련하는데 장기간이 소요된다. 또한, 북한의 현재 산림 관리체제는 지역 정부에 전적으로 의존하고 있기 때문에 지역 정부와의 긴밀한 협력도 매우 중요하다. 이런 점에서 금강산 지역은 이미 금강산 관광을 위해 지역 커뮤니티와의 협력이 이루어지고 있어 큰 장애요인이 상당부분 해소되어 있다. 금강산 주변은 과거 각종 개발 사업으로 산림 전용이 확산되어 REDD 투자 잠재력이 높은 지역이다.

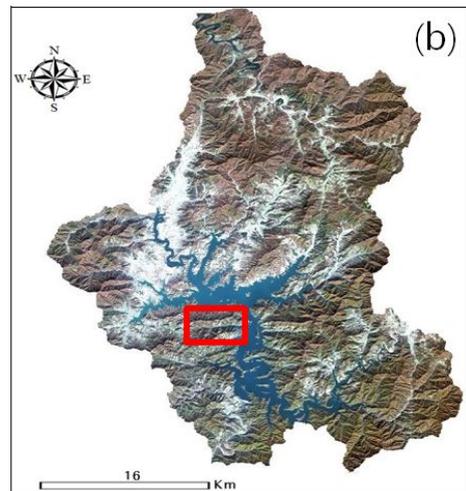
금강산 지역은 이미 관광단지 개발과정에서 정보 공개의 폐쇄성, 제도적 불안정성과 시장의 불투명성, 열악한 인프라 등 북한의 여타지역에서 직면하는 REDD 투자 제약 요인들이 상당부분 해소된 지역이다. 따라서 금강산 지역에 REDD를 도입하는 것은 이미 금강산 지역에 구축된 시스템에 의거하여 실행될 수 있기 때문에 북한의 입장에서도 협상에 유연성을 보일 수 있을 것으로 판단된다. 남한 측에서도 금강산에 현대 아산을 비롯한 기업들이 진출하고 있어 REDD 투자로 인한 리스크가 적고 사업 추진시 발생하는 추가적인 시간 및 비용이 북한 내 타 지역보다 훨씬 적어 REDD 도입에 대한 비즈니스적인 당위성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다[35]. 금강산에 대한 REDD 사업

시행은 북한의 산림 황폐화를 저지하는 동시에 탄소 배출권을 확보해야 할 필요가 있는 남한의 입장에서 REDD 사업을 시행하기 위한 최적지로 판단된다. 이런 점에서 금강산이 REDD 기회비용 산정과정에서 당사자들에게 요구되는 MRV 근거자료의 수집가능성을 평가하기 위한 사례지역으로 활용되었다.

금강산유역의 Aster Global DEM을 활용하여 대유역(Basin)을 추출하고 금강산을 포함하는 유역경계를 임계지역으로 설정하여, 대상지의 경계로 활용하였다. 배수구역(watershed)이 누출효과를 제어할 수 있는 최적의 단위지역이다[5]는 점을 감안하여 연구지



(a) Date of acquisition: 1987.09.18.



: Boundary of magnified image presented in Figure 3

(b) Date of acquisition: 2013.10.27.

Figure 2. Landsat TM images of study area



(a) Date of acquisition: 2005.05.03.



(b) Date of acquisition: 2013.10.04.

Figure 3. IKONOS High resolution satellite image

역의 경계가 설정되었다. 사업대상지의 경계가 확정되면 기저선(baselines)을 설정해야한다. 기저선은 탄소배출 감축을 위한 아무런 조치가 없이 산림의 전용과 훼손이 진행되고 있는 현 상태에서 발생되고 있는 탄소배출량이다. 기저선을 설정하는 방법은 참조기간(reference period)의 설정, 즉 과거의 5, 10, 15년 산림훼손의 평균치를 사용하거나, 최근 특정한 해의 훼손량을 활용하는 것이다. 본 연구에서는 직접조사가 어려운 금강산 유역의 산림전용 현황을 파악하기 위하여 Landsat TM과 IKONOS 영상을 활용하였다. 중위도 지역에서의 식생 분류는 식생의 활력도가 최상의 상태인 6월~9월의 영상을 선호한다. 금강산 지역의 2010~2013년의 6월~9월 TM영상은 구름이 끼어 과거 영상은 1987년 9월 영상, 현재의 영상은 2013년 10월의 영상을 활용하였다(Figure 2).

IPCC는 우수실행지침서에서 토지이용 범주를 크게 임야, 경작지, 초지, 습지, 주거지, 기타 토지 6개로 구분하고 있는데, 이 정도의 토지이용은 TM 영상에서 확인이 가능하다. 금강산 유역은 2003년에 완공된 금강산댐으로 인하여 수역 면적이 크게 증가된 것이 확인된다. Landsat TM 영상의 경우 해상도가 30m×30m로서 환경부가 공시한 중분류 및 세분류의 속성은 구분하는 데 한계가 있다. 또한 주거지역의 밀도가 높아진



(a) Original image



Field Rice paddy Residential area
Public Facilities Stream

(b) Visual Interpretation

Figure 4. IKONOS high resolution satellite image

것도 나타난다. 주거지 증가와 별채로 산림훼손이 심화되는 현상이 IKONOS영상(Figure 3)에서 관측된다.

고해상도 위성영상을 통해 살펴보면 2005년에 비해 2013년에 심각한 산림훼손이 나타난 것을 볼 수 있다. 1990년부터 지속된 에너지난, 식량난 등으로 인해 북한 전체 산지의 1/3이 민둥산으로 변해 버렸다는 근거가 Figure 3에 반영되어 있다. REDD 기회비용 산정에서의 토지이용은 대분류와 더불어 세부적인 속성별 구분을 필요로 한다. 따라서 고해상도 영상을 통해 기회비용산정에 필요한 속성이 식별가능한지 분석해 보았다. 고해상도 위성영상의 경우 TM영상에서 확인할 수 없는 중분류 및 세분류 토지이용을 식별할 수 있었다(Figure 4). TM영상에서 식별 가능했던 대분류 속성이외에 소규모의 하천, 구릉지, 주거지역, 공공구역, 논, 밭, 도로 등의 구체적인 토지이용속성의 식별이 가능하다.

Figure 4는 금강산지역의 주거지와 다양한 토지이용을 식별할 수 있는 대표적인 지역이다. 보라색 라인으로 표시된 지역은 밭으로 확인되며 경지정리가 되어있지 않고 공동농장의 성격으로 인하여 각각의 필

지의 넓이가 넓게 나타나는 특징이 있다. 주황색 라인으로 표시된 지역은 논이며 우리나라와는 차별화되는 나름대로 규칙성 있는 패턴을 보인다. 금강산 지역 논은 경우 밭보다 필지별 면적은 좁게 나타나는 특징을 보였다. 환경부에서 명시한 경지정리의 유무도 확인이 가능하다. 노란색 라인으로 표시된 지역은 주거지역이다. 주거지의 경우 부동산이 사유재산이 아니며, 국가에서 건축하여 보급하는 형태를 띄기 때문에 매우 비슷한 양식의 단층 주택의 모습이 연결되어 나타나는 패턴을 보인다. 빨간색으로 표시된 지역은 매우 비슷한 양식의 주택가 사이로 나타나는 큰 건물과 넓은 나지를 끼고 있는 공공지역으로 식별된다. 공공지역에는 학교, 관공서, 배급소, 협동농장건물, 물건을 사고파는 장마당 등 다양한 형태가 있을 수 있으나, 구체적인 용도를 영상으로 파악하는데에는 한계가 있다. 전반적으로 고해상도 위성영상을 활용할 경우

상당히 많은 토지이용의 파악이 가능할 것으로 판단된다. 논과 밭이 구분되므로 파종된 농작물의 수종 등 기회비용 산정과정에서 필요한 세분류 사항에 대해 거의 현지조사에 가까운 토지이용정보가 파악된다.

4. MRV 여건평가

Table 3에서 제시하고 있는 바와 같이 금강산 REDD 기회비용 산정에 필요한 요소들은 측정도구에 따라 수집될 수 있는 데이터가 확연하게 다르게 나타난 것을 알 수 있다. 전통적으로 활용되어온 현지조사나 문헌조사를 통해서 REDD 기회비용 산정근거 자료를 제시하는 것이 한계가 있다는 것이 확인된다. REDD의 핵심 데이터인 산림면적을 측정하는 항목 등 대부분의 지표에서 원격탐사가 객관적인 근거를 제시할 수 있는 유일한 방법으로 부각된다. 현지조사와 문헌조

Table 3. MRV data availability to estimate opportunity cost

Opportunity cost calculation conditions		Evaluation
existing land use	Forest area	○
	Historical deforestation rate	○
	Estimated deforestation rate	○
	Agricultural areas, Forest area, Grasslands, Marsh, bare land, Water, Etc Category	○
	Rice paddies, Field, Hardwood-forest, Coniferous forest, Mixed forest, natural grassland, Etc Division	○
	natural Hardwood-forest, Hardwood-forest, natural Coniferous forest, Coniferous forest, natural Mixed forest, Mixed forest, Etc Section	☆
Calculation of carbon storage & Carbon price	Carbon emission factor (Category)	○
	Carbon emission factor (Division)	☆
	Carbon emission factor (Section)	※
	Carbon storage & Carbon absorption (Category)	○
	Carbon storage & Carbon absorption (Division)	☆
	Carbon storage & Carbon absorption (Section)	※
Land use cost	One ton of carbon price	※
	Types of agricultural products	☆
	The price of agricultural products	※
	Production	☆
	Cost of production	※
	Carbon trading price	※
	Selling price of timber	※
Timber production cost	※	

○: The permanent record of standard satellite remote sensing system demonstrated its capability of presenting area-wide visual evidences for the MRV items.

☆: Although, satellite data could be presented as legally binding proof. it is required for investors to get a variety of data such as international statistics and field survey in their MRV verification.

※: The remote sensing cannot provide the fundamental data for the item, however, it doesn't seem very difficult to obtain data required for MRV due to probative value of satellite data.

사는 원격탐사의 보조자료로서 역할을 하는 상황이 표에서 선명하게 제시되고 있다. REDD에서 보상은 베이스라인과 비교하여 축소된 산림전용의 상태를 근거자료로 제시하여야 한다. 산림면적, 역사적벌채율, 탄소배출계수, 벌채 면적, 산림전용 후 재배되고 있는 농산물의 종류, 농산물의 생산량, 농지의 면적 등 기회비용 산정을 위한 MRV에서 요청되는 대부분의 기초자료가 위성영상을 통해 취득가능 한 것으로 확인된다.

일반적으로 개발도상국 토지의 대안적 이용에서 발생하는 기회비용은 농업에 의한 기회비용이 주를 이룬다. 토지, 강수량, 비용, 생산량, 작물종류 등의 요소를 종합하여 북한의 농업 토지기회비용을 25~75\$/ha로 추정된 선행연구가 존재한다[24]. 하지만 이 지표는 지나치게 거시적 측면으로 계산되어 북한 전역에 적용하기에는 무리가 있다. 많은 나라에서 작물재배 면적을 공식적으로 추정하는 데 위성영상이 활용되고 있으며[1], 위성영상을 통해 수확량(General Yield Unified Reference Index; GYURI)을 예측하는 것은 이미 표준화된 원격탐사기법이다[9,15,30]. 북한 지역을 대상으로 위성영상을 활용하여 벼 생산량 통계를 추출하고 시계열 분석을 통해 작황을 분석한 사례가 있다[15]. 북한지역의 농산물의 종류 및 생산량의 경우 밭농사, 논농사 및 세부작물을 위성영상을 활용하여 상당부분 추정이 가능할 것으로 판단된다.

탄소측량은 인공위성으로부터 획득한 원격탐사자료를 이용해 산림계의 탄소의 증가와 감소를 측정하는 절차이다. 토지이용별 온실가스 배출 현황에는 탄소배출계수가 필요하다. 탄소배출계수의 경우 조사의 위계수준에 따라 대상국가에서 가장 적합한 수준을 선택하여 활용하여야 한다[12,23]. 북한 금강산의 경우 산림을 구성하는 수종별 탄소의 축적계수에 대한 직접적인 자료가 없기 때문에 IPCC가이드라인에서 제시된 기본 값 혹은 생태형이 유사한 인접국가의 계수를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 우리나라 전체 산림면적의 약 78%가 소나무, 참나무, 혼효림으로 구성되어 있으며[21], 금강산이 속해있는 북 강원도 지역의 경우 온대남부 식물분포구와 온대중부 식물분포구가 바뀌는 접이지대로서 한반도 중부지방의 산악 식물대를 대표하고 있다. 국내에서는 북한의 ha당 이산화탄소 배출량[17]과 금강산이 속한 행정구역인 강원도 산림의 탄소저장계수를 도출한 사례도 다수 발견된다[20,28,31]. 금강산은 거리상으로도 설악산과 약 20km 내외로 매우 가까이 인접해 있으며 태백산맥의 줄기에 위치하고 있으며 설악산 등 국내에 위치한 산지와 생태형이 매우 비슷하다[27]. 설악산을 대상으

로 도출된 탄소축적계수를 활용하여 기회비용을 산정할 경우 MRV 요건을 충족할 수 있을 것으로 판단된다[19,22]. 기회비용 산정요소 중 가장 까다로운 요소는 가격과 관련된 요소이다. 탄소거래가격의 경우 전 세계를 대상으로 표준화된 가격이 공시됨으로 문제가 없으나 북한에서 생산되는 농산물의 가격 및 생산원가 목재의 가격 및 생산원가는 원격탐사로는 조사가 불가능하다. 결국 현지조사나 문헌조사를 통해서 수집해야한다. 하지만 북한이라는 지역적 특성 때문에 현지조사가 불가능하다. 농산물의 생산 원가에는 농산물을 생산하는데 투입되는 모든 비용 계정이 포함된다. 모종의 가격, 비료, 농약, 인건비 등 세부적인 계정의 가격이 조사되어야 한다[8]. 북한의 경우 사회주의 체제로서 사유재산이 인정되지 않아 비교적 계산이 단순해질 수도 있다. 근로자 평균소득의 경우 현재 개성공단 근로자의 평균소득을 시간으로 환산하여 대입하는 것이 가장 현실적인 방법으로 사료된다. 미국의 존스 홉킨스대학교 한미연구소가 발간한 보고서에 따르면 2013년 4월 기준 개성공단 노동자의 최저 월급은 67.05\$이며 각종 수당과 보너스를 추가하여 130\$에 이른다고 밝혔다. 북한에서 쌀은 kg당 4,000~5,000원으로 가격이 형성되고 있는 데[25], 북한 전문신문 데일리NK는 2014년 5월 현재 평양, 신의주, 혜산의 쌀값은 각각 3700원, 3850원, 3900원으로 형성되어 있다고 공시하였다[6]. 또한 해당 언론사에서는 북한의 장마당 동향을 내부 소식통을 통하여 일주일 단위로 갱신하여 공시하고 있다(<http://www.dailynk.com/korean/market.php>). 쌀값만을 가지고 볼 때 해외 연구기관에서 조사한 쌀의 시장가격과 언론사에서 공시하는 가격이 거의 일치하기 때문에 신뢰성이 있는 정보라고 판단된다.

Table 4. A simulated conversion table for agricultural product price

exchange rate products (unit)	US(\$)	North Korea (₩)
	1	7,650
soybean (bu*)	14.8638	113,708.07
wheat (bu)	6.9012	52,794.18
rice (cwt **)	16.8	128,520
maize (bu)	4.9525	37,886.625

*The bushel (abbreviated bu) is used for volumes of dry commodities (e.g. grain), most often in agriculture.

**cwt: centum weight (abbreviated cwt) is a unit of mass defined in terms of the pound (lb) and commonly used in the sale of some cereal grain.

이러한 요소들을 국가별 GDP 혹은 환율을 활용하여 역계산 하는 방법이 있다[3]. Table 4의 경우 국내 북한 전문 언론사에서 공시한 2014년 5월 기준 북한의 환율인 1달러(\$):7,650원(W)을 활용하여 매일 공시되는 국제 원자재 가격(<http://www.koimaindex.com>)을 대입하여 REDD 기회비용산정에 필요한 요소들의 가격을 환산한 표이다. 콩의 경우 1bu(bushel) 미국의 60 파운드에 해당하며, 이는 약 24.216kg로 환산할 수 있다. 콩은 1bu당 14달러 86센트에 책정이 되는데 이를 북한환율로 환산하면 113,708원 정도가 된다. 역으로 계산하면 콩 1kg 당 4,738원 정도로 계산할 수 있다. 쌀의 경우 1cwt(centum weight) 미국단위로 112파운드에 해당하며, 이를 kg으로 환산하면 50.802345이다. 이를 활용하여 북한의 쌀 가격을 계산하면 1kg당 2,530원이 산정된다. 이렇게 산정된 가격은 북한의 쌀 가격과 다소 차이가 있지만, 일반적으로 북한의 시장인 장마당에서 판매되는 물품의 마진을 원가보다 1.5배~2배 가량 비싸게 책정하여 판매된다는 점[25]을 감안하여 이 마진을 수치를 곱하면 상당히 근접한 결과를 얻을 수 있다. 기회비용 산정요소중 가격의 산정은 역계산 방법과 북한관련 통계를 통해 조사 하는 방법이 현실적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

원격탐사로는 산림 황폐화에 관한 기초적인 사회경제적, 구조적 요인 분석 등 지역의 인문환경에 대한 자세한 정보를 얻는 데는 한계가 있다. 특히, 산림전용으로 생산된 농작물이나 목재의 가격, 산림전용의 과정에서 동원된 노동력의 현황(임금 등)과 같은 세밀한 정보는 위성 영상을 통해서 정확하게 알 수 없다. 이 경우에는 북한 관련 국내의 통계나 탈북 전문가, 개성공단에서 근무하고 있는 남한 측 근로자나 현지 채용인력의 도움을 받는 것이 최선의 대안으로 판단된다. 결국 본 연구는 MRV 관점에 의거하여 북한의 REDD 기회비용 산정과 관련된 연구가 이루어지지 않는 상황에서 평가기준을 도출하고 비용 산정 여건을 분석하여 북한 지역에서 REDD 투자비용의 산정 가능성에 대한 객관적인 근거를 제시하였다는 점에서 의의가 있다고 할 것이다.

5. 결론 및 시사점

매년 1조원 이상이 책정된 남북협력기금이 남북관계가 경색되면서 2009년부터 4년 연속 집행률이 한 자릿수에 머무르고 있다. 남북협력기금을 북한의 산림 황폐화를 저지하는 데 쓴다면 북한의 자원과 저렴한 노동력에 관심을 가진 남한기업의 투자를 유도할

수 있을 것이다. 이 자금은 북한과 거래를 하다 손실을 입는 기업에 대해서는 90%까지 보조를 해주기 때문에 REDD 기회비용을 산출하는 과정에서 MRV 근거 자료가 확보된다면 남측기업의 북한에 대한 투자를 유도하는 데 결정적인 도움이 될 수 있을 것이다. 북한의 주요 작물이 감자, 옥수수 등의 가격이 낮은 작물이다. 이는 오일팜, 고무나무 등 높은 기회비용이 요구되는 인도네시아 REDD나 다른 나라의 REDD보다 비교우위에 있다고 판단된다. 산림면적, 역사적 기준선, 기회비용 산정요소, 탄소축적계수 등 다양한 지표에 의해 수행된 기회비용 산정을 MRV 여건 평가에서 위성 영상은 역사적 기준선 부문과 농산물의 종류와 생산량, 생산가격 등 기회비용을 산정하는 데 필요한 핵심 지표들에 대한 객관적인 근거자료를 제시할 수 있을 것으로 판단되었다.

우리나라의 경우 과거의 배출량이 높지 않았기 때문에 교토의정서에서 정하는 1차 공약기간(2008~2012) 동안에는 감축 의무 대상국에 포함되지 않아 온실가스 감축 의무는 없었다. 대형 국제기구인 녹색기후기금(GCF)의 국내 유치를 계기로 향후 남한이 REDD에 대해 국제사회에서 중심적인 역할을 수행할 것으로 기대된다. GCF 사무국을 유치한 인천시의 경우 북한 지역의 무분별한 벌목으로 인한 산림 황폐화를 개선하기 위해 황폐산림 복구와 녹화사업 등을 위한 국제사회의 자금과 기술지원이 필요함을 지적하고 녹색기후기금(GCF) 최우선사업 대상으로 북한을 검토하고 있다.

북한은 탄소무역을 통한 해외 투자를 유치하기 위해 탄소무역 전용 웹사이트를 개설하는 등 국제사회의 지원을 요청하고 있으며 스위스 등 각국 정부나 World Agroforestry Center에게 산림복구에 필요한 도움을 요청하는 등 산림복구에 대한 실천 의지를 표명하고 지구책을 마련하고 있다. 북한에서 산림보전 프로젝트의 시행은 단순히 산림을 보전하고 관리하는 것에서 끝나지 않는다. 산림전용을 방지하는 대신 북한에 기회비용만큼의 보상이 뒷받침되기 때문에 국내 기업의 SOC 사업 진출이나 보전관리 사업 등 다양한 일자리 창출과 부가가치를 창출할 수 있는 Win-Win 전략이 될 수 있다. 북한 산림복구에 대한 남북한의 의지가 있다면 UN-REDD 등록이 북한의 산림파괴 방지에 큰 도움이 될 수 있으며 본 연구의 중요성 또한 점차 높아질 것이다.

References

- [1] Allen J. D. 1990, A Look at the Remote Sensing

- Applications Program of the National Agricultural Statistics Service. *Journal of Official Statistics*, 6(4):393-409.
- [2] Bellassen, V; Gitz, V. 2008, Reducing emissions from deforestation and degradation in Cameroon-Assessing costs and benefits, *Ecological Economics*, 68(1):336-344.
- [3] Boskin, M. J; Dulberger, E. R; Gordon, R. J; Griliches, Z; Jorgenson, D. W. 1998, Consumer prices, the consumer price index, and the cost of living, *Journal of Economic Perspectives*, 12:3-26.
- [4] Brown, S; Achard, F; Braatz, B; Csiszar, I; DeFries, R; Frederici, S; Souza, C. 2008, Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting, GOF-C-GOLD.
- [5] Choi, J. H; Um, J. S. 2012, Application of Satellite Image to Evaluate UN-REDD Registration Potential of North Korea : a Case Study of Mt. Geumgang, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, 20(4):77-87.
- [6] DailyNK, 2014, Rice has dropped in price, <http://www.dailynk.com/korean/read.php?cataId=nk04504&num=103603>.
- [7] Deveny, A; Nackoney, J; Purvis, N., Gusti, M; Kopp, R. J; Madeira, E. M; Obersteiner, M. 2009, Forest Carbon Index, The Geography of Forest in Climate Solutions, Resources for the Future, RFF Report.
- [8] Diaz, D; Hamilton, K; Johnson, E; Kandy, D; Peters-Stanley, M. 2011, State of the forest carbon markets 2011: from canopy to currency, *Ecosystem Marketplace*.
- [9] Doraiswamy, P. C; Sinclair, T. R; Hollinger, S; Akhmedov, B; Stern, A; Prueger, J. 2005, Application of MODIS derived parameters for regional crop yield assessment, *Remote sensing of environment*, 97(2):192-202.
- [10] Dyer, N; Counsell, S. 2010, McREDD: How McKinsey 'cost curves are distorting REDD, Rainforest Foundation UK, <http://www.rainforestfoundationuk.org/files/McKinsey%20%20Company>.
- [11] Eggleston, S. 2008, Overview of relevant methodologies in IPCC Guidelines and Good Practice Guidance, In Presentation at the UNFCCC workshop on Methodological Issues relating to Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries, Tokyo:24-27.
- [12] Eggleston, S; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T; Tanabe, K. 2006, IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- [13] Estrada, M. 2011, Standards and methods available for estimating project-level REDD+ carbon benefits: reference guide for project developers, CIFOR Working Paper, 52.
- [14] Gibbs, H. K; Brown, S; Niles, J. O; Foley, J. A. 2007, Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality, *Environmental Research Letters*, 2(4), 045023.
- [15] Hong, S. Y; Choe, E. Y; Kim, G. Y; Kang, S. K; Kim, Y. H; Zhang, Y. S. 2009, A study on Estimating Rice Yield of North Korea using MODIS NDVI, Proc. of 2009 Korea RemoteSensing Symposium, 116-120.
- [16] Jenson, J. R. 2005, Introductory digital image processing : a remote sensing perspective, Pearson Prentice Hall, 3rd edition, NJ, pp. 526.
- [17] Jo, J. H; Koo, J. C; Youn, Y. C. 2011, Economic Feasibility of REDD Project for Preventing Deforestation in North Korea, *Journal of Korean Forest Society*, 100(4):630-638.
- [18] Joo, S. M; Um, J. S. 2014, Exploring Sub-watershed suitable to UN-REDD/AR-CDM by Comparative Evaluation of Carbon Stock in Baekdu Mountain, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 22(2):1-9.
- [19] Kelty, M. J. 2006, The role of species mixtures in plantation forestry, *Forest Ecology and Management*, 233(2):195-204.
- [20] Korea Forest Service, 2010, Study on the basis of forest carbon accounting in Korea.
- [21] Korea National Park, 2011, Report on Mt. Jiri National Parks Natural Resources.
- [22] Lee, N. Y. 2012, Estimation of Carbon Storage in Three Cool-Temperate Broad-Leaved Deciduous Forests at Jirisan National Park, *Journal of Korea Society of Environmental Biology*, 30(2):121-127.
- [23] Imer Fry, B. 2011, Community forest monitoring in REDD+: the 'M'in MRV?', *Environmental Science & Policy*, 14(2):181-187.

- [24] Naidoo, R; Iwamura, T. 2007, Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: implications for conservation priorities, *Biological Conservation*, 140(1):40-49.
- [25] Noland, M. 2014, Going Beyond Economic Engagement: Why South Korea Should Press the North on Labor Standards and Practices (No. PB14-12).
- [26] Oh, Y. C. 2012, A study on the UNFCCC forestry mechanism in North Korea, Doctoral dissertation, Seoul University.
- [27] Pagiola, S; Bosquet, B. 2009, Estimating the costs of REDD at the country level.
- [28] Park, J. W; Lee, J. S. 2011, Analysis of spatial patterns and estimation of carbon emissions in Deforestation Using GIS and administrative data -Focused on Wonju and Inje, *Journal of Korean Forest Society*, 100(3):466-475.
- [29] Peter, N. 2004, The use of remote sensing to support the application of multilateral environmental agreements, *Space Policy*, 20(3):189-195.
- [30] Ren, J; Chen, Z; Zhou, Q; Tang, H. 2008, Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10(4):403-413.
- [31] Rhim, S. J; Lee, J. Y; Kang, J. H. 2007, Characteristics of Habitat Structure and Bird Communities between a Natural Deciduous Forest and the Road Area in Gwangneung, *Journal of Korea Society of Environment and Ecology*, 21(1):47-54.
- [32] Rosenqvist, Å; Milne, A; Lucas, R; Imhoff, M; Dobson, C. 2003, A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol, *Environmental Science & Policy*, 6(5):441-455.
- [33] Sasaki, N; Yoshimoto, A. 2010, Benefits of tropical forest management under the new climate change agreement- a case study in Cambodia, *Environmental Science & Policy*, 13(5):384-392.
- [34] Stich, M. 2009, An Economic Analysis of REDD Carbon Payments on Agricultural Expansion in Bolivia, Doctoral dissertation, Duke University.
- [35] Um, D. B; Um, J. S. 2011, Exploring Registration Potential to UN-REDD in terms of MRV: A Case Study of Gaesung City, *Journal of the Environmental Law Association*, 33(3):30-63.
- [36] UN-REDD. 2011, Final Report: Analysis of Opportunity Cost for REDD+, UN-REDD Programme.
- [37] Wertz-Kanounnikoff, S. 2008, Estimating the costs of reducing forest emissions: a review of methods, CIFOR Working Paper, 42.
- [38] Yun, H. Y. 2005, A Study on the Legal and Institutional Improvement Strategies by Kyoto-Protocol in Forest Sector. *Journal of Environmental Law Association*, 27(3):158-204.
- [39] Yun, H, W; Choi, Y, S; Yoon, H, S; Ko, J, S; Cho, S. K. 2014, The Application of InSAR Signature Time Series for Landcover Classification, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 22(1):22-33.

논문접수 : 2014.5.7
수정일 : 2014.6.21
심사완료 : 2014.6.24