Jour. Korean For. Soc. Vol. 98, No. 3, pp. 263~271 (2009)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

개도국의 산림전용으로 인한 온실가스 배출량 감축 및 산림탄소축적 증진 활동의 탄소배출권 잠재력 평가

배재수* · 배기강

국립산림과학원 기후변화연구센터

Assessment of the Potential Carbon Credits from Reducing Emissions from Deforestation and Enhancement of Forest Carbon Stock Activities in Developing Countries

Jae Soo Bae* and Ki Kang Bae

[1]*Forest Center for Climate Change, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea*

요 약: 본 논문의 목적은 2013년 이후(Post-2012) 개도국의 산림전용으로 인한 온실가스 배출량 감축(RED) 및 산림탄소축적증진(EFCS) 활동과 관련된 협상 대안을 구체화하고 거래 가능한 탄소배출권을 인센티브로 가정하여 대안별 감축잠재량 평가 및 이를 토대로 환경편익과 국익을 고려한 우리나라 협상 전략을 제시하는 데 있다. 이를 위해 'FAO 세계산림자원평가' 보고서를 이용하여 99개 대상 국가를 선정하고 이들 국가를 대상으로 RED 및 EFCS 활동에 따른 온실가스 감축잠재량과 탄소배출권 잠재력을 추정하였다. RED의 감축잠재량은 'baseline and credit' 탄소계정 방법을, EFCS 활동에 대한 감축잠재량은 gross-net 및 net-net 탄소계정 방법을 적용하였다. 분석 결과, 산림전용율이 높은 브라질, 인도네시아, 콩고 등이 RED를 통해, 산림탄소축적 증가율이 높은 중국, 칠레, 한국 등이 EFCS 활동을 통해 탄소배출권을 받을 수 있는 잠재력이 컸다. 지구적 차원에서 보면, RED 및 EFCS 활동을 동시에 수행할 경우 감축잠재량이 가장 크다는 환경 편익 측면과 한 활동만 인센티브를 줄 경우 대상에서 제외되는 국가가 발생한다는 형평성을 고려하여 우리나라 협상 전략으로 두 가지 활동 모두를 정치적 접근 및 인센티브 부여 활동에 포함할 것을 제안한다. 단, EFCS 활동의 경우 비인위적 활동 효과를 제거하기 위해 산림경영 활동의 탄소계정 방법론에서 채택한 할인율 적용을 대안으로 제시한다.

Abstract: This study aims to identify negotiation alternatives related to Post-2012 reducing emissions from deforestation (RED) and enhancement of forest carbon stock (EFCS) activities. It also aims to recommend a negotiation strategy considering environmental integrity and national interest on the basis of estimating reduction potentials of each alternative on the assumption that tradable carbon credits play an important role as positive incentives. In order to estimate greenhouse gas (GHG) reduction potentials and income potential from RED and EFCS activities, 99 countries were selected by the Global Forest Resources Assessment of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. A 'baseline and credit' method was applied to estimate RED activities. Gross-net and net-net methods were applied for EFCS activities. According to the results, Brazil, Indonesia, and the Democratic Republic of Congo have more potential to get positive incentives through RED, while China, Chile, and the Republic of Korea have more potential to get positive incentives through EFCS. This study suggests including both RED and EFCS activities in the boundary of policy approaches and endowment of positive incentives to consider GHG reduction potentials in the global scale and equity among developing countries. Making a discount rate application of forest management activities can be also recommended to factor out the effects of human-induced activities by EFCS activities.

Key words **:** *RED, EFCS, UNFCCC, Kyoto Protocol, LULUCF*

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

서 론

1. 기후변화 완화를 위한 REDD[1]의 중요성

개도국, 특히 열대 개도국의 산림전용 문제가 기후변화 협약에서 중요하게 다루어지게 된 배경은 ① 개도국의 산림전용으로부터 배출되는 온실가스가 전 세계 온실가스 배출량의 약 20%를 차지한다는 IPCC[2] 3차 평가보고서(2001)의 발표, ② 탄소배출권 시장 확대, 특히 개도국의 참여가 가능한 CDM 사업의 성장, ③ REDD가 비용 효율적인 온실가스 감축 대안이라는 스턴 보고서(Stern Review, 2006) 및 IPCC 4차 평가보고서(2007)의 발표, ④ 사회·환경적 상호 편익 증진 등을 들 수 있다.

IPCC 3차 평가보고서는 지구 탄소순환에서 차지하는 토지이용 변화(land use change)의 중요성을 재인식하게 하였다. 구체적으로 살펴보면, 산업혁명 이후 화석연료 연소와 시멘트 생산으로 약 270 Gt[3]C의 온실가스가 발생하였으며, 그 다음으로 136 GtC가 산림전용(deforestation)으로 대표되는 토지이용 변화로 발생하였다(IPCC, 2000). 또한 1990년대 동안 토지이용 변화로 매년 1.6±0.8 GtC의 온실가스가 배출되었으며, 이는 세계 CO_2 배출량의 25%에 해당된다(IPCC, 2001). 이 수치는 매년 약 1,300만ha의 산림이 다른 토지 용도로 전용되어 발생하는 온실가스 배출량에 해당한다(FAO, 2006). 만약 지금과 같은 추세로 브라질과 인도네시아의 산림전용이 계속된다면 1차 공약기간(2008~2012) 의무감축량의 약 80%에 해당하는 온실가스가 다시 대기 중으로 방출된다는 것을 의미한다. 결국 개도국의 산림전용으로 인한 온실가스 배출량을 감축시키지 않고서는 기후변화협약의 궁극적 목적, 즉 대기 중 온실가스 농도의 안정화는 달성될 수 없음을 시사하는 것이다.

다음으로 2005년 교토의정서의 공식 발효 이후 급격한 탄소배출권 시장과 CDM 사업의 성장을 들 수 있다. 2007년 탄소배출권 시장(자발적 탄소시장 포함)은 거래 규모 2,983백만tCO_2e, 거래액 약 640억달러(US$)로 2006년에 비해 각각 1.7배, 2.1배 증가하였다(World Bank, 2008). 2007년 기준으로 교토의정서가 발효되기 이전인 2004년과 비교하면 거래 규모는 단 3년 동안에 183배나 증가하였고(World Bank, 2005; World Bank, 2008) 2005년과 거래 규모와 거래액을 각각 비교하면 4.2배, 5.9배 증가하였다(World Bank, 2006; World Bank, 2008). 2007년 기준으로 CDM(primary CDM과 secondary CDM 포함) 사업으로 발생한 배출권의 거래 규모와 거래액은 791백만tCO_e, 약 128억달러(US$)로 2006년에 비해 각각 1.4배, 2.1배 증가하였고(World Bank, 2008), 2005년에 비해 각각 2.3배, 4.9배 증가하였다(World Bank, 2006; World Bank, 2008). 탄소배출권 시장 확대와 개도국의 참여가 가능한 CDM 사업의 성장은 개도국이 교토의정서 3.3조에서 규정한 온실가스 감축 활동인 산림전용 방지 활동을 Post-2012 LULUCF CDM 사업 대상에 포함시킬 것을 주장하는 계기가 되었다. 즉, 교토의정서 제1차 공약기간 동안 신규조림 및 재조림에만 한정되었던 LULUCF CDM 대상을 산림전용 방지 활동까지 확대하자는 주장이다.

또한 2006년 발표된 스턴 보고서에 따르면 토지이용변화로 인한 배출량의 약 70%를 차지하는 8개국의 산림보호에 들어가는 기회비용이 초기에는 매년 약 50억 달러(US$)가 소요되지만 시간이 경과됨에 따라 한계 비용이 더욱 증가할 것이라는 전망과 함께 지금 당장 산림전용을 막는 것이 비용 효율적일 수 있다는 주장을 하였다(Stern Review, 2006). 또한 IPCC는 산림을 적응과 지속가능한 발전을 동시에 달성할 수 있는 저비용 온실가스 감축 대안으로 평가하고 있다(IPCC, 2007). 즉, 산림전용 방지 활동은 다른 부문에 비해 비용 효율적인 온실가스 감축 활동이며, 조기에 감축할수록 추가 감축 비용이 줄어들 수 있다는 시사점을 제공하였다.

마지막으로 열대 개도국들이 산림전용 방지가 필요하다고 주장하는 이유 중 하나는 산림전용의 대부분이 브라질, 인도네시아 등 열대림을 보유한 개도국에서 주로 발생하며, 이는 생물다양성의 저하, 원주민의 삶의 터전 상실 등 다양한 사회, 환경 문제를 발생시키는 주요 원인이라는 것이다. 따라서 개도국의 주요 배출원 활동인 산림전용을 막음으로써 기후변화협약의 궁극적 목적인 대기 중의 온실가스 농도 안정화 달성에 기여할 뿐만 아니라 생물다양성 유지·증진, 토양 유실 방지, 수자원 함양 등 산림의 다양한 기능 유지에 기여하는 상호 편익(co-benefit)이 발생한다는 이유를 들고 있다(O'sullivan, 2008).

결국 부속서I국가만의 온실가스 의무감축은 지구 차원의 대기 중 온실가스 농도 안정화를 달성하는 데 한계가 있기 때문에 개도국의 의미 있는 참여가 필요하다. 특히 발리행동계획(Bali Action Plan)에서 결정한 바대로, 개도국의 각국 상황에 맞는 적절한 온실가스 감축 활동과 이를 지원하는 선진국의 노력이 필요하다는 측면에서 개도국의 산림전용 방지 및 산림탄소축적증진 활동은 기후변화협약의 목적을 달성하는 데 중요한 역할을 담당할 것이다.

2. Post-2012 REDD 및 EFCS 관련 협상 경과

REDD 관련 협상은 크게 개도국 산림전용을 방지하기

[1] REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in developing countries
[2] IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change
[3] Gt: Giga ton의 약자로 10^9 ton

위한 정치적 접근(policy approach) 및 인센티브(positive incentive)와 REDD와 관련된 방법론적, 기술적, 과학적 이슈를 해결하기 위하여 2005년부터 진행되어 왔다. 선진국은 측정, 보고, 검증가능한 방법론 개발이 우선이라고 주장하는 반면 개도국은 산림전용을 조기에 방지하기 위한 정치적 접근 및 인센티브가 우선되어야 한다고 주장하고 있다.

인센티브 방식은 크게 선진국(Annex II parties)의 재원으로 조성된 자금으로 개도국의 REDD 관련 활동을 지원하는 재정 메커니즘(financial mechanism)과 선진국의 의무감축량을 상쇄하는 거래 가능한 배출권을 부여하자는 시장기반 메커니즘(market-based mechanism)으로 구분할 수 있다. 전자는 브라질이, 후자는 열대림보유국(PNG, 코스타리카 등)이 주장하고 있다. 두 방식의 근본적인 차이점은 선진국의 의무감축량 상쇄와 연관되어 있다. 즉, 브라질의 주장은 교토메커니즘처럼 선진국의 의무감축량을 상쇄하는 방식이 아닌 선진국의 재원으로 개도국의 산림전용 방지 활동을 지원하는 새로운 방식의 의정서 채택을 주장하고 있다. 하지만 브라질의 주장은 곧 선진국의 의무감축량 상쇄와 관련이 없는 선진국의 추가 재정 지원을 의미하는 것으로, 선진국이 이 대안을 수용하기는 어렵다. 이런 측면에서 열대림보유국이 주장하는 시장기반 메커니즘은 선진국의 의무감축량을 상쇄하는 거래 가능한 배출권을 산림전용 방지 활동의 인센티브로 부여하자는 것이다. 선진국도 이 대안이 비용 효율적으로 온실가스를 감축할 수 있다는 측면에서 재정 메커니즘보다 긍정적인 입장이다.

REDD와 관련된 미해결 방법론은 ① 추정 및 모니터링, ② 기준 배출량, ③ 누출 배출량의 대체, ④ 국가 및 지방 수준의 접근, ⑤ 능력 배양, ⑥ 조치의 효과성, ⑦ cross-cutting 이슈를 중심으로 다루어지고 있다. 그러나 REDD 관련 방법론적 이슈는 정치적 접근 및 인센티브와 밀접히 연계되어 있다. 큰 틀에서 인센티브 방식이 결정되면 이를 지원하는 가장 과학적인 방법론을 결정할 수 있다. 반면, 발생할 수 있는 방법론적 문제점을 해결할 수 있는 적절한 인센티브 방식을 선택할 수 있다. 따라서 이 두 이슈는 자전거의 두 바퀴처럼 연결되어 있으며 함께 해결해야 한다.

2007년 12월 기후변화협약 제13차 당사국총회의 발리 행동계획은 2009년을 기한으로 Post-2012 기후변화체제 협상을 완료한다는 데 합의하였다. 2009년까지 진행될 협상 의제로 기후변화 완화를 위한 국가 및 국제 행동을 증진하는 분야 중 하나로 “REDD 관련 이슈에 대한 정치적 접근 및 인센티브; 개도국 산림의 보전, 지속가능한 경영 및 산림탄소축적 증진의 역할”[4]을 고려하도록 결정하였다. 최근 국제사회는 REDD, 산림보전, 지속가능한 산림경영 및 산림탄소축적 증진 활동을 종합적으로 ‘REDD-plus’로 부르고 있다(FCCC/AWGLCA/2009/8).

발리행동계획의 REDD 관련 결정문은 2005년 이후 기후변화협약에서 다루어진 2년간 작업계획의 최종 결과물로, 최초의 개도국 산림전용 방지 활동에서 산림악화(forest degradation), 산림보전, 지속가능한 산림경영, 산림탄소축적의 증진이라는 보다 넓은 활동으로 확장되었다는 것을 알 수 있다.

2008년에는 기후변화협약 제14차 당사국총회, 28차, 29차 SBSTA 회의 등을 통해 본 의제와 관련된 미해결 방법론을 검토하고 향후 도입 가능한 인센티브 방안에 대한 국가 입장을 수렴하였다. 그 결과 인도, 중국, 말레이시아를 위시한 개도국(브라질 제외)의 강한 요청으로 산림전용 방지 활동뿐만 아니라 일정 기간을 기준으로 산림을 보전하거나 산림탄소축적을 증진시키는 활동 역시 인센티브 대상에 포함시킬 가능성이 점차 높아지고 있다.

따라서 본 논문은 최근 기후변화협약 협상 과정에서 주목받고 있는 RED 및 EFCS와 관련된 협상 대안을 구체화하고 거래 가능한 탄소배출권(tradable carbon credit)을 인센티브로 가정하여 글로벌 차원의 온실가스 감축잠재량과 국가 이익을 고려한 우리나라 협상 대안을 제안하는 데 목적을 두었다.

연구 방법

Post-2012 REDD-plus 협상은 2009년을 기한으로 진행중이며, 여전히 논쟁적인 주제를 다루고 있다. 본 논문에서는 인센티브 대상을 산림전용 방지(RED) 활동과 산림탄소축적증진(EFCS) 활동으로 나누어 다음과 같은 가정으로 협상 대안을 설정하고 국가별 탄소배출권 잠재력을 평가하였다. 단, 산림악화 활동으로 인한 탄소 배출량을 파악할 수 있는 자료가 없고 산림탄소축적 변화가 산림악화 활동을 포함하였다는 측면에서 산림악화 활동은 제외하였다. 또한 산림보전 활동 역시 최종적인 평가 인자는 산림탄소축적의 변화이며 인센티브 방식이 ODA와 같은 공적기금(public fund)이 될 가능성이 높아(FCCC/AWGLCA/2009/8) 분석 대상에서 제외하였다.

대상 국가는 RED 및 EFCS 활동의 수혜 대상이 될 수

[4] Bali Action Plan (Decision 1/CP.13) 1(b)(iii) Policy approaches and positive incentives on issues relating to 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.

[5] REDD 협상 과정은 다음의 자료를 참조하기 바란다. <배재수. 2007. 기후변화협약하 개발도상국 산림전용의 감축 논의 과정 및 전망, 산림경제연구 15(1): 67~79.>

Table 1. Alternatives of RED and EFCS activities.

Item \ Alternatives	RED	EFCS	
Method	baseline and credits	gross-net	net-net
Baseline/Base year or base period	historical achievement of emissions	no base year	1990, average between 1990~2000
Reduction potential	5%, 10%, 20% reduction in deforestation reference rate	15% increasement of forest carbon removals by carbon accounting methods[1]	
Incentive	tradable credit		
Price of credit (US$/tCO$_2$)	10, 20, 30		
Project boundary	National boundary		

Note[1]: 85% discount rate (the carbon credit accounting method through forest management activity) is applied.

있는 개도국(비부속서I국가)에 한정된다. 본 연구에서는 2005년 'FAO 세계산림자원평가' 보고서에 포함된 189개 개도국 중 1990년~2005년의 입목축적통계 및 2000년 평균산림탄소밀도 자료를 활용할 수 있는 99개 국가로 한정하였다. 제외된 개도국은 대부분 소도서국가였다.

RED 활동의 탄소계정 방법론으로 적용한 'baseline and credit'는 현재 교토메커니즘의 청정개발체제(CDM) 및 공동이행제도(JI)에서 사용하는 방법론이다. 즉, 과거 산림의 탄소 흡수량/배출량 추세를 공약기간의 베이스라인으로 설정하고 이 베이스라인보다 높은 탄소 흡수량 또는 낮은 배출량일 경우 그 만큼 탄소 배출권으로 인정하는 방법이다.

EFCS 활동의 탄소계정 방법론으로 적용한 gross-net 탄소계정 방법은 현재 교토의정서 제1차 공약기간에 적용되고 있는 방법으로, 공약기간 동안 산림경영 대상지의 탄소축적 변화량을 구하여 할인율(85%)로 제한하는 방법이다. 교토의정서 및 마라케쉬합의문에서 결정한 중요한 원칙 중 하나는 인위적인 온실가스 감축 활동만을 탄소배출권 인정 활동으로 간주하는 것이다. 즉, 2001년 마라케쉬 합의문 LULUCF 결정문(Decision 16/CMP.1) 합의 시 산림경영 활동으로 증가된 온실가스 흡수량의 15%만을 인위적인 활동으로 간주하였다. 이런 측면에서, EFCS 활동 역시 신규조림 및 재조림 활동의 결과도 포함되어 있지만 대부분 산림경영 활동을 통해 증가되었다고 볼 수 있다. 따라서 EFCS 활동으로 증가된 산림탄소축적 증가량의 15%만을 인위적인 활동 효과로 간주하여 탄소배출권 잠재력을 추정하였다.

반면 net-net 탄소계정 방법은 특정 기준연도 또는 기준기간의 평균을 이용한 산림경영지의 탄소 흡수량/배출량과 공약기간의 탄소 흡수량/배출량을 비교하는 탄소계정 방법이다. 방법의 특성 상 기준연도와 산림의 구성에 따라 국가별 탄소 흡수량의 차이가 클 수 있다.

결 과

1. RED 활동에 따른 온실가스 감축잠재량과 탄소배출권 잠재력

산림전용 방지 활동에 따른 온실가스 감축잠재량과 탄

Table 2. GHG reduction potential by RED activities.

Country	Ranking	Forest area (1,000 ha)			Average annual forest area change (1990~2005)		Average forest carbon density of 2000 (tCO$_2$/ha)	Emissions reduction in deforestation rate (1,000tCO$_2$, 1990~2005)		
		1990	2000	2005	1,000ha	%		5%	10%	20%
Brazil	1	520,027	493,213	477,698	-2,821.9	-0.5	383	54,063	108,127	216,254
Indonesia	2	116,567	97,852	88,495	-1,871.5	-1.6	249	23,330	46,661	93,323
DR of Congo	3	140,531	135,207	133,610	-461.4	-0.3	413	9,516	19,032	38,065
Nigeria	4	17,234	13,137	11,089	-409.7	-2.4	337	6,909	13,819	27,638
Bolivia	5	62,795	60,091	58,740	-270.3	-0.4	336	4,534	9,069	18,139
Zambia	6	49,124	44,676	42,452	-444.8	-0.9	191	4,240	8,480	16,971
Cameroon	7	24,545	22,345	21,245	-220.0	-0.9	240	2,641	5,283	10,567
Myanmar	8	39,219	34,554	32,222	-466.5	-1.2	105	2,437	4,874	9,749
Philippines	9	10,574	7,949	7,162	-227.5	-2.2	209	2,377	4,754	9,508
Tanzania	10	41,441	37,318	35,257	-412.3	-1.0	110	2,267	4,534	9,069
R. of Korea	54	6,371	6,300	6,265	-7.1	-0.1	66	23	46	93

Source: FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment.

Table 3. Carbon credit potential by RED activity.

Country	Ranking	Carbon price (10$/tCO$_2$)			Carbon price (20$/tCO$_2$)			Carbon price (30$/tCO$_2$)		
		5%	10%	20%	5%	10%	20%	5%	10%	20%
		1,000 US$								
Brazil	1	540,635	1,081,270	2,162,541	1,081,270	2,162,541	4,325,083	1,621,906	3,243,812	6,487,624
Indonesia	2	233,309	466,619	933,238	466,619	933,238	1,866,476	699,928	1,399,857	2,799,714
DR of Congo	3	95,163	190,327	380,655	190,327	380,655	761,310	285,491	570,982	1,141,965
Nigeria	4	69,097	138,194	276,388	138,194	276,388	552,776	207,291	414,582	829,165
Bolivia	5	45,348	90,696	181,393	90,696	181,393	362,787	136,045	272,090	544,181
Zambia	6	42,404	84,808	169,617	84,808	169,617	339,234	127,212	254,425	508,851
Cameroon	7	26,418	52,836	105,673	52,836	105,673	211,346	79,255	158,510	317,020
Myanmar	8	24,372	48,745	97,491	48,745	97,491	194,983	73,118	146,237	292,474
Philippines	9	23,770	47,540	95,081	47,540	95,081	190,162	71,310	142,621	285,243
Tanzania	10	22,674	45,349	90,698	45,349	90,698	181,397	68,024	136,048	272,096
R. of Korea	54	233	466	932	466	932	1,865	699	1,399	2,798

Source: FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment.

소배출권 잠재력이 가장 큰 10개 국가와 우리나라를 비교하였다(Table 2). RED 활동에 따른 감축잠재량이 큰 국가는 참조기간(1990년~2005년) 동안 산림전용이 많은 국가로, 브라질, 인도네시아, 콩고 등 대부분 열대 개도국임을 알 수 있다.

평가 대안은 1990년~2005년간 연간 산림전용 면적의 5%, 10%, 20%를 감축하는 대안에 따라 감축잠재량을 구하고 배출권 가격을 tCO_2 당 10달러, 20달러, 30달러로 가정하여 국가별 탄소배출권 잠재력을 구하였다(Table 3).

브라질은 1990년~2005년간 연평균 282만ha가 타용도로 전용되어, 같은 기간 세계 최대의 산림전용 국가였다. 브라질은 향후 참조기간의 평균 산림전용율을 5% 줄일 경우 감축잠재량은 54백만tCO_2로, 산림전용율을 보다 많이 줄일수록 감축잠재량은 크다. 브라질이 참조기간의 평균 산림전용율을 5% 줄일 경우 배출권 가격에 따라 연간 54백만달러(10달러)~162백만달러(30달러)의 탄소배출권 잠재력이 있는 것으로 추정되었다.

우리나라는 1990년~2005년간 연평균 7.1천ha의 산림이 다른 용도로 전용되었다. 우리나라가 향후 참조기간의 평균 산림전용율을 5% 줄일 경우 감축잠재량은 23천tCO_2로, 감축잠재량은 그리 크지 않다. 만약 우리나라가 참조기간의 평균 산림전용율의 5%를 줄일 경우 배출권 가격에 따라 연간 233천달러(10달러)~699천달러(30달러)의 탄소배출권 잠재력이 있는 것으로 추정되었다. 즉, 1990년~2005년간 평균 산림전용면적인 7.1천ha의 5%인 355ha의 전용을 막기 위해 거래 가능한 배출권으로 ha당 85만원~255만원이 보상될 수 있다는 의미이다. 그러나 우리나라는 토지에 대한 기회비용이 매우 커 이 정도의 배출권 가격으로는 실제 평균 산림전용율을 낮추기는 어려울 것이다. 예를 들어 우리나라의 산지전용에 대한 대체산림자원조성비가 ha 당 준보전산지 2,033만원, 보전산지 2,642만원, 산지전용제한지역 4,066만원(산림청 고시 제2008-24호)임을 고려하면 거래 가능한 배출권을 인센티브로 부여하여도 실제 산림전용율이 줄어들 가능성은 적다.

반면, 과거의 산림전용율을 기준 배출 수준으로 설정하는 방법은 과거 산림전용을 많이 하면 할수록 잠재적 탄소배출권을 더 많이 부여받을 수 있는 왜곡된 인센티브(perverse incentive)를 제공할 수 있다는 문제점이 있다. 즉, 중국, 인도, 칠레 및 우리나라처럼 자발적으로 산림전용 문제를 해결한 나라는 인센티브 대상 범위에서 제외되고 과거 산림전용을 많이 한 국가가 혜택을 받는 문제점이 있다.

2. EFCS 활동에 따른 온실가스 감축잠재량과 탄소배출권 잠재력

산림탄소축적 증진 활동에 따른 감축잠재량이 가장 큰 10개 국가를 비교하였다(Table 4). 이 상위 국가들은 탄소계정 방법들과 상관없이 중국, 인도, 한국 등 선발 개도국이 높은 순위를 차지하고 있다. 이들 국가들은 1990년 이후에도 경제 성장을 바탕으로 산림탄소축적을 증가시킨 국가라 할 수 있다.

평가 대안은 2000년~2005년 사이 평균 산림탄소축적을 gross-net 탄소계정 방법과 net-net 방법(1990년, 그리고 1990년~2000년 평균을 기준년도 또는 기준기간으로 한 증감량)을 이용하여 감축잠재량을 평가하였다. gross-net 탄소계정 방법을 사용하여 2000년~2005년간 산림탄소축적 변화량을 구한 결과, 증감률이 양의 값(흡수)를 나타낸 국가는 99개 국가 중 21개로 한정되었다(Table 5). 이들 국가를 대상으로 배출권 가격을 tCO_2 당 10달러, 20달러, 30달러로 가정하여 국가별 탄소배출권 잠재력을 구하였다(Table 6).

중국은 1990년~2005년간 연평균 645백만CO_2를 흡수하여 같은 기간 세계에서 산림탄소축적이 가장 크게 증가한

Table 4. GHG removals potential by EFCS activity.

Country	Ranking	Forest growing stock (million m^3)			Average annual forest carbon stock change (2000)			Forest carbon stock (million tCO_2)			Average annual forest carbon stock change (million tCO_2)		
		1990	2000	2005	tCO_2/ha	m^3/ha	tCO_2/m^3	1990	2000	2005	1990~2005	1990~2000	2000~2005
China	1	10,482	12,348	13,255	112	69.8	0.62	17,574	23,318	27,899	645	522	764
Chile	2	1,545	1,769	1,882	491	111.7	0.23	7,499	8,909	9,651	135	128	124
India	3	4,363	4,662	4,698	134	59.0	0.52	8,557	9,661	9,756	75	100	16
Viet Nam	4	658	794	850	121	67.7	0.56	1,133	1,711	2,020	55	53	52
R. of Korea	5	248	407	502	66	64.6	0.98	420	682	837	26	24	26
Bhutan	6	535	592	621	326	188.5	0.58	990	1,134	1,210	14	13	13
Algeria	7	137	164	174	138	76.4	0.56	246	353	398	10	10	8
Cte d'Ivoire	8	2,588	2,618	2,.683	238	253.5	1.06	2,436	2,490	2,571	8	5	14
Rwanda	9	70	35	88	343	101.3	0.30	109	59	207	6	-5	25
Morocco	10	161	181	191	75	41.8	0.56	322	366	389	4	4	4

Source: FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment.

Table 5. GHG removals potential by country according to carbon accounting methods of EFCS activities.

Country	Ranking	gross-net (2000~2005)	Ranking	net-net with 1990 basis	Ranking	net-net with ave. 1990~2000 basis
		mil.tCO_2		mil.tCO_2		mil.tCO_2
China	1	57.27	1	1,205.23	1	774.44
Chile	2	9.27	2	267.12	2	161.38
R. of Korea	3	3.86	4	109.90	5	31.24
Rwanda	4	1.93	5	50.88	9	7.33
Iran (Islamic Republic of)	5	1.85	14	3.55	11	4.84
Viet Nam	6	1.20	3	172.69	4	66.53
Bhutan	7	1.01	9	14.13	6	16.49
India	8	0.95	6	27.27	3	89.94
Morocco	9	0.73	13	5.28	10	5.01
Cte d'Ivoire	10	0.56	7	19.44	8	10.10
Algeria	11	0.29	10	8.26	7	11.42
Costa Rica	12	0.20	12	6.01	64	-10.21
Georgia	13	0.17	11	6.69	14	3.60
Cape Verde	14	0.07	20	0.21	15	1.11
Swaziland	15	0.06	18	1.36	16	0.87
Republic of Moldova	16	0.05	17	1.40	17	0.85
Egypt	17	0.05	16	1.47	18	0.85
Albania	18	0.01	15	2.13	19	0.32
Cyprus	19	0.01	22	0.09	21	0.08
Turkmenistan	20	0.01	19	0.29	22	0.08
Gambia	21	+	21	0.15	20	0.18

Note: The Democratic People's Republic of Korea (14th rank) is excluded due to low reliability of data.
Source: FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment.

국가였다. 중국은 증가한 산림탄소량의 15%만큼 거래 가능한 배출권으로 인센티브를 받고 배출권 가격이 10달러/tCO_2라고 가정할 경우 각각 5.7억달러(gross-net), 121억달러(net-net, 1990년 기준), 77억달러(net-net, 1990~2000년간 평균 기준)의 탄소배출권 잠재력이 있는 것으로 추정되었다. 조림면적이 점점 늘어나는 중국의 경우 gross-net 보다는 net-net 탄소계정 방법이, 참조기간이 공약기간보다 멀수록 더 많은 배출권 판매 수익을 얻을 수 있는 것으로 추정되었다. 산림전용율을 기준 배출 수준(reference emissions level)으로 하였을 경우 전혀 인센티브를 받지 못하는 중국이 산림탄소축적을 기준감축으로 하였을 경우 이와 같은 막대한 인센티브를 받을 수 있는 잠재력이 발생하였다. 따라서 중국은 Post-2012 REDD-plus 협상에서 EFCS 활동을 인센티브 대상 활동에 포함시킬 것을 강력히 주장하는 것이다.

우리나라 역시 1990년~2005년간 연평균 27백만tCO_2를

Table 6. Carbon credit potential by EFCS activity. Unit : million US$

Country	carbon price (10$/tCO$_2$)			carbon price (20$/tCO$_2$)			carbon price (30$/tCO$_2$)		
	gross-net (2000~2005)	net-net with 1990 basis	net-net with ave. 1990~2000 basis	gross-net (2000~2005)	net-net with 1990 basis	net-net with ave. 1990~2000 basis	gross-net (2000~2005)	net-net with 1990 basis	net-net with ave. 1990~2000 basis
China	572.74	12,052.33	7,744.37	1,145.47	24,104.66	15,488.74	1,718.21	36,156.99	23,233.12
Chile	92.75	2,671.17	1,613.83	185.49	5,342.34	3,227.65	278.24	8,013.51	4,841.48
R. of Korea	38.61	1,098.99	312.37	77.22	2,197.98	624.75	115.83	3,296.96	937.12
Rwanda	19.33	508.79	73.30	38.65	1,017.59	146.60	57.98	1,526.38	219.91
Iran (Islamic Republic of)	18.51	35.55	48.37	37.02	71.09	96.74	55.53	106.64	145.11
Viet Nam	11.97	1,726.93	665.33	23.95	3,453.85	1,330.65	35.92	5,180.78	1,995.98
Bhutan	10.11	141.33	164.86	20.21	282.66	329.72	30.32	424.00	494.58
India	9.50	272.71	899.38	19.00	545.42	1,798.76	28.51	818.13	2,698.15
Morocco	7.33	52.77	50.07	14.66	105.53	100.14	21.99	158.30	150.21
Côte d'Ivoire	5.64	194.44	100.98	11.29	388.87	201.97	16.93	583.31	302.95
Algeria	2.93	82.58	114.15	5.85	165.16	228.30	8.78	247.74	342.46
Costa Rica	2.00	60.05	-102.10	4.00	120.10	-204.20	6.01	180.16	-306.31
Georgia	1.65	66.88	36.03	3.30	133.76	72.06	4.95	200.64	108.09
Cape Verde	0.72	2.09	11.08	1.43	4.19	22.16	2.15	6.28	33.24
Swaziland	0.56	13.64	8.72	1.12	27.27	17.43	1.68	40.91	26.15
Republic of Moldova	0.51	14.01	8.52	1.01	28.01	17.04	1.52	42.02	25.57
Egypt	0.45	14.73	8.50	0.90	29.46	16.99	1.35	44.19	25.49
Albania	0.14	21.31	3.20	0.28	42.62	6.39	0.42	63.93	9.59
Cyprus	0.11	0.89	0.78	0.21	1.78	1.56	0.32	2.67	2.34
Turkmenistan	0.10	2.91	0.76	0.20	5.82	1.52	0.30	8.73	2.29
Gambia	0.01	1.48	1.76	0.03	2.95	3.52	0.04	4.43	5.28

Note: The Democratic People's Republic of Korea (14th rank) is excluded due to low reliability of data.
Source: FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment.

흡수하여, 같은 기간 99개 분석 대상 국가 중 5위를 차지하였다(Table 4). 또한 배출권 가격이 10달러/tCO$_2$일 경우 각각 39백만달러(gross-net), 1,099백만달러(net-net, 1990년 기준), 312백만달러(net-net, 1990년~2000년간 평균 기준)의 탄소배출권 잠재력이 있는 것으로 추정되었다. 우리나라의 산림탄소축적 증가는 1970년대 이후 산림녹화사업의 성공과 1990년대 이후 목재 벌채량의 감소에 따른 결과이다. 이러한 결과는 중국과 마찬가지로 산림전용율을 기준 배출 수준으로 하였을 경우 매우 낮은 탄소배출권 잠재력이 있던 우리나라가 산림탄소축적을 기준 감축 수준으로 하였을 경우 상대적으로 매우 높은 잠재력을 기대할 수 있다. 이러한 분석 결과는 결국 Post-2012 REDD-plus 협상에서 우리나라의 위치를 정하는 중요한 논거가 된다.

평가 대안의 방법에 따라 국가별 순위변동이 크지 않았지만 몇몇 국가들은 어떤 방법을 선택하느냐에 따라 감축 잠재량에 큰 차이가 발생하였다. 예를 들면, 코스타리카는 gross-net 탄소계정 방법과 1990년을 기준연도로 한 net-net 탄소계정 방법 적용 시 각각 2백만달러, 60백만달러의 탄소배출권 잠재력을 기대할 수 있지만 1990년~2000년간 평균을 기준으로 한 net-net 탄소계정 방법 적용 시 아무 혜택도 받을 수 없는 것으로 추정되었다. 이는 1990년~2000년, 2000년~2005년 사이 국가별 조림, 산림경영 등의 실행 강도 차이에 의해 비롯된 것으로 여겨진다. 즉, 기준연도에 따라 국가별 탄소배출권 잠재력이 상이할 수 있음을 확인하였다.

기준연도와 참조기간의 평균산림탄소축적 변화를 기준 감축 수준으로 설정하는 방법은 ① 교토의정서에서 규정한 사업 기반 접근이 아닌 토지 기반 접근이라는 점과 ② 기존에 심은 나무와 임령에 따라 기준 감축 수준이 달라질 수 있다는 점에서 현재의 산림경영 활동과 같이 인위적 활동(human-induced activity)의 효과만을 추출(factoring out)하는 방법이 필요하다. 그 대안으로 본 논문에서 사용한 현재의 산림경영 활동에 대한 탄소 계정처럼 할인율 적용을 고려해 볼 수 있다.

3. RED 및 EFCS 활동에 의해 기대되는 총 탄소배출권 잠재력

Table 7은 RED와 EFCS를 통한 총 탄소배출권 잠재력을 나타낸 것으로, 배출권 가격을 tCO$_2$ 당 10달러로 가정하였을 때 RED 활동을 인해 총 13.7~54.8억달러, EFCS 활동으로 인해 총 8~192억달러의 잠재력이 있는 것으로

Table 7. Total carbon credit potential by RED and EFCS activities. Unit : million US$

	Carbon price (10$/tCO$_2$)			Carbon price (20$/tCO$_2$)			Carbon price (30$/tCO$_2$)		
RED	5% reduction	10% reduction	20% reduction	5% reduction	10% reduction	20% reduction	5% reduction	10% reduction	20% reduction
	1,370	2,739	5,479	2,739	5,479	10,957	4,109	8,218	16,436
EFCS	gross-net (2000-2005)	net-net		gross-net (2000-2005)	net-net		gross-net (2000-2005)	net-net	
		with 1990 basis	with ave. 1990-2000 basis		with 1990 basis	with ave. 1990-2000 basis		with 1990 basis	with ave. 1990-2000 basis
	796	19,226	11,943	1,591	38,452	23,885	2,387	57,677	35,828

추정되었다.

EFCS로 인해 얻을 수 있는 탄소배출권 잠재력이 RED의 탄소배출권 잠재력보다 평균 3.3배 높다. 이는 향후 협상 결과에 따라 발행될 탄소배출권의 잠재력 편차가 매우 클 수 있다는 것을 확인시켜 준다. 이처럼 RED와 EFCS 활동에 대한 탄소배출권 발행으로 개도국의 경제적 이익을 도모할 수 있지만, 선진국의 입장에서는 그만큼 감축 의무부담이 커지고 자칫 남발된 탄소배출권으로 인한 배출권 가격의 하락으로 선진국의 의무감축 노력이 약화될 수 있다는 우려가 있다.

결 론

Post-2012 기후체제 협상이 진전될수록 개도국의 산림전용을 방지하고 산림탄소축적을 증진하는 활동을 인센티브 부여 범주에 포함시킨 가능성이 점차 커지고 있다. 2005년 최초의 협상 당시는 산림전용을 방지하는 활동만을 정치적 접근 및 인센티브 대상 활동으로 규정하였으나 발리행동계획(2007) 결정에 따라 산림악화 방지 활동도 공식적으로 포함하고 지속가능한 산림경영, 산림보전을 포함한 산림탄소축적 증진 활동까지 그 대상에 포함하였다. 지구적 차원에서 보면, 산림전용/산림악화 방지 활동과 산림탄소축적증진 활동을 동시에 수행할 경우 탄소 감축량이 가장 크다는 환경적 효과성과 어느 한 활동에 대해서만 인센티브를 제공할 경우 상대적으로 대상에서 제외되는 개도국이 발생한다는 형평성을 고려할 때 두 활동 모두 포함되어야 할 당위성이 크다. 하지만 두 활동 모두 포함될 경우 막대한 양의 배출권이 발생할 가능성이 있다. 이 두 활동으로 배출권이 발생할 경우 기존 탄소배출권 시장을 저해하지 않기 위해서는 선진국의 추가적인 의무 감축을 통한 수요 발생이 필요하다는 측면에서 선진국에겐 부담이 될 수 있다. 더군다나 측정, 보고, 검증가능한 방법론의 필요성을 제기하는 선진국의 입장을 고려할 때 2가지 활동을 인센티브 대상에 포함시킨다고 할지라도 국가 수준의 경계 설정(national boundary), 비인위적 활동의 제거, 비영구성의 처리 등과 관련된 매우 엄격한 방법론 적용을 요구할 것이다. 즉, 탄소배출권의 수요자인 선진국과 공급자인 개도국 간 입장 차이로 인해 실제 인센티브를 받을 수 있는 개도국은 현재의 CDM 사업처럼 측정, 보고, 검증을 실행할 능력이 있는 중국, 인도, 브라질 등 선발 개도국에 한정될 가능성이 크다.

우리나라는 이러한 협상 전망 하에 지구수준의 환경적 통합성(environmental integrity)과 국익을 고려한 협상 전략을 수립할 필요가 있다. 지금까지의 분석 결과를 바탕으로 Post-2012 RED 및 EFCS와 관련한 협상 전략을 다음과 같이 제안한다.

전 지구적 차원에서 온실가스 감축잠재량을 최대한 높이기 위해 RED와 EFCS 활동 모두를 정치적 접근 및 인센티브 부여 활동에 포함하여야 한다. 이 주장은 발리행동계획 1(b)(ii)의 결정사항인 “개도국의 상황에 맞는 적절한 감축 조치(nationally appropriate mitigation actions by developing countries)”에도 부합하는 것으로 각국의 상황에 맞게 온실가스 감축 활동을 진행하도록 하고 이를 선진국이 지원하는 체계를 구축할 때 환경적 편익이 가장 크다는 것을 고려한 것이다. 또한 정치적 접근과 인센티브를 고려한 RED와 EFCS 활동에 대한 메커니즘과 방법론을 동시에 개발하여야 한다. 각각의 해당 활동으로 인한 온실가스 감축량은 동일하게 취급하기 보다는 RED는 감축량만큼 배출권을 부여하고 EFCS 활동은 비인위적 활동 효과를 제거하기 위해 산림경영 활동의 탄소계정 방법론의 할인율을 적용하는 방안을 대안으로 검토할 수 있을 것이다.

만약 EFCS 활동이 인센티브 대상 활동에 포함될 경우 우리나라는 매년 상당한 수준의 배출권 판매 수익을 얻을 수 있다. 그러나 선진국은 OECD 회원국인 우리나라가 일반 개도국처럼 이런 활동을 통해 배출권 판매 수익을 올리는 것에 반대할 가능성이 크다. 이런 측면을 고려하여 EFCS 활동을 통해 획득한 배출권 판매 수익을 개도국의 산림을 활용한 기후변화 완화, 영향 및 적응 사업과 국내 산주의 EFCS 활동 지원에 활용할 필요가 있다.

인용문헌

1. 배재수. 2007. 기후변화협약하 개발도상국 산림전용의 감축 논의 과정 및 전망. 산림경제연구 15(1): 67-79.
2. 산림청 고시 제2008-24호.
3. FAO. 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
4. Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. and Dokken, D.J. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry. Special Report. Geneva. Swiss.
5. IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of WG I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge. Cambridge University Press. London. UK.
6. IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
7. Ebeling, J. 2006. Tropical deforestation and climate change: Towards an international mitigation strategy in Environmental change and management. M.S. Thesis. University of Oxford. pp.85.
8. O'Sullivan, R. Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries. pp. 179-190. In: Streck, C., O'Sullivan, R., Janson-Smith, T. and Tarasofsky, R. eds. Climate Change and Forests. Chatham House. London. UK.
9. Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change. Cambridge University Press. pp. 712.
10. UNFCCC. 2005. Land use, land-use change and forestry (Decision 16/CMP.1).
11. UNFCCC. 2007. Bali Action Plan (Decision1/CP.13).
12. UNFCCC. 2009. Negotiating text of AWGLCA (FCCC/AWGLCA/2009/8).
13. World Bank. 2005. State And Trends of The Carbon Market 2005. World Bank.
14. World Bank. 2006. State And Trends of The Carbon Market 2006. World Bank.
15. World Bank. 2008. State And Trends of The Carbon Market 2008. World Bank.

(2009년 2월 17일 접수, 2009년 5월 19일 채택)