

# 한국의 산림전용 및 산림황폐화 방지를 통한 탄소배출감축 프로그램 이행의 기저선 접근법 연구<sup>1</sup>

박홍철<sup>2</sup> · 오충현<sup>3\*</sup>

## A Study of Baseline Approach for Implementing Program of Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation in South Korea<sup>1</sup>

Hong-Chul Park<sup>2</sup>, Choong-Hyeon Oh<sup>3\*</sup>

### 요 약

최근 산림분야를 통해 탄소배출량을 줄이고자하는 노력으로 신규 및 재조림이 주를 이루던 산림정책 패러다임이 산림전용 및 산림황폐화방지를 통한 탄소배출감축(REDD) 활동에 대한 관심으로 집중되고 있다. 이에 따라 REDD 이행 성과 가시화를 위한 단계적 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 한국의 16개 시도단위별 산림환경여건을 분류하고, 국제적으로 주요하게 사용되는 6가지 기저선 접근법을 적용하여 국가단위 REDD 프로그램 운영을 위한 최적 기저선 접근법을 도출하였다. 연구결과 일반적으로 HFLD에 대한 탄소배출권 획득량이 낮았으며, 이에 반해 LFMD, LFHD에 대한 획득량은 높게 나타났다. 이에 따라 HFLD 지역은 산지전용을 통한 개발이 더 많은 경제적 이익을 가져올 수 있기 때문에 REDD 이행 기제에 대한 참여 유인이 부족하게 된다. 모든 유형의 산림여건에서 REDD에 대한 참여를 높이기 위한 유인성과 적은 노력으로 많은 양의 탄소배출권을 획득하는 일이 발생하지 않는 실제성이 모두 적절하게 만족스러운 기저선 접근법이 필요하다. 이러한 실제성과 유인성 평가시 Corridor Approach 접근법 선택이 가장 합리적인 것으로 판단되며, 국내 적용시 발생하는 이익분배에 대한 단점을 보완하기 위해 한국형 Corridor Approach 접근법을 개발하였다.

주요어: 배출권, 산림탄소, REDD, Corridor Approach, 산림정책

### ABSTRACT

In recent, the primary concern of the forest policy paradigm, which has been mostly focusing on reducing emissions by the effort of afforestation and reforestation, is moving to the REDD activities that are operated by deforestation and forest degradation. In response, the phased studies is going well to visualize performance outcomes of REDD activities. This study brings up the optimum baseline approach for operating the national REDD program by simulating six different baseline approaches broadly used throughout the worldwide, and

1 접수 2011년 12월 28일, 수정(1차: 2012년 2월 6일, 2차: 2012년 4월 9일), 게재확정 2012년 4월 10일

Received 28 December 2011; Revised(1st: 6 February 2012, 2nd: 9 April 2012); Accepted 10 April 2012

2 동국대학교 대학원 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental Science, Graduate School, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea(nivea4man@hotmail.com)

3 동국대학교 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea

\* 교신저자 Corresponding author(ecology@dongguk.edu)

classified forestry condition for each province in Korea. From this study, we could aware that the carbon credit of HFLD has a low acquisition, but LFMD and LFHD has a high acquisition. Therefore, there are not many reasons for performing REDD activities due to the lack of economical benefits in compared to the development of producing district in HFLD. All kinds of forestry condition, satisfactory baseline approach are needed to enhance the participation and the actuality about REDD program. When evaluating the participation and actuality, the rational decision should be considered as the most appropriate Corridor Approach. This study suggests that the modified Corridor Approach is required for overcoming the weak points, so that we developed the New Corridor Approach which could be easily adopted to Korea environment.

**KEY WORDS: CREDIT, FOREST CARBON, REDD, CORRIDOR APPROACH, FOREST POLICY**

## 서론

1997년 UNFCCC COP(Conference of the Parties) 3에서 교토의정서가 채택되면서 국제사회에서 산림의 중요성이 부각되기 시작했다. 이후 2007년 UNFCCC COP13에서 발리행동계획을 통해 개발도상국의 REDD 즉, 산림전용 및 산림황폐화 방지로부터의 탄소배출감축(Reduced emissions from deforestation and forest degradation)이 포스트-교토체제의 기후변화협약 의제로 결정된다. 이후 REDD는 선진국과 개도국의 의견대립과 탄소시장에 대한 논쟁으로 큰 성과를 얻어내지 못했다(Korea Forest Service, 2009).

산림을 통한 온실가스 감축활동은 초기 산림전용 방지활동을 뜻하는 RED(Reducing emissions from deforestation)에서 산림황폐화 방지활동을 추가한 REDD(Reducing emissions from deforestation and forest degradation) 개념으로 발전하였다. 이후 그 중요성을 인정받아 산림에서의 다양한 형태(산림경영, 조림, 바이오매스에너지 활용 등)의 새로운 탄소흡수원 확충이라는 개념을 추가해 REDD+(Reducing emissions from deforestation and forest degradation and enhancement of carbon stocks)로 점차 그 활동영역을 확대하고 있다. 2010년 10월 일본 나고야에서 개발도상국의 REDD를 위한 국제적 관심을 촉진하기 위해 REDD+파트너십 장관급 회의가 열렸다. 이는 REDD 활동을 통해 배출량을 줄이고자 하는 노력으로 신규·재조림이 주를 이루던 산림정책 패러다임이 변해가고 있다는 것을 방증하고 있다. 최근 우리나라도 개발을 위한 산림전용 및 황폐화로 인해 수많은 산림이 파괴되고 있으며, 2010년 총 23,072건으로 11,851ha의 산림이 파괴되고 있는 상황(Korea Forest Service, 2011)이므로 REDD에 대한 관심이 필요하다.

최근 2011년 남아공 더반에서 열린 UNFCCC COP17의 결과를 보면 REDD+가 에너지 분야와 함께 탄소감축활동으로 활성화될 수 있는 기회를 맞이하고 있다는 것을 알

수 있다. 2012년 말 만료되는 교토의정서(UNFCCC, 1998)를 최소 5년 연장하기로 합의하였고, 2020년 이후 선진국과 개도국이 모두 참여하는 새로운 온실가스 감축체제에 돌입하기로 결정한 것이다. 이는 선진국뿐 아니라 개도국을 포함한 기후변화협약 모든 당사국에 효력을 미친다는 점에서 기존의 선진국만 참여하던 교토의정서와 구별된다. 기존의 교토의정서에서 개도국 지위를 인정받아 의무감축국가에 해당되지 않았던 우리나라는 2020년부터 모든 당사국과 같은 입장에서 의무적 탄소배출량 감축실적을 달성해야만 한다. 따라서 그 동안 자발적 혹은 사회공헌 차원으로 이행되어 왔던 REDD 혹은 REDD+ 활동에 대해 보다 전략적으로 다가가야 한다고 판단된다.

현재 REDD 이행 기제(Mechanism)의 국제적 기준이 확립되지 않았지만, 에너지관리공단의 탄소중립프로그램과 유사한 국가단위의 REDD 프로그램의 개발과 이행이 필요하다. REDD 이행 기제는 국제적 합의여부가 불확실하며, 국내 산림정책에 끼치는 영향 예측이 까다로운 부분이 많다. 그럼에도 불구하고 REDD 이행 기제는 각 국가별 전략을 통해 자발적 탄소시장(비규제시장)을 중심으로 비약적 성장을 꾀할 것으로 전망된다. 이에 대응한 국가단위의 기후변화 완화 프로그램을 국민참여 운동으로 발전시키기 위해 지자체별 자료 구축과 REDD 이행사례 연구를 통해 국내 상황에 적합한 독자적 REDD 이행 기제를 수립할 필요가 있다.

REDD 이행 기제는 배출감축량 측정을 위한 구체적 기준 설정이 중요하며, 측정방법에 대한 객관적 정의가 있어야 한다. 이때 기저선(Baseline)과 적용 규모가 주요한 요소로 작용하게 되며, 이 중 기저선에 대한 접근법 설정이 REDD 이행 기제에 의한 배출감축량을 결정한다. 설정된 기저선은 미래 배출 감축이 측정되고 잠재적으로 보상될 수 있는 예상 시나리오를 정의하며 주어진 활동의 추가성을 결정하는데 활용된다(KREI, 2010). 그러나 기저선은 추정시 이용되

는 자료의 질적 측면과 이용 가능성에 대한 조건이 따르고, 산정방법이 복잡하여 대상지가 처한 산림환경 여건에 적합한 기저선 접근법 연구가 필요하다.

이러한 연구 필요성에도 불구하고 REDD에 대한 국내 연구는 개발도상국에서의 REDD에 대한 잠재력 평가 연구(Bae and Bae, 2009) 외에 거의 찾아볼 수 없으며, 국가연구기관에 의한 REDD 및 REDD+의 개념 및 특성, 동향, 전망 등에 대한 해외 문헌자료 정리가 대부분이다. 국내에서도 REDD 이행 기제를 통한 이행방안 연구가 시급한 상황이며, 특히 REDD 활동의 성과를 가시적으로 입증할 수 있는 다양한 기저선 접근법에 대한 연구가 시급하다.

본 연구는 산림전용율과 산림율을 바탕으로 국내 시도단위별 산림환경여건을 유형 분류하고, 이를 바탕으로 국제적으로 주요하게 사용되는 6가지 기저선 접근법을 적용하여 유형 및 접근법별 탄소배출권 발행 특성을 파악하였다. 이를 토대로 국내 적용가능성이 가장 높을 것으로 판단되는 접근법을 선별한 후 국내 실정에 적합하게 산정식을 변형해 한국형 최적 기저선 접근법을 개발하는 것이 연구의 목적이다.

## 재료 및 방법

### 1. 자료의 정리 및 처리

REDD 이행 기제의 국내 적용 시 탄소배출권(Credit) 및 초과탄소배출량(Debit)의 양을 산정하기 위해 전국 9개 자치도(강원도, 경기도, 경상남도, 경상북도, 전라남도, 전라북도, 제주도, 충청북도, 충청남도)와 6개 광역시(광주광역시, 대구광역시, 대전광역시, 부산광역시, 울산광역시, 인천광역시), 1개 특별시(서울특별시)를 대상으로 설정하였다. 산지전용에 대한 과거 기저선 설정과 REDD 이행 기제를 통해 거래 가능한 탄소배출권 획득 여부 및 발행량(Issues)을 분석하기 위해 연차별 임업통계연보(Korea Forest Service, 2011) 및 1995년부터 2005년까지의 통계청 온라인 웹 자료를 사용하여, 과거 기저선을 설정하였다. 설정된 기저선 대비 국내 REDD 활동성과에 대한 탄소배출권 발행량을 산정하기 위해 2005년부터 2010년까지를 국내 REDD 이행 기간(Commitment period)으로 설정하여 분석하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 산림여건별 유형 분류(Cluster classification)

REDD 이행 기제는 과거 기저선 대비 산림전용율의 증감 비율에 따라 거래 가능한 탄소배출권의 획득여부와 발행량을 결정한다. 이때 과거 기저선을 결정짓는 접근법이 매우

중요한 변수로 작용하며, 과거의 산림율 및 산지전용율의 정도 차이에 따라 유리하게 작용하는 접근법이 대상지별로 상이하게 나타난다. 또한, 산림율이 높고 산지전용율이 낮은 대상지(HFLD; High forest low deforestation)와 산림율이 낮고 산지전용율이 높은 대상지(LFHD; Low forest high deforestation)는 REDD 이행 기제를 적용함에 있어서 다소 불리할 수도 혹은 유리할 수도 있는 반대되는 개념으로 마주하고 있어 이에 대한 비교 분석이 필요하다. 따라서 접근법 분석 이전에 대상지별 산림환경 여건을 기준으로 유형분류를 실시하였다(da Fonseca *et al.*, 2007). 유형분류에 대한 기준 부재로 통계분석프로그램인 SPSS v12.0을 사용하여 유의성 분석을 통해 분류하였다. 분류방법은 Ward의 최소분산법(1963) 옵션을 사용하였고, 측도 간격은 제곱-유클리디언 거리를 사용하여 5개 유형으로 분류하였다(Everitt, 1980).

유형분류를 하기 위한 변수로 산림전용율과 산림율을 사용하였다. (1) 산림전용율은 연차별임업통계연보(Korea Forest Service, 2011) 및 통계청 온라인 웹 자료를 바탕으로 1995년부터 2010년까지 국내 16개 시도단위별 산림면적의 변화량을 기준으로 작성하였다. (2) 산림율 역시 동일한 통계자료를 바탕으로 2010년 기준 국내 16개 시도단위별 면적대비 산림면적을 기준으로 작성하였다.

#### 2) 기저선 접근법(Baseline approach)

국제적으로 REDD 이행 기제에 대한 성과를 산정하기 위해서는 과거의 통계자료가 필요하며, 이를 통한 기저선을 설정해야 한다. 설정된 기저선 대비 이행 기간 동안의 산림전용면적을 바탕으로 대상지가 탄소배출을 감축하였는지 초과하였는지를 평가하여, 거래 가능한 탄소배출권(+값) 획득 혹은 미래 의무 감축분인 초과탄소배출량(-값)의 양을 산정하게 된다.

과거 기저선을 설정하기 위한 다양한 방법론이 국제적으로 사용되고 있지만, 일원화된 접근법이 아직은 존재하지 않는다. 다만, 각 국가별로 산림환경여건에 합리적인 접근법을 선택 사용하고 있으며, 본 연구에서는 국제적으로 주로 사용되고 있는 기저선 접근법 6가지(Compensated Reduction, Compensated Conservation, Corridor Approach, Incentive Accounting, Combined Incentive, Stock Flow)를 선택 적용하였다. 각 접근법에 대한 특성과 산정식, 변수값은 Table 1과 2, Appendix 1과 같다.

#### (1) Compensated Reduction(CR)

이 접근법은 산지전용으로부터 발생하는 탄소배출감축을 위해 초기에 제안된 방법 중 하나로 CRN(Coalition of Rainforest Nations)의 지원하에 코스타리카와 파푸아뉴기

Table 1. The characteristics of REDD baseline approach\*

No.	Approach	Author	Scope	Reference level	Distribution	Financing	Scale
1	Compensated Reduction	Santilli <i>et al.</i> (2005)	Deforestation Degradation Enhancement	Historical	Additional mechanism	Carbon market	National
2	Compensated Conservation	Leischner and Elsasser(2010)	Deforestation Degradation Enhancement	Historical	Additional mechanism	Carbon market	National
3	Corridor Approach	Joanneum Research <i>et al.</i> (2006)	Deforestation Degradation	Historical Adjustment	N/A	Carbon market	National
4	Incentive Accounting	Mollicone <i>et al.</i> (2007)	Deforestation Degradation	Historical	Redistribution mechanism	Carbon market	National or Global
5	Combined Incentive	Strassburg <i>et al.</i> (2008)	Deforestation Degradation Enhancement	Historical	Redistribution mechanism	N/A	National or Global
6	Stock Flow	Andea(2008)	Deforestation Degradation Enhancement	Historical	Redistribution mechanism	Carbon market Phased approach	National or Global

\*Parker *et al.*(2009)

Table 2. Equation of the REDD baseline approach

No.	Approach	Equations
1	Compensated Reduction <sup>1)</sup>	$\Delta_{CR} = (FA_{2010} - \frac{FA_{2005} - FA_{1995}}{2} - FA_{2005}) * C_{2010}$
2	Compensated Conservation <sup>1)</sup>	$\Delta_{CC} = (FA_{2010} - \frac{FA_{1995} + FA_{2005}}{2}) * C_{2010}$
3	Corridor Approach <sup>1)</sup>	For in corridor : $\Delta_{CA} = (ac_{05-10} - ac_{95-05} * 120\%) * C_{2010} * (1 - \frac{(ac_{95-05} * 80\% - ac_{05-10})}{(ac_{95-05} * 80\% - ac_{05-10} * 120\%)})$ $\Delta_{LA} = (FA_{2010} - FA_{2010,a}) * C_{2010}$
4	Incentive Accounting <sup>1)</sup>	For low deforestation : $FA_{2010,a} = FA_{2005} * (1 + \frac{ncr_{95-05}}{2})^5$ For high deforestation : $FA_{2010,a} = FA_{2005} * (1 + cr_{95-05})^5$
5	Combined Incentive <sup>2)</sup>	$\Delta_{CI} = ((E * \alpha) + (E_n * (1 - \alpha))) - E$
6	Stock Flow <sup>2)</sup>	$\Delta_{SF} = (E - E_a) * 0.5 + (E_n * 0.5)$

1) Leischner and Elsasser(2010) 2) Griscorn *et al.*(2009)

$FA_{1995}$ ,  $FA_{2005}$ ,  $FA_{2010}$  : Forest area in 1995, 2005, 2010(ha)

$C_{2010}$  : Carbon Stock in forest in the year 2010(ton-CO<sup>2</sup>/ha)

$cr_{95-05}$ ,  $cr_{05-10}$  : Forest area change rate in the periods 1995~2005, 2005~2010(%)

$ac_{95-05}$ ,  $ac_{05-10}$  : Annual change in forest area in the periods 1995~2005, 2005~2010(ha)

$ncr_{95-05}$  : National forest area change rate in the period 1995~2005(%)

$E$  : province emissions in annual forest area lost in the year 1995~2005(tCO<sup>2</sup>)

$E_n$  : national emissions in annual forest area lost in the year 1995~2005(tCO<sup>2</sup>)

$E_a$  : actual emissions in annual forest area lost in the year 2005~2010(tCO<sup>2</sup>)

$\alpha$  : Weighting factor for influence of “province” versus “national” emission

니에 의해 2005년 COP11에서 제안되었으며, EDF(Environmental Defense)와 IPAM(Institute de Pesquisa Ambiental da Amazon)에 의해 재정비된 방법으로 2007년 2월 UNFCCC SBSTA에 제출되었다(Santilli *et al.*, 2005). 기저선 설정 기준으로 과거 역사적 탄소배출률을 선택하고 있으며, 평가방

법으로 개발도상국가의 산지전용으로부터 발생하는 순 탄소배출량을 토대로 자발적 정책을 지원하고 분명한 혜택을 주기위해 설계되었다. 이 접근법을 본 연구에 적용하기 위해 선형 외삽법을 통한 산정식을 사용하였다.

### (2) Compensated Conservation(CC)

이 접근법은 인도에 의해 2007년 UNFCCC에 제출된 방법을 기초로 하고 있다. 산림탄소고정량의 증가가 핵심 지표가 되며, 이행기간 종료 후 산정가능한 성과를 통해 거래 가능한 탄소배출권을 결정한다(Parker *et al.*, 2009).

이 접근법을 본 연구에 적용하기 위해 1995년부터 2005년까지의 평균 산림면적을 기초로 기저선을 설정하였으며, 2010년을 기준으로 한 산림면적을 기저선과 비교하여 산정식을 사용하였다.

### (3) Corridor Approach(CA)

이 접근법은 JRS(Joanneum Research), UCS(Union of Concerned Scientists), WHRC(Woods Hole Research Center), IPAM(Institute de Pesquisa Ambiental da Amazon)에 의해 2006년 UNFCCC SBSTA에 제출되었다. 이 방법은 산림전용의 연 단위 가변성을 고려하기 위해 최저 기저선과 최고 기저선의 적용 가능범위를 가지고 있는 점이 다른 접근법들과 차별성을 가진다. 역사적 기저선을 기반으로 배출량을 설정하며, 일반적으로 20%의 범위를 두어 최고수준 기저선과 최저수준 기저선을 설정한다(Joanneum Research *et al.*, 2006). 다만 이 접근법에는 두 가지의 적용법(variant 1, 2)이 있다. 첫 번째(variant 1)는 대상지의 탄소배출량이 최고수준 기저선보다 높다면 0(zero) 탄소배출권은 물론, 미래에 발행될 탄소배출권에 대한 차감이 의무적으로 이뤄진다. 그러나 탄소배출량이 범위 안에 있다면 탄소배출권은 인정되나 누적될 뿐, 최저수준 기저선 이하로 떨어질 때 까지 거래할 수 없다. 두 번째(variant 2)는 최고수준 기저선보다 높은 탄소배출을 하더라도 미래 탄소배출권에 대한 차감을 하지 않고, 범위 안에 들어왔을 때 최저수준 기저선 대비 감소율에 따른 할인율(Discount rate)을 적용하여 거래 가능한 탄소배출권을 발행한다(Joanneum Research *et al.*, 2006). 이 접근법을 국가적 수준으로 국내 시도단위에 적용하기 위해 20%의 범위를 두어 기저선 범위를 설정하였으며, 거래 불가능한 탄소배출권의 누적에 대한 'variant 1'의 적용은 프로그램 실현성이 떨어지는 것으로 판단하여 'variant 2'를 사용하여 분석하였다.

### (4) Incentive Accounting(IA)

JRC(Joint Research Center)에 의해서 2006년 제안된 접근법으로 전 지구적 기저선을 기준으로 해당 국가의 산지전용율을 비교하여 탄소배출권의 양을 결정하는 방법이다(Mollicone *et al.*, 2007). 산지전용율이 높은 국가와 낮은 국가의 산림환경 여건을 달리 고려하기 위해 두 가지의 기저선 산정식을 사용하였다. 1) 전 지구적 산지전용율의

50%보다 높은 국가에 대해서는 그대로 전 지구적 산림전용율을 산정식에 적용하고, 2) 그렇지 않은 국가는 해당 대상지의 과거 산지전용율을 적용하여 산정하고 있다. 이 접근법을 본 연구에 적용하기 위해 전 지구적 기저선을 전국단위 기저선으로 대체하였으며, 다른 접근법들과의 일관된 기준을 적용하기 위해 산림전용율의 50%를 기준하지 않고, 전국 시도별 통계적 유형분류에 의한 결과에 따라 산정식을 적용하였다.

### (5) Combined Incentive(CI)

이 접근법은 개발도상국에서의 탄소배출 저감을 위한 보상 이행 기제의 일환으로 CSERGE(The Centre for Social and Economic Research on the Global Environmental)에 의해서 제안된 방법이다(Strassburg *et al.*, 2008). 전 지구적 단위의 기저선을 기준으로 탄소배출권을 결정짓게 되며, REDD 활동 중 발생하는 누출량을 제외하여 산정하게 된다. 이 접근법을 국가적 수준으로 국내 시도단위에 적용하기 위해 전 지구적 기저선을 전국단위 기저선으로 대체하였으며, 국가별 산림전용율을 시도단위별 산림전용율로 적용규모를 축소 적용하였다. 산정식의 알파( $\alpha$ )값은 90% (Strassburg *et al.*, 2008)로 설정하였다.

### (6) Stock Flow(SF)

이 접근법은 WHRC(Woods Hole Research Center)와 IPAM(Amazon Institute for Environmental Research)에 의해 2008년 UNFCCC에 제안되었다. 기본적으로 기저선과 원천징수 수준(Withholding level)이라는 두 가지 적용수단을 사용한다(Parker *et al.*, 2009). 과거 기저선 대비 적은 탄소배출 성과를 나타냈다면 그 즉시 인센티브를 얻을 수 있게 설정되어 있으며, 획득한 인센티브에 대한 원천징수율(Withholding rate)은 탄소거래 가격에 따라 결정되며 REDD 이행 기제를 위한 기금 조성에 이용된다. 이 접근법을 국가적 수준으로 국내 시도단위에 적용하기 위해 전 지구적 기저선을 전국단위 기저선으로 대체하였으며, 국가별 산림전용율을 시도단위별 산림전용율로 적용규모를 축소 적용하였다.

## 3) 탄소고정량(Carbon Stock) 산정

기저선 설정과 접근법 설정이 완료되면 REDD 이행에 대한 성과를 탄소-톤(C-ton)으로 환산하여 거래 가능한 탄소배출량을 산출할 수 있다. 이를 위해 국내 산림에 대한 평균 탄소고정량을 산출해야할 필요가 있다. 2010년 기준 16개 시도단위별 ha당 탄소고정량을 산출하기 위해 임업통

Table 3. The Correction factors of tree carbon sequestration in Korean forest<sup>1)</sup>

Scientific name	Density of tree	BEF <sup>2)</sup>	T/R ratio <sup>3)</sup>	CF <sup>4)</sup>
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.(Gangwon Province)	400	1.470	1.260	0.504
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.(Joongboo Province)	470	1.400	1.250	0.507
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.	410	1.850	1.260	0.501
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	480	1.430	1.310	0.493
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	420	1.390	1.210	0.497
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere	560	1.320	1.280	0.501
<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D.Don	350	1.310	1.250	0.509
<i>Pinus rigida</i> Mill.	510	1.390	1.430	0.506
<b>Average of needleleaf tree</b>	<b>450</b>	<b>1.445</b>	<b>1.281</b>	<b>0.502</b>
<i>Quercus acutissima</i> Carruth.	700	1.430	1.330	0.480
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.	660	1.500	1.420	0.488
<i>Quercus variabilis</i> Blume	720	1.330	1.340	0.490
<i>Populus tomentiglandulosa</i> T.B.Lee	360	1.180	1.160	0.472
<b>Average of broadleaf tree</b>	<b>610</b>	<b>1.360</b>	<b>1.313</b>	<b>0.483</b>
<b>Average of mixed forest</b>	<b>530</b>	<b>1.403</b>	<b>1.297</b>	<b>0.492</b>

1) KFRI(2011) 2) Biomass expansion factor 3) Top/Root ratio 4) Carbon fraction

계연보(Korea Forest Service, 2011)를 바탕으로 단위면적당 임목축적(m<sup>3</sup>/ha)을 추출한 후 Table 3과 같이 줄기밀도(kg/m<sup>3</sup>), 바이오매스확장계수(BEF), 뿌리-지상부 비율(T/R ratio), 탄소전환계수(CF)를 임상별로 적용하였다(KFRI, 2011).

단, 국내 지역별 탄소고정량을 산정하기 위해 사용된 자료는 임상별 현황으로 침엽수림, 활엽수림, 혼효림으로 구분되어 있으나, 위에서 열거한 줄기밀도, 바이오매스확장계수, 뿌리-지상부 비율, 탄소전환계수는 임상별 값이 아닌 수종별 값으로 개발되어 이를 임상별로 적용하기 곤란한 부분이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국립산림과학원에서 작성한 국가 온실가스 보고서의 산림탄소산정에 사용된 방법(KFRI, 2011)에 준하여 Table 3과 같이 침엽수 8종, 활엽수 4종의 평균한 값을 적용하였으며, 혼효림의 경우 침엽수와 활엽수를 반분한다는 가정 하에 평균한 값을 적용하였다. 이에 따라 Table 3의 값을 기준으로 산정한 탄소고정량은 각각의 접근법별 비교를 위해 기준 값 설정을 위한 목적으로 사용되었으며, 정확성에 대한 불확도가 존재하며, 일관성 있는 전국단위의 주요 수종별 현황자료가 부재하여 발생하는 연구의 한계로 판단된다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산림여건별 유형분류 결과

국내 16개 시도단위별 산림전용율과 산림율에 따른 유형 분류 결과 Figure 1과 같이 나타났다. 이를 5개의 유형으로 분류한 후, 유형명을 지정(da Fonseca *et al.*, 2007)하였으며

유형별 특성은 Table 4와 같이 나타났다.

강원도, 경상남·북도, 울산광역시, 충청북도가 산림율이 높고, 산지전용율은 낮은 지역(HFLD)으로 분류되었다. 이 지역들은 2010년 기준 65~82%의 높은 산림율과 0.4~1.5%의 낮은 산림전용율을 나타내고 있다. 경기도, 부산광역시, 제주도, 충청남도는 중간수준의 산림율과 높은 산지전용율을 나타내는 지역(MFHD)으로 분류되었다. 산림율은 47~52%, 산지전용율은 1.8~5.5%로 비교적 높은 산지개발이 이뤄지고 있는 것으로 판단된다. 대구광역시, 대전광역시

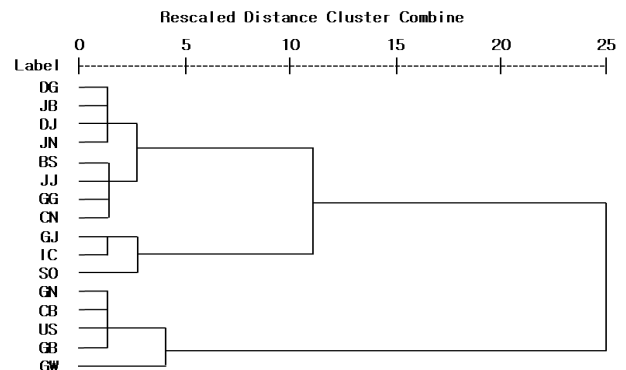


Figure 1. The cluster analysis dendrogram

\* DG : Daegu Metropolitan City, JB : Jeolabuk-do, DJ : Daejeon Metropolitan City, JN : Jeolanam-do, BS : Busan Metropolitan City, JJ : Jeju Special Self-governing Province, GG : Gyeonggi-do, CN : Chungcheongnam-do, GJ : Gwangju Metropolitan City, IC : Incheon Metropolitan City, SO : Seoul Metropolitan Government, GN : Gyeongsangnam-do, CB : Chuncheongbuk-do, US : Ulsan Metropolitan City, GB : Gyeongsangbuk-do, GW : Gwangwon-do

Table 4. The characteristics of forest cluster type

Cluster Type	Description	Province	Forest Cover (%)	Annual Rate Forest Loss (%)	Forest Carbon Stock (% of Total)
HFLD	High forest cover, low deforestation rate	GW, GN, GB, US, CB	65 ~ 82	0.4 ~ 1.5	42%
MFHD	Medium forest cover, high deforestation rate	GG, BS, JJ, CN	47 ~ 52	1.8 ~ 5.5	27%
MFMD	Medium forest cover, Medium deforestation rate	DG, DJ, JN, JB	55 ~ 57	0.7 ~ 2.0	24%
LFHD	Low forest cover, High deforestation rate	GJ, IC	39	3.3 ~ 3.5	6%
LFMD	Low forest cover, Medium deforestation rate	SO	26	1.7	1%

시, 전라남·북도는 중간수준의 산림율과 산지전용율을 나타내는 지역(MFMD)으로 분류되었다. 산림율은 55~57%, 산지전용율은 0.7~2.0%로 향후 개발압력의 정도에 따른 REDD 이행 기제 적용 전략이 중요하게 판단되는 지역이다. 서울특별시는 유일하게 낮은 산림율과 중간수준의 산지전용율을 나타내는 지역(LFMD)으로 분류되었다. 산림율은 26%에 불과하지만, 산지전용율이 1.7%로 산림율 대비 산지개발 정도가 심각한 수준에 와있는 것으로 판단된다. 광주광역시와 인천광역시는 산림율이 낮음에도 불구하고 산지전용율이 매우 높은 지역(LFHD)으로 분류되었다. 산림율은 39%, 산지전용율은 3.2~3.5%로 타 지역에 비해 상당히 높은 수치를 나타내고 있어, 산지전용으로부터 발생하는 탄소배출피해가 심각한 것으로 나타났다.

## 2. 접근법별 비교결과

6가지 기저선 접근법을 16개 시도단위에 적용하여 단위면적당 발생하는 탄소배출권(+) 혹은 초과탄소배출량(-)을 종합한 결과 상이한 결과를 나타냈다(Table 5). 국가수준의 REDD 이행 기제를 적용한 프로그램을 운용하기 위해서 기저선 접근법은 실제배출감축량(AER)이 음(-)의 값을 나타내면 초과탄소배출량을 발행하며, 실제배출감축량이 양(+)의 값을 나타내면 탄소배출권을 발행하는 조건을 갖추어야 한다. 또한 이와 같은 조건에 부합되어 발행된 탄소배출권이 실제배출감축량의 양과 비교하여 과다 산정되지 않는 실제성이 필요하다.

Compensated Reduction 접근법은 실제배출감축량이 양(+)의 값을 나타낸 경우 탄소배출권을 획득하는 것으로 나

Table 5. The generated credit(+) or debit(-) per hectare by REDD baseline approach

Cluster Type	Province	Credits or Debits per unit area (ton-CO <sub>2</sub> / ha)						
		AER <sup>1)</sup>	CR <sup>2)</sup>	CC <sup>3)</sup>	CA <sup>4)</sup>	IA <sup>5)</sup>	CI <sup>6)</sup>	SF <sup>7)</sup>
HFLD	GW	0.04	0.20	- 0.96	0.06	5.15	0.16	0.62
	GN	0.08	0.39	- 1.32	0.11	7.86	0.30	1.19
	GB	- 0.06	- 0.36	- 0.72	- 0.05	1.25	0.07	0.58
	US	- 0.06	- 0.47	- 1.24	- 0.03	8.29	2.31	11.79
	CB	0.04	0.15	- 6.45	0.08	8.69	0.36	1.67
LFHD	GJ	0.05	0.12	- 4.78	0.11	18.77	8.32	41.42
	IC	0.39	2.07	- 4.15	0.51	27.35	4.38	20.33
LFMD	SO	0.24	1.29	- 10.83	0.30	4.17	10.57	51.89
MFHD	GG	0.36	1.78	- 0.19	0.50	33.22	0.63	1.74
	BS	- 0.22	- 1.50	- 0.85	- 0.14	15.94	4.35	22.66
	JJ	0.03	- 0.17	- 5.31	0.10	29.83	1.86	9.20
	CN	- 0.04	- 0.33	- 2.04	- 0.00	8.64	0.34	1.85
MFMD	DG	0.06	0.26	- 21.62	0.10	10.47	3.38	16.65
	DJ	- 0.12	- 0.82	- 6.65	- 0.08	9.14	5.29	26.93
	JN	0.03	0.13	- 0.99	0.04	3.32	0.26	1.19
	JB	- 0.05	- 0.36	- 2.35	- 0.01	8.39	0.32	1.81
Total		0.78	2.38	- 70.45	1.60	200.49	42.89	211.53

1) Actual Emissions Reduction 2) Compensated Reduction 3) Compensated Conservation 4) Corridor Approach  
5) Incentive Accounting 6) Combined Incentive 7) Stock Flow

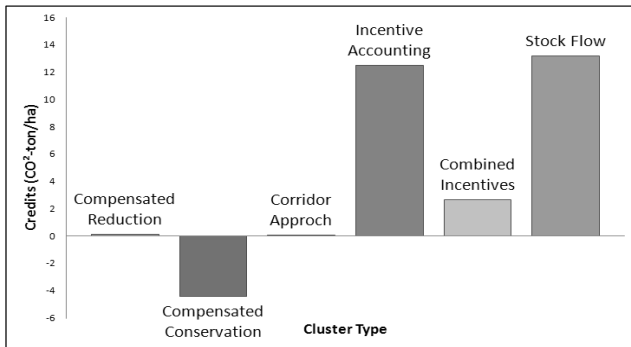


Figure 2. The estimated credits per hectare that generated by REDD baseline approach

타났으며, 실제배출감축량이 높을수록 많은 양의 탄소배출권을 획득하는 것으로 나타났다. 반면, 실제배출감축량이 음(-)의 값을 나타낸 경우 초과탄소배출량을 얻는 것으로 나타났다. 제주도의 경우 실제배출감축량이 양(+)의 값을 나타냈지만, 기준기간의 산림전용율이 3.6%로 매우 높아 이를 반영하여 초과탄소배출량을 얻어 실제성에 어긋나는 예외적인 결과를 나타냈다. 전반적으로 실제배출감축량 대비 실제적인 탄소배출권을 발행하는 것으로 나타났으며, 평균 3배 정도 과다 산정되는 것으로 나타났다. 산정식이 연도별 변화율 기반이 아닌 단순한 시작시점과 종료시점의 산림면적을 통해 산정되기 때문에 적용이 간단하다는 장점 대비 다양한 변수와 오차를 보정하기 어렵다는 단점이 있는 것으로 판단된다.

Compensated Conservation 접근법은 실제배출감축량이 양(+)의 값을 나타낸 대상지를 포함한 모든 대상지에서 초과탄소배출량을 얻었다. 적어도 국내 산림여건에서는 실제성을 갖추기 어려운 접근법으로 판단되며, 6가지 접근법 중 가장 간단한 산정식을 사용하고 있지만 가장 까다로운 수준의 산정방식을 사용하고 있다. Compensated Reduction 접근법과 같이 단순한 시작시점과 종료시점의 산림면적을 통해 산정되기 때문에 이러한 실제성의 부족을 개선할 수 있는 여지가 부족하며, 산정식의 특성상 과거 산림면적보다 이행기간의 산림면적이 증가하지 않는 한 탄소배출권을 획득하기 불가능한 방법이다. 단순한 산림전용 및 황폐화 방지활동 기반에 신규 및 재조립 활동을 추가하여야 탄소배출권을 얻을 수 있기 때문에 추가적인 비용과 노력이 투입되어야 할 것으로 판단된다.

Corridor Approach 접근법은 모든 지역에서 실제배출감축량이 양(+)의 값을 나타낸 대상지는 탄소배출권 획득, 음(-)의 값을 나타낸 대상지는 초과탄소배출량을 얻었다. 6가지 접근법 중 실제성이 가장 뛰어난 것으로 판단되며, 평균 2배 정도 과다 산정되는 것으로 나타났다. 기타 접근법에

Table 6. The ratio of AER/credits by REDD baseline approach

Type	CR	CC	CA	IA	CI	SF
HFLD	n/a <sup>1)</sup>	n/a	24%	0%	1%	0%
LFHD	20%	n/a	72%	1%	4%	1%
LFMD	19%	n/a	80%	6%	2%	0%
MFHD	n/a	n/a	28%	0%	2%	0%
MFMD	9%	n/a	n/a	0%	n/a	0%

1) n/a is relation to debit

비해 완충비용을 두어 유동적인 변수에 비교적 쉽게 대응할 수 있으며, 이행기간 동안의 연간 산림면적변화량을 기준으로 산정하기 때문에 Compensated Reduction, Compensated Conservation 접근법에 비해 정밀한 산정이 가능할 것으로 판단된다.

Incentive Accounting 접근법은 실제배출감축량이 음(-)의 값을 나타낸 대상지를 포함하여 모든 대상지에서 탄소배출권을 획득했으며, 평균 250배 정도의 높은 과다 계상율이 특징적으로 나타났다. Compensated Conservation 접근법과 정반대의 양상을 나타냈으며, 실제성이 부족하여 투입되는 노력대비 탄소배출권 발행량이 많아 국내 REDD 프로그램에 적용하기 불가능할 것으로 판단된다. 국가 전체의 산림변화율과 대상지의 산림율을 복합적으로 고려하여 산정하는 방식으로 이에 대한 산정기준이 명확하게 설정되어야 실제성을 갖출 수 있을 것으로 판단된다.

Combined Incentive와 Stock Flow 접근법 역시 Incentive Accounting 접근법과 동일하게 모든 대상지에서 탄소배출권을 획득했으며, Combined Incentive 접근법은 평균 54배, SF 접근법은 평균 270배 과다 계상되는 것으로 나타났다. 이들 접근법 역시 실제성이 부족하여 투입되는 노력대비 탄소배출권 발행량이 많아 국내 REDD 프로그램에 적용하기 불가능할 것으로 판단된다. 이들 접근법은 다른 접근법과 달리 국가단위의 산림전용으로부터 발생하는 배출량과 지역단위 배출량의 관계에 따른 할인율을 적용하였다는 점에서 유사한 산정방식을 사용한다. 그러나 이때 적용되는 할인율 설정이 주요한 변수로 작용한 것으로 판단되며, 할인율에 대한 설정기준이 명확하게 설정되어야 실제성을 갖출 수 있을 것으로 판단된다.

가장 많은 양의 탄소배출권을 획득한 접근법은 Stock Flow 접근법이지만 실제성이 가장 부족하다는 양면의 결과를 나타냈으며, 실제배출감축량 대비 실제와 가장 유사한 탄소배출권을 획득하는 접근법은 Corridor Approach 접근법으로 실제성이 가장 높은 것으로 나타났다.



### 3. 산림여건 유형별 비교결과

산림여건 유형별로 각 접근법 적용 결과를 보면 전반적으로 LFHD와 LFMD가 많은 양의 단위면적당 탄소배출권을 획득하는 것으로 나타났다(Figure 3). HFLD의 경우 과거 기저선이 낮은 상태에서 이행기간 동안의 산림전용율을 더 낮추기 어렵기 때문에 다른 유형(LFHD, LFMD, MFHD, MFMD)에 비해 탄소배출권 획득이 어렵다. 이러한 현상으로 HFLD에 속하는 지역은 REDD 이행 기제에 대한 참여 유인이 부족하며, 산지전용을 통한 개발이 REDD 참여보다 더 많은 경제적 이익을 가져올 수 있다. 따라서 HFLD에 대한 산지전용 방지와 REDD 이행 기제 참여를 유인하기 위해서는 까다로운 과거 기저선에 대한 인센티브 적용 혹은 획득한 탄소배출권에 대한 가중치 부여에 대해 추가적인 고려가 필요하다.

기타 다른 유형(LFHD, LFMD, MFHD, MFMD)은 과거 기저선 대비 감축실적 달성이 비교적 용이하지만, REDD 활동에 대한 각 지역의 감축노력과 탄소배출권 획득량의 비례 관계를 유지할 수 있는 접근법을 적용하는 것이 합리적이다. Table 6에서 보면 실제배출감축량/탄소배출권 비율이 낮을수록 과다 산정이 크게 이뤄졌다고 할 수 있으며, 이러한 과다산정이 클수록 작은 노력으로 많은 양의 탄소배출권을 획득하게 되므로 기후변화 완화라는 정책적 취지에 부정적 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

### 4. 최적 기저선 접근법의 도출

REDD 프로그램의 국내 실현 및 활성화를 위해 접근법을 적용함에 있어서 고려해야 할 요인은 두 가지로 판단된다. 첫 번째는 실제성으로 실제배출감축량대비 탄소배출권의 과다발행 정도를 말한다. 과다발행의 정도가 높을 경우 작은 노력의 투입으로 과도한 양의 경제적 혹은 사회적 이익을 얻을 수 있게 되고, 이는 REDD 프로그램 활성화에 부정적 영향을 끼칠 것으로 판단된다. 반면 지나치게 실제성을 갖추어 과다발행량이 미미할 경우 투입한 노력 대비 이익이 적어 이 역시 REDD 프로그램 활성화에 부정적 영향을 끼치게 될 것으로 판단된다. 이에 따라 적절한 과다발행 수준의 설정이 필요하지만 지역·인문·사회적 요소가 국가별·지역별로 각각 다른 양상을 나타내므로 이를 단순히 규정짓기란 어렵다. 따라서 이를 고려하여 상황에 적합하게 과다발행 수준을 변동시킬 수 있는 유동성을 지닌 기저선 접근법을 적용해야 할 것으로 판단된다. 두 번째는 산림여건 유형별(HFLD, LFHD, LFMD, MFHD, MFMD) 이익분배구조의 합리성이다. REDD는 산림보전을 전제로 운영되는 개념으로 과거 산림전용율이 높은 지역과 낮은 지역이 동일한 노력을 투입해도 상이한 이익을 가져올 수 있다는 점에서 문제를 야기한다. 이 경우 동일한 노력에 비해 비교적 적은 이익을 얻은 지역은 REDD 프로그램에 대한 참여유인이 저하될 수 있으며, 이러한 문제는 국내 REDD 프로그램 활성화에 부정적 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

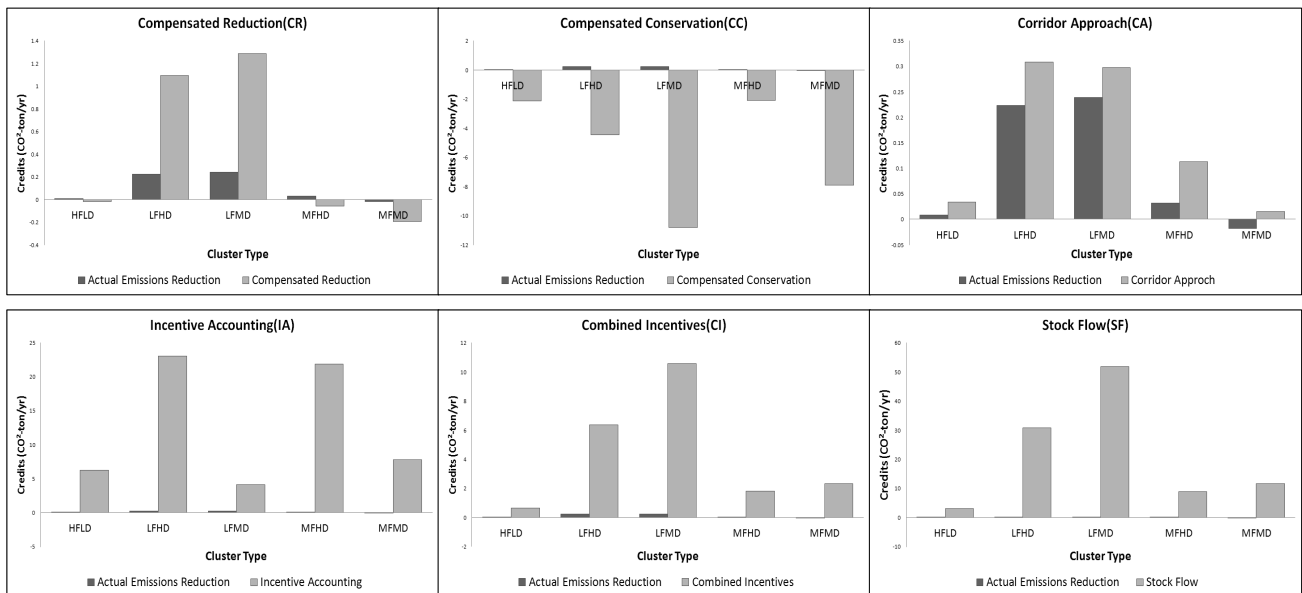


Figure 3. The comparison of quantity of average credits per hectare during 2005-2010 by REDD baseline approach

우리나라가 REDD 이행 기제에 의무적으로 참여해야 한다는 가정이라면 가능한 많은 양의 탄소배출권을 획득할 수 있는 Incentive Accounting, Stock Flow 접근법을 적용해야 경제적 이익을 얻을 수 있다. 그러나 REDD 이행 기제의 적용이 단순한 탄소시장에서의 경제적 이익창출이 아닌 국내 REDD 프로그램 가동을 통한 국가적 산림정책 목표를 위해 이뤄진다면, 실제배출감축량 대비 과다 산정되는 Incentive Accounting, Combined Incentive, Stock Flow 접근법은 적어도 국내산림환경 여건에는 적합하지 않은 것으로 판단된다.

6가지 접근법 중 Corridor Approach 접근법이 실제배출 감축량 대비 탄소배출권과 초과탄소배출량에 대한 실제성 있는 발행조건을 지키고 있으며 실제배출감축량/탄소배출 권 비율이 24~80%로 6가지 접근법 중 가장 낮은 과다 산정 을 나타내고 있다(Table 6). 또한, Corridor Approach 접근 법의 특성상 과거 기저선을 기준삼아 일정 비율로 완충영역 (Buffer corridor)을 두어 탄소배출권을 산정하기 때문에 과 거 기저선에 대한 감축성과를 상황에 따라 유연하게 산정할 수 있는 장점도 있다.

그러나 이러한 장점에도 불구하고 일정범위의 완충영역 을 넘어 최고수준 기저선보다 높은 감축률을 나타낸 지역에 대한 추가적인 인센티브가 없는 것으로 나타났으며, 오히려 이보다 낮은 감축률을 나타내 완충영역 내에 들어오는 지역 이 실제배출감축량 대비 높은 과다 산정 결과를 나타냈다. Table 5에서 실제배출감축량과 Corridor Approach의 결과 를 비교해보면 음(-)의 값을 나타낸 지역을 제외하고, 발행 된 탄소배출권의 양이 실제배출감축량보다 약 1.3~3.3배 과 다 산정되는 것을 볼 수 있다. 완충영역 내에 들어오는 광주 광역시와 제주도가 약 2.2~3.3배 과다 산정되는 결과를 나

타냈다. 반면, 타 지역(양의 값을 나타낸 지역 중)은 광주 광역시와 제주도에 비해 최고수준 기저선보다 높은 감축률을 나타내에도 불구하고 1.3~2.0배 수준으로 비교적 낮게 과다 산정되는 것은 높은 감축성과를 달성한 지역에 대한 지속적 참여유인 부여 측면에서 부정적인 요인으로 작용할 것으로 판단된다. 또한, HFLD와 같이 탄소배출권 발행에 불리한 산림여건을 갖춘 지역에 대한 이익분배구조의 합리성 측면 에서도 악영향을 끼칠 것으로 판단된다. 적어도 최고수준 기저선보다 높은 감축률을 나타낸 지역이 완충영역 내에 들어오는 지역보다 더 높은 비율의 탄소배출권을 발행하도록 해야 하며, 불리한 산림여건을 갖춘 지역에 대한 합리적 인 이익분배구조의 적용이 가능하도록 Corridor Approach 접근법의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

### 5. 한국형 Corridor Approach의 개발

Corridor Approach 접근법의 한계를 개선하기 위해 산정 식을 변형하여 한국형 Corridor Approach 접근법(MCAK; Modified Corridor Approach for Korea)을 개발하였다. Modified Corridor Approach for Korea 접근법은 기저선을 기준으로 일정범위의 완충영역을 적용하여 최고수준의 감 축율과 최저 수준의 감축율을 설정한다는 기존의 Corridor Approach 접근법의 기본개념을 따른다. 그러나 기존의 Corridor Approach 접근법과 달리 최고수준의 기저선 보다 높은 감축률을 보인 지역은 인센티브가 적용된다는 점이 다르며, 최저수준 기저선보다 낮은 감축률을 보인 지역은 발행되는 탄소배출권이 없으며 향후 지속적인 REDD 이행 기제 참여유인을 위해 초과탄소배출량을 발행하지 않는다

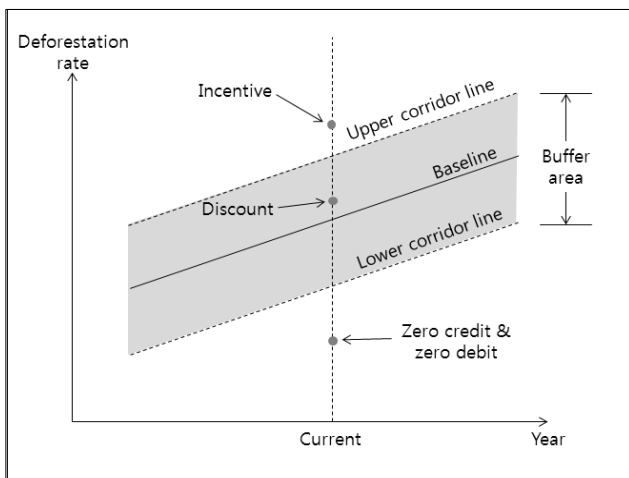


Figure 4. The conceptual diagram of Modified Corridor Approach for Korea

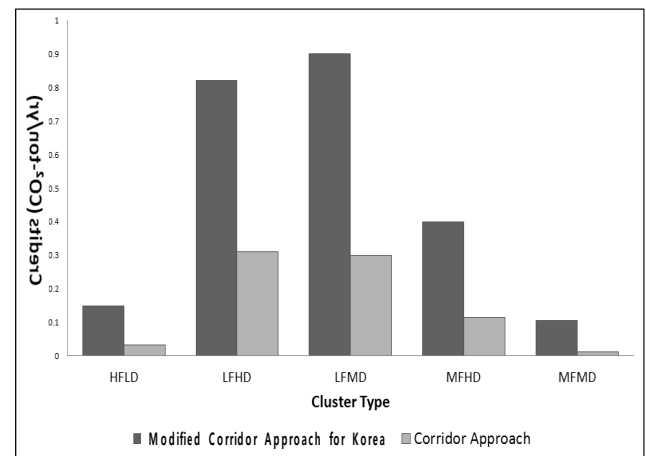


Figure 5. The quantity of average credits per hectare cluster type during 2005~2010 by Modified Corridor Approach for Korea and Corridor Approach

Table 7. The equation of the Modified Corridor Approach for Korea of REDD baseline

Approach	Equations (Assuming that 20% buffer)
Modified Corridor Approach for Korea	For in corridor(buffer area) :
	$\Delta_{KMCA} = (ac_{05-10} - ac_{95-05} * 120\%) * C_{2010} * (1 - \frac{(ac_{95-05} * 80\% - ac_{05-10})}{(ac_{95-05} * 80\% - ac_{05-10} * 120\%)})$
	For upper corridor :
	$\Delta_{KMCA} = [(ac_{05-10} - ac_{95-05} * 120\%) * C_{2010}] * \alpha$
	For lower corridor :
	$\Delta_{KMCA} = zero\ credit$

$C_{2010}$  : Carbon Stock in forest in the year 2010(ton-CO<sub>2</sub>/ha)

$ac_{95-05}, ac_{05-10}$  : Annual change in forest area in the periods 1995-2005, 2005-2010(ha)

$\alpha$  : Incentive weight value

는 점이 차이점이다. 최고수준과 최저수준 사이의 완충영역에 해당하는 감축률을 보인 지역은 기존의 Corridor Approach 접근법과 동일하게 최고수준 기저선 대비 감축률에 따른 할인율을 적용하여 탄소배출권을 발행하게 된다. 인센티브 가중치와 완충비율은 REDD 이행 기제의 방향성과 정책요소에 따라 달리 적용될 수 있어야 하며, 상황에 따라 높거나 낮게 적용될 수 있는 유동성을 지녀야 한다. Figure 4는 이와 같은 Modified Corridor Approach for Korea 접근법의 산정원리를 개념화 한 것이다. 이를 적용해 수정한 산식은 Table 7과 같으며 해당 지역의 감축률이 완충영역을 기준으로 어느 영역에 위치하는 지에 따라 산정식을 달리한다. 단, Modified Corridor Approach for Korea 접근법은 적용 규모 및 산림여건이 다른 타 국가에서 적용시 적합하지 않을

수 있으며, 국내 지자체 단위 산림여건에 최적화된 접근법이다.

Table 8은 Corridor Approach 접근법과 Modified Corridor Approach for Korea 접근법에 따른 ha당 탄소배출권 발행량을 비교한 것이며, Appendix 2는 Modified Corridor Approach for Korea 접근법을 통해 산정된 모든 대상지에 대한 탄소배출권과 초과탄소배출량, 실제배출감축량, 산림면적, 산림율, 산림전용감축면적, 산림전용감축률을 비교한 표이다. 두 접근법 모두 20%의 완충영역을 설정하고 Modified Corridor Approach for Korea 접근법의 경우 Corridor Approach 접근법의 과다산정 배율을 고려하여 가중치를 3으로 설정하였다. 또한, 대상지 산지전용감축률의 완충영역 안팎의 위치에 따라 인센티브 부여를 결정하여 적용하였다.

Table 8. The generated credit or debit per hectare by Modified Corridor Approach for Korea and Corridor Approach

Cluster Type	Province	Credits or Debits <sup>2)</sup> per unit area (ton-CO <sub>2</sub> / ha)				Incentive
		AER <sup>1)</sup>	CA <sup>3)</sup>	MCAK <sup>4)</sup>	AER/MCAK ratio	
HFLD	GW	0.04	0.06	0.18	450%	Yes
	GN	0.08	0.11	0.33	412%	Yes
	GB	- 0.06	- 0.05	0	0%	No
	US	- 0.06	- 0.03	0	0%	No
	CB	0.04	0.08	0.24	600%	Yes
LFHD	GJ	0.05	0.11	0.11	220%	No
	IC	0.39	0.51	1.53	392%	Yes
LFMD	SO	0.24	0.30	0.9	375%	Yes
	GG	0.36	0.50	1.50	417%	Yes
MFHD	BS	- 0.22	- 0.14	0	0%	No
	JJ	0.03	0.10	0.10	333%	No
	CN	- 0.04	- 0.00	0	0%	No
MFMD	DG	0.06	0.10	0.30	500%	Yes
	DJ	- 0.12	- 0.08	0	0%	No
	JN	0.03	0.04	0.12	400%	Yes
	JB	- 0.05	- 0.01	0	0%	No
Total		0.78	1.60	5.31	-	-

1) Actual Emissions Reduction 2) (+): Credits, (-): Debits 3) Corridor Approach 4) Modified Corridor Approach for Korea

그 결과 최고수준의 감축률을 초과달성한 대상지가 그렇지 못한 대상지에 비해 많은 탄소배출권을 발행받는 것으로 나타났다. 이는 Corridor Approach 접근법의 단점이었던 최고수준 감축률 초과달성에 대한 인센티브 비적용에 따른 REDD 프로그램 참여유인 부족과 비합리성을 개선한 결과로 판단된다. 또한, 완충비율을 낮추고 인센티브 가중치를 높이게 되면 과다발행량이 증가하게 되며, 완충비율을 높이고 인센티브 가중치를 낮추게 되면 과다발행량이 감소하는 유동성을 확보하고 있어 변동될 수 있는 변수에 쉽게 대응할 수 있는 장점이 있다.

반면, Modified Corridor Approach for Korea 접근법의 경우도 과거에 높은 산림전용율을 나타냈던 유형이 낮게 나타났던 곳보다 더 많은 이익을 가져가는 형평성의 문제를 나타낸다. 이러한 문제는 과거 산림전용율을 기준하여 배출권을 발행하는 REDD의 기본개념 하에서 오는 한계점으로, 신뢰성 높은 접근법을 적용하여도 대부분 발생할 수 밖에 없는 현상이다. 따라서 이러한 문제를 접근법의 신규개발로 해결하기보다 REDD 프로그램의 새로운 이익분배구조를 구상하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 이의 일환으로 HFLD와 같이 과거 산림전용율이 낮아 REDD 이행 기제를 통해 동일한 노력 투입 대비 탄소배출권을 발행받기 어려운 지역을 위해 인센티브를 위한 기금조성과 재분배 이행 기제가 필요하다(Climat Protection Programme, 2006). 이를 위해 Stock Flow 접근법에서 다뤄졌던 원천징수율을 Modified Corridor Approach for Korea 접근법에 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. HFLD를 제외한 기타 유형(LFHD, LFMD, MFHD, MFMD)에서 획득한 탄소배출권의 일정 비율을 원천징수하여 국내 REDD 기금으로 조성하고, 조성된 기금을 통해 REDD 프로그램 기반에 투자하거나 HFLD에 간접적 인센티브를 지원하는 방식이 될 수 있다. 원천징수율에 대한 결정은 프로그램 운영방향과 탄소시장과의 연계성 등 모든 지역 간의 이해관계를 고려하여 설정되어야 하며, 투입되는 노력 대비 합리적인 수준에서 결정되어야 할 선(先)경험적 인자로 판단된다.

본 연구에서 제시한 Modified Corridor Approach for Korea 접근법이 국내 REDD 활동에서 유효한 기능을 하기 위해서는 측정·보고·검증 가능한 시스템(MRV; measurable, reportable, verifiable) 구축 능력을 확보해야 한다. 국내 REDD 활동을 국제영역에서 인정받기 위해 활동내용이 측정 가능하고, 보고 가능해야 하며, 검증 가능하도록 만들어진 시스템이 MRV이다(Peck K.Y., 2010). 이러한 MRV 시스템은 Modified Corridor Approach for Korea 접근법과 상호보완관계에 있어 이를 효과적으로 연계할 수 있는 연구가 필요할 것이다. 또한, 국내 산림 정책의 영역을 넘어 국내외 탄소시장과 REDD 프로그램의 연계방안을 연구할 필요

가 있다.

## 인용문헌

- Cattaneo, A.(2008) A stock-flow mechanism to reduce emissions from deforestation. Workshop on policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries, September, pp. 2-7.
- Bae, J.S. and K.K. Bae(2009) Assessment of the Potential Carbon Credits from Reducing Emissions from Deforestation and Enhancement of Forest Carbon Stock Activities in Developing Countries. Jour. Korean For. Soc. 98(3): 263-271. (in Korean with English abstract)
- Climate Protection Programme(2006) Reducing emissions from deforestation in developing countries : potential policy approaches and positive incentives. pp. 16-20.
- da Fonseca, G.A.B., C.M. Rodriguez, G. Midgley, J. Busch, L. Hannah and R.A. Mittermeier(2007) No forest left behind. PLoS Biology 5(8): 1,645-1,646.
- Everitt, B.(1980) Cluster Analysis. Quality and Quantity 14 (1): 75-100.
- Griscom, B., D. Shoch, B. Stanley, R. Cortez, N. Virgilio(2009) Implication of REDD baseline methods for different country circumstances during an initial performance period.
- Joanneum Research, Union of Concerned Scientists, Woods Hole Research Center, and the Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia(2006) Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries: potential policy approaches and positive incentives. UNFCCC/SBSTA/2006/L.25.
- KFRI(2011) Carbon emission factor for forest GHGs inventory. pp. 33-40. (in Korean)
- Korea Forest Service(2009) Climate change and Forest. pp. 87-98. (in Korean)
- Korea Forest Service(2011) The Statistical Yearbook of Forestry 2011. pp. 166-167. (in Korean)
- KREI(2010) Understanding of the UNFCCC REDD+ Mechanism and Prospect of REDD+ Negotiations. pp. 9-15. (in Korean with English abstract)
- Leischner, B. and P. Elsasser(2010) Reference emission level for REDD : Implications of four different approaches applied to past period's forest area development in 84 countries. vTI Agriculture and Forestry Research 3(60): 119-130.
- Mollicone, D., F. Achard, S. Federici, H. D. Eva, G. Grassi, A. Belward, F. Raes, G. Seufert, H. Stibig, G. Matteucci, E. Schulze(2007) An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. Clim Change 83(4): 477-493.

- Parker, C., A. Mitchell, M. Trivedi and N. Mardas(2009) The little REDD+ book : an updated guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation. Oxford, Global Canopy Programme, pp. 60-70.
- Peck, K.Y.(2010) Thoughts for REDD moving forward. Symposium on the Out-look if REDD+ and Strategy by Countries at University of Chungnam, KGPA, Korea, December 16, pp. 8-13.
- Santilli, M., P. Moutinho, S. Schwartzman, D. Nepstad, L. Curran and C. Nobre(2005) Tropical deforestation and the Kyoto Protocol. *Climate Change* 71(3): 267-276.
- Strassburg, B., R.K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer and A. Lovett(2008) An Empirically-Derived Mechanism of Combined Incentives to Reduce Emissions from Deforestation. CSERGE Working Paper ECM 08-01.
- UNFCCC(1998) Kyoto Protocol(online). [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php).
- Ward, J. H., Jr.(1963) Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 48: 236-244.

Appendix 1. The variables to input into all approach for estimating credits or debits

Province	FA <sub>1995</sub>	FA <sub>2005</sub>	FA <sub>2010</sub>	FA <sub>2010,a</sub>	C <sub>2010</sub>	cr <sub>1995-2005</sub>	cr <sub>2005-2010</sub>	ac <sub>1995-2005</sub>	ac <sub>2005-2010</sub>	National_ cr <sub>1995-2005</sub>	E <sub>1995-2005</sub>	National_ E <sub>1995-2005</sub>	Actual_ E <sub>2005-2010</sub>
Unit	10 <sup>3</sup> ha	10 <sup>3</sup> ha	10 <sup>3</sup> ha	10 <sup>3</sup> ha	ton CO <sub>2</sub> /ha	%	%	ha	ha	%	Mt CO <sub>2</sub>	Mt CO <sub>2</sub>	Mt CO <sub>2</sub>
GW	1,377	1,371	1,369	1,340	248	-0.46%	-0.15%	-581	-346	-0.9%	144	1,628	77,318
GG	551	532	527	446	216	-3.47%	-0.98%	-1,741	-871	-0.9%	376	1,628	169,529
GN	714	708	707	682	221	-0.76%	-0.21%	-495	-248	-0.9%	110	1,628	49,478
GB	1,348	1,346	1,343	1,335	214	-0.17%	-0.25%	-206	-566	-0.9%	44	1,628	108,885
GJ	20	20	20	18	196	-2.20%	-1.07%	-41	-35	-0.9%	8	1,628	6,229
DG	50	49	49	47	222	-1.04%	-0.41%	-47	-34	-0.9%	10	1,628	6,679
DJ	31	30	30	29	207	-1.09%	-0.94%	-30	-48	-0.9%	6	1,628	8,899
BS	37	36	36	33	234	-1.70%	-1.50%	-57	-91	-0.9%	13	1,628	19,090
SO	16	16	16	15	202	-1.57%	-0.16%	-23	-4	-0.9%	5	1,628	756
US	70	69	69	66	228	-0.86%	-0.64%	-55	-74	-0.9%	13	1,628	15,183
IC	42	41	40	35	198	-3.03%	-0.52%	-116	-36	-0.9%	23	1,628	6,318
JN	699	696	695	680	161	-0.50%	-0.17%	-318	-196	-0.9%	51	1,628	28,426
JB	454	449	447	429	215	-0.92%	-0.63%	-380	-474	-0.9%	81	1,628	91,587
JJ	94	91	89	75	196	-3.63%	-1.97%	-311	-298	-0.9%	61	1,628	52,537
CN	446	441	438	418	186	-1.09%	-0.73%	-442	-536	-0.9%	82	1,628	89,770
CB	502	498	496	475	208	-0.93%	-0.40%	-425	-328	-0.9%	88	1,628	61,278

Appendix 2. The stats of generated credits by Modified Corridor Approach for Korea of all province

Province	Cluster type	Forest area (ha)	Forest cover	Deforestation reduction area (ha)	Deforestation reduction rate	Actual emission reduction (Mt CO <sub>2</sub> )	Carbon credit (Mt CO <sub>2</sub> )
GW		1,368,571	81.98%	235	40%	55	246
GN		706,990	67.12%	246	50%	57	233
GB	HFLD	1,342,798	70.57%	-360	-175%	- 81	-
US		68,917	65.08%	-19	-34%	- 4	-
CB		495,806	66.70%	97	23%	20	119
GJ		19,667	39.24%	5	13%	1	2
IC	LFHD	40,427	39.27%	80	69%	16	62
SO	LFMD	15,719	25.97%	19	82%	4	14
GG		526,985	51.83%	869	50%	190	790
BS	MFHD	35,786	46.64%	-34	-59%	- 8	-
JJ		88,874	48.07%	13	4%	3	9
CN		437,851	50.73%	-94	-21%	- 18	-
DG		48,974	55.39%	14	29%	3	15
DJ	MFMD	30,175	55.89%	-17	-57%	- 4	-
JN		694,787	56.73%	123	39%	21	83
JB		446,516	55.35%	-95	-25%	- 22	-