

조림 CDM 사업의 경제성 분석을 위한 방법론 연구 -온대습윤기후대와 열대우림기후대 사례지역을 중심으로-

이상엽* · 정재호*

A Study on a Methodology for Economic Feasibility of
A/R(Afforestation/Reforestation) CDM(Clean Development Mechanism)
- Case Studies on Temperate Humid Zone and Tropical Rain Forest Zone -

Sang-Youp Lee* · Jae-Ho Jung*

국문요약

지금까지 A/R CDM 사업의 가장 본질적인 특징인 비영속성 연구가 많이 진행되지 못해 상환의무에 따른 사업 타당성에 관한 체계적인 판단이 어려운 현실이었다. 따라서 본 연구에서는 A/R CDM 사업의 특징과 기본 개념을 바탕으로 두 가지 대비되는 사례를 이용해 사업의 경제적 타당성을 분석하였다.

tCER, ICER 모두 높은 수익성을 유지하기 위해서는 목재가격 변화보다는 탄소가격이 보다 큰 영향을 미치게 된다. 크레딧을 판매하거나 사용하는 경우 모두 해당되는데, 본 분석에서는 사례 1에서 탄소배출권을 판매하고 수익율 17%시 tCER이 가장 탄소가격에 민감한 것으로 나타났다. 크레딧 종류별로 민감도 효과를 파악할 수도 있는데, 수익율 수준과 무관하게 tCER은 탄소가격, ICER은 목재가격에 보다 민감한 것으로 분석되었다. 사례 2에서 탄소배출권을 사용하고 수익율 13%시 ICER이 목재가격에 가장 민감한 것으로 나타났다. 한편, 크레딧을 판매하는 경우보다 직접 감축의무에 사용하여 이를 상환할 때, 일정 수익성을 유지하기 위해서는 목재가격이 보다 중요한 요인으로 작용하게 된다. 그리고 본 연구에서 분석된 사례지역의 경우 약 \$11/tCO₂에서 \$37/tCO₂의 크레딧 가격이 형성되어야 CDM 조림사업 추진이 타당한 것으로 분석되었다.

주제어 : 조림 청정생산체계, tCER, ICER, 크레딧 상환

* 포스코경영연구소(sangyoup@posri.re.kr)

ABSTRACT

This study is intended to develop an economic feasibility methodology of A/R CDM projects based on two project cases in China and Vietnam and to evaluate the project profitability from the view point of credit type selection between temporary CER (tCER) and long term CER (lCER) as well as from the aspect of CER prices by using indicators IRR, the year in which a single year profit is achieved and the year in which the accumulated deficit is cleared.

For A/R CDM projects of industrial plantations, tCER is more suitable than lCER. Profitability of A/R CDM projects depend on the price of wood and CERs. In the case that the project participants take responsibility for replacement of credits to make the price of their CERs at higher levels, thus the project may not be feasible as a CDM project. However, minimum required tCER prices without replacement are 11US\$/t CO₂, thus the project may be feasible under the future carbon market scheme.

Keywords : A/R CDM, Temporary CER, Long term CER, replacement of credits

I. 서론

1. 연구목적 및 접근방법

조림 청정개발체제(Clean Development Mechanism; CDM)사업의 탄소계정에서 가장 특정한 내용은 크레딧의 비영속성(non-permanence)이다. 비영속성은 흡수원에 의해 흡수 저장된 탄소가 산불, 병충해, 벌채 등 자연적, 인위적 교란에 의해 다시 배출될 수 있다는 것에서 기인된다. 이렇게 재배출될 경우, 이미 취득하여 의무이행에 사용된 크레딧은 궁극적으로 다시 배출을 동반한 것이므로 그 사용가치에 관한 책임소재(Liability)를 분명히 할 필요가 있기 때문에 고안된 것이다. 이와 같은 소멸성 크레딧의 사용은 크레딧의 차입(Borrowing)이며, 따라서 크레딧 사용 후¹⁾ 상환되어야 한다. 또한, 조림사업에 의한 크레딧은 Long term CER(ICER), Temporary CER(tCER)로 구분되어 있으며 조림사업을 통해 크레딧을 확보하려는 사업주체는 이를 결정해야 한다. 이와 같은 관점에서 조림 CDM 사업주체는 크레딧 선정, 상환여부, 목재가격 및 향후 탄소가격을 감안하여 사업 타당성 여부를 종합적으로 판단해야 한다. 본 연구에서는 조림 CDM 사업주체가 식재 후 경제적 벌기령을 고려하여 벌채한 후 벌채된 지역에 대해서는 산림이 지속적으로 존재하도록 재식재되는 사업기간 30년의 조림사업을 분석대상으로 국한하였다. 그리고 이와 같은 사업의 경제적 타당성 여부를 판단할 수 있는 방법론을 사례 분석을 통해 제시하였다.

기후변화협약에서는 크레딧 거래시 발생하는 문제에 대해 기본적으로 구매자 책임(buyer liability)원칙을 규정하고 있다. 조림 CDM 사업의 경우, 사업주체는 획득된 크레딧을 감축의무 이행에 사용하여 이를 이후 상환하거나, 획득된 크레딧을 배출권시장에 판매할 수 있다. 후자의 경우에는 배출권시장의 조림 크레딧 구매자가 상환의무가 있으며, 이때 크레딧 판매자는 상환의무가 없다.²⁾ 따라서 본 연구에서는 tCER, ICER의 수익성을 비교평가하기 위해 사업주체 관점에서 상환의무가 있을 경우와 그렇지 않을 경우를 구분하여 분석하였다.

1) HWWA. 2004. "Value and Risks of Expiring Carbon Credits from CDM Afforestation and Reforestation" discussion paper.

2) UNFCCC. 2004. 3. *Report of the conference of the parties on its 9th session.*

2. 조림 CDM 사업의 주요 개념

1) 크레딧의 종류 및 유효기간 결정

UN 기후변화협약기구에서는 조림사업에서 발생하는 크레딧은 비영속성으로 인해 일반 크레딧과 구별하여 Temporary CER(tCER)과 Long-term CER(iCER)로 분류하여 정의하였다. iCER은 사업기간 동안 유효한 크레딧이고, tCER은 공약기간³⁾ 말까지를 유효기간으로 하는 크레딧이다. 따라서, 일반 크레딧의 수명은 영구적인데 비해, 조림에 의해 발생된 크레딧은 최대 사업기간 말에 소멸되는 특징이 있다. 사업기간은 30년 또는 60년(20년×3)으로써 두 기간 중 하나를 택할 수 있다.⁴⁾ 사업기간에 의한 크레딧 발생가능은 기본적으로 베이스라인 갱신의 여부와 관련이 있다. 베이스라인은 조림사업이 없다고 가정할 경우의 CO₂ 발생량으로서 조림사업을 통한 CO₂ 저감(흡수)량을 산정하는 데 필요한 기준선이다. 30년의 의미는 30년 사업기간 동안 베이스라인을 갱신할 수 없다는 의미이며, 60년은 20년 간 2회에 걸쳐 베이스라인 갱신을 할 수 있기 때문에 가능한 기간이다. 베이스라인을 갱신하는 경우, 사업 초기의 별채된 삼림지 기준으로 설정되었을 베이스라인 보다 높은 수준에서 탄소 축적량 기준이 설정될 것이다.

2) 크레딧 검증 시기 및 크레딧 발생

tCER은 발행된 공약기간의 차기 공약기간 말에 소멸되는 것으로서 소멸되는 경우 영구적인 일반 크레딧(AAU, CER, ERU, RMU)⁵⁾ 또는 다른 tCER로 대체해야 한다. 5년마다 크레딧이 소멸되고 갱신되기 때문에 해당 공약기간 중의 크레딧 양은 검증된 누적 축적량이 된다. 만약 탄소축적이 증가한 경우 크레딧 양은 최초 발행량보다 증가하며, 탄소축적이 감소한 경우 크레딧 양은 최초 발행량보다 감소하게 된다.

반면 iCER은 사업기간의 종료와 함께 소멸되는 것으로서 영구적인 일반 크레딧(AAU, CER, ERU, RMU)으로 대체해야 한다. 단, 사업기간 중 탄소축적이 감소하게 되면 차기 공약

3) 2008년부터 시작되는 1차 공약기간은 5년간임.

4) UNFCCC. 2004. 3. *Report of the conference of the parties on its 9th session.*

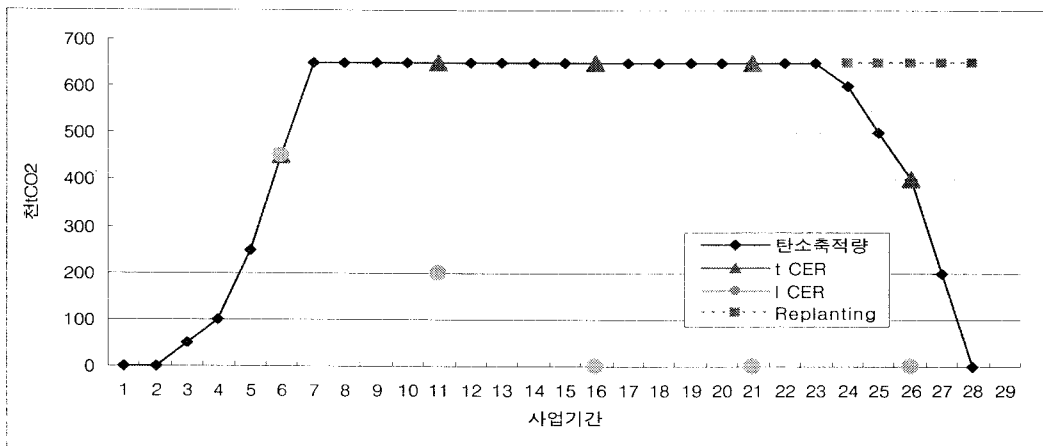
5) AAU(Assigned Amount Unit) : 교토의정서 부속서 I 국가에 할당된 크레딧.
 CER(Certified Emission Reduction) : 청정개발체제 사업에 의해 인정받은 크레딧.
 ERU(Emission Reduction Unit) : 공동이행제도 사업에 의해 인증받은 크레딧.
 RMU(Removal Unit) : 국내 산림부문 활동으로부터 발생한 크레딧.

기간 중 이를 일반 크레딧으로 대체해야 한다. ICER의 속성장 첫 회 인증시 발행된 크레딧 양은 그 이후에도 동일하게 유지되며, 2차 기간 이후 크레딧 인증시에는 탄소축적이 이전 기간보다 증가한 경우, 즉 전회 인증분 기준으로 증가분에 대해서만 크레딧이 발행된다.

초기 검인증 시기는 사업주체가 스스로 결정할 수 있다. 결정한 이후에는 사업종료 기간까지 매 5년마다 실시된다. <그림1>은 tCER과 ICER의 발행량 제시를 위한 임의의 사례이다. 식림, 벌채, 재식림을 고려한 28년 간의 사업기간 중 탄소 축적량이 <그림1>과 같을 때 초기 검인증은 사업 개시 6년째 실시, 이후 5년씩 진행되어 26년째 마지막으로 크레딧이 발행되는 사례를 보여준다. 우선 tCER의 경우 사업 착수 후 6년 후 처음으로 450천 tCO₂, 이후 11년, 16년, 21년 후 각각 650천 tCO₂, 마지막으로 26년 후 400천 tCO₂의 크레딧을 발행받게 되며, 사업기간 중 총 크레딧 양은 2,800천 tCO₂에 이른다. 반면, ICER의 경우 사업착수 후 처음 6년 후, tCER과 마찬가지로 450천 tCO₂의 크레딧을 발행받지만, 11년 후에는 동 기간에 이르는 시기에 추가적으로 발생하는 200천 tCO₂만 크레딧이 발생된다. 이후 사업 종료시까지 추가적으로 발생하는 탄소 축적량이 없기 때문에 크레딧은 발생하지 않는다. 이 결과 ICER의 총 크레딧 양은 650천 tCO₂ 이다.

한편, 토지를 임대하여 실시되는 일반 상업조림은 사업 종료 후 토지소유주에게 토지를 상환해 주어야 한다. ICER의 경우 탄소 축적량 감소가 없는 한 크레딧 상환의무가 없으므로, 축적량을 유지하는 재식림을 실시한다면 ICER의 수익성은 변할 수 있다. <그림1>에서는 이와 같은 재식림 상황 역시 반영되고 있다.

<그림1> 사업기간 중 tCER, ICER 발행량 사례



크레딧발행	6년 후	11년 후	16년 후	21년 후	26년 후	총 계
tCER	450	650	650	650	400	2,800
ICER	450	200	0	0	0	650

II. 경제성 분석 방법론 사례 연구

1. 분석대상 및 주요 가정

본 연구에서는 전 세계 인공조림지의 57%⁶⁾를 차지하는 아시아 지역의 2개 조림사업 사례를 이용해 수익성 및 민감도 분석을 실시하였다. 사례 1은 중국 남동부 지역으로 온대습윤 기후 지역이며, 사례 2는 베트남의 하노이 남쪽에 위치한 지역으로 열대우림기후대에 속하는 지역이다. 각 사례지역의 위치 등 자연적 특성은 <표1>과 같다. 사례 1 지역의 경우 토양에 점토성분이 많아 수목성장이 어려워 경제적인 조림사업 수행이 곤란한 지역이다. 반면 사례 2 지역은 토양에 P, K, N 성분이 다량 포함된 비옥한 토양으로서 사례 1 지역에 비해 수목생장이 유리한 것으로 평가된다.

<표1> 사례분석 지역의 자연적 특징

	사례 1 : 온대척박지역	사례 2 : 열대비옥지역
위 치	중국 남동부	베트남 하노이 남쪽
면 적 (ha)	25,000	30,000
사이트수(개) / 평균면적(ha)	24 / 1,000	20 / 1,500
연평균 강수량 (mm/년)	1,500	1,690
연평균 기온 (°C/년)	18.7	23.4
토양 특성	점토 성분 많음	비옥함

한편, 본 연구에서는 CDM 사업 각 대상지역에 식재할 수종 및 면적을 <표2>와 같이 가정하여 분석하였다. 각 지역의 식재 수종은 성장속도가 빠르거나, 목재가치가 매우 높은 외래수종과 현지 환경에 적합한 향토수종을 혼합식재하고, 각 수종에 맞는 식재간격, 무육활동 및 간벌시기 등을 차등 적용하였다. 또한, 식재는 수종별 전체 대상면적의 10%씩 10년간 실시하고, 경제적 벌기령을 고려하여 벌채 후 재식재함으로써 지속가능한 산림관리가 될 수 있는 식재계획을 고려하였다. 예를 들어, 사례 1의 *Pinus Elliotti*의 경우 매년 1,000ha씩 10년간 신규 식재하여 총 10,000ha를 식재하고, 이후부터는 최초에 식재한 구역인 1,000ha는 경제적 벌기령인 15년차에 벌채하여 판매하게 되고, 벌채된 면적에 대해 동일한 수종(*Pinus Elliotti*)을

6) 김의경. 2005.11. “세계목재수급동향과 국내 경제림 수익성 제고” 경제림정책토론회.

동일한 규모의 1,000ha를 재식재함으로 지속적으로 산림이 존재하도록 관리하는 것이다.

〈표2〉 대상 수종 및 식재 계획

	대 상 수 종			벌기령 (년)	식재량 (본/ha)	MAI* (m ³ /ha/년)	식재면적 (ha/년)
	수종명	재식방법	향토				
사례 1 : 온대 척박 지역	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	침엽수	외래	30	2,000	9.2	750
	<i>Pinus elliotii</i>	침엽수	향토	15	2,000	7.0	1,000
	<i>Liriodenron chinese sarg</i>	활엽수	외래	30	2,000	10.1	250
	<i>Poplus spp</i>	활엽수	향토	7	900	26.5	500
사례 2 : 열대 비옥 지역	<i>Eucalyptus hybrid</i>	활엽수	외래	10	2,500	13.5	600
	<i>Acacia auriculiformis</i>	활엽수	외래	10	2,500	15.0	1,500
	<i>Chukrasia tabularia</i>	활엽수	향토	30	900	5.0	600
	<i>Pinus merkusii</i>	침엽수	향토	30	2,500	4.0	300

* Mean Annual Increment : 연평균성장량으로서 수종의 연간 성장량을 의미
 자료원 : Forestry Dept.(2002), FSIV(2004)

CDM 조림사업의 수익성 분석을 위해 필요한 비용은 조림사업 추진을 위한 일반비용과 CDM 추진비용을⁷⁾ 고려하였다. 묘목비용은 대상지역의 수종별 평균시장가격을 적용하고, 묘목생산을 위한 양묘장은 운영하지 않고 전량 구입하는 것으로 가정하였으며, 기타의 비용은 초기 토지상대, 토양, 기후 및 강수조건, 관리수종의 특성 등을 고려하여 현지 인건비와 장비가액을 기초로 작성하였다.〈표3〉 CDM사업 승인관련 행정비용 중 계획수립비용은 CDM 프로젝트 개발을 위한 컨설팅 비용 및 프로젝트 관리인력 비용이고, 기타의 행정비용은 탄소배출권을 발행하기 위한 행정절차에 소요되는 예상 평균비용을 고려하였다. 보험료는 조림 지역의 재해에 대비한 보험 지불비용이다.〈표4〉

7) 2005년 시장조사자료로서 2005년 각국별 현지 방문 시장조사결과를 적용하였으므로 동일 국가이더라도 지역별로 다소 차이가 있을 수 있음.

〈표3〉 조림사업의 추진 비용

	대상수종	묘목비 (US\$/ha)	식재비 ^{a)} (US\$/ha)	무육비 ^{b)} (US\$/ha)	생산비 ^{c)} (US\$/m ²)	도로 건설비 ^{d)} (US\$/ha)	토지 임대료 (US\$/ha)	설비/ 건물 ^{e)} (US\$/ha)	일반 관리비 ^{f)} (US\$/ha)
사 례 1	<i>Cunninghamia Lanceolata</i>	140	291.2	172.40	47.14	167.32	92.60	4,300	69
	<i>Pinus elliotii</i>	140	291.2	172.40	51.7	167.32	92.60	4,300	69
	<i>Populus spp</i>	117	163.4	93.00	43.17	167.32	92.60	4,300	69
	<i>Liriodenron chinese sarg</i>	300	291.2	171.40	46.65	167.32	92.60	4,300	69
사 례 2	<i>Eucalyptus hybrid</i>	175	255.9	220.50	14.33	137.99	62.80	946.5	48
	<i>Acacia auriculiformis</i>	175	256.1	220.50	14.33	137.99	62.80	946.5	48
	<i>Chukrasia tabularia</i>	135	113.6	127.00	20.88	137.99	62.80	946.5	48
	<i>Pinus merkusii</i>	325	256.1	220.50	21.79	137.99	62.80	946.5	48

- a) 토지정리비 + 준비비 (구덩이 파기 등) + 인건비
 - b) 수종별 어린나무 가꾸기 비용 (3~5년) + 시비(施肥) 비용
 - c) 생산 인건비 + 장비 관련 비용 (감가상각비, 유류비 등) + 생산로 건설 비용
 - d) 접근로 + 주임도 건설비용 (인건비, 장비 관련 비용)
 - e) 식재 및 생산계획에 따른 장비소요계획 + 관리사무소 및 생산인력 숙소
 - f) 관리자 임금 + 사무실 소모품 비용 등
- * US\$: 2005년 기준

〈표4〉 CDM 행정비용 및 보험료

CDM 사업 승인관련 행정비용 (US\$)	계획수립 (600,000)	검증 (40,000)	모니터링 (120,000)
		확인 (20,000)	인증 (20,000)
보험료	재고자산가액의 0.05%		

목재판매와 관련된 수익은 해당 국가 내에서 판매되는 가격을 기준으로 분석하였다.〈표 5〉 수종별 판매수익은 현재 시장가격을 기준으로 한 판매가격에서 판매 부대비용을 고려하여 산정되었으며, 내부수익률(IRR)의 계산을 위해서 인플레이션율은 고려하지 않았다. 그리고 사업추진에 필요한 자금조달은 차입 비율을 50%로 하고 우리나라 산림청의 정책자금(3% 이율, 3년 거치 10년 균등상환)을 활용하는 것으로 가정하여 차입금을 산정하고 이에 따른 수익성 분석을 하였다. 총 투자비는 총 사업기간 중 식재계획에 소요되는 비용을 〈표3〉의 단가를 고려해 산정하였고, 총 차입금액은 식재 후 최초수익이 발생하는 시점까지 매년 소요

되는 총 투자비의 50%를 차입하는 것을 가정하여 도출하였다. 이 결과 사례 1의 경우, 총 투자비(약 2억5천만 달러), 차입금액(약 3천만 달러), 사례 2는 총 투자비(약 3억 달러), 차입금액(약 1천7백만 달러)이 각각 도출되었다. 한편, 조림사업 통해 발생하는 수익에 대한 세율은 중국과 베트남의 조세법에 기초해 사례 1(33%)과 사례 2(10%)의 세율을 고려하였다.

〈표5〉 목재 판매가격

(단위 : US\$/m³)

사례 1 : 온대척박지역		사례 2 : 열대비옥지역	
<i>Cunninghamia lanceolata</i>	79.8	<i>Eucalyptus hybrid</i>	56.7
<i>Pinus elliotii</i>	68.7	<i>Acacia auriculiformis</i>	63
<i>Populus spp</i>	68.7	<i>Chukrasia tabularia</i>	379
<i>Liriodenron chinese sarg</i>	76.1	<i>Pinus merkusii</i>	94

위와 같은 조림사업의 비용과 수익을 기초로, 탄소 크레딧을 고려하지 않은 일반 상업조림 관점에서 사업성 평가를 위한 각 사례의 현금흐름 및 수익성 분석 결과는 〈표6〉과 같다. 베트남 지역의 조림사업인 사례 2가 중국의 사례 1보다 대상 면적이 5,000ha 넓은 대규모임을 고려할 때, 투자비 및 운영비가 상대적으로 매우 낮은 수준으로 평가되었다. 이는 사례 2의 토지 임대료가 ha당 약 US\$30 저렴하고, 속성수의 재배 면적이 넓어 간벌 및 가지치기 비용이 낮게 책정되었기 때문인 것으로 분석된다. 또한 사례 2가 수익성 역시 상대적으로 높게 나타나는데, 이것은 향토수종 *Chukrasia tabularia*의 판매가격이 타 목재 판매가의 3배 이상 (US\$379/m³)인 고부가가치 목재를 생산하는 사업이기 때문이다.

〈표6〉 사업성 평가를 위한 현금 흐름(30년) 및 수익성

구 분	사례 1 : 온대척박지역		사례 2 : 열대비옥지역	
	단위면적당 (US\$/ha)	총액 (US\$1,000)	단위면적당 (US\$/ha)	총액 (US\$1,000)
투자 및 운영비	10,060	251,508,164	8,888	296,267,943
토 지 임 차 료	2,778	69,450,000	1,884	56,520,000
기 계 및 설 비	1,512	37,800,000	1,665	49,930,000
건 물	8	200,000	7	200,000
시 비	97	2,429,000	87	2,613,600
식 재 비	777	19,415,200	959	28,774,920
무 육 비	187	4,680,850	432	12,972,780

〈표6〉 계속

구 분	사례 1 : 온대척박지역		사례 2 : 열대비옥지역	
	단위면적당 (US\$/ha)	총액 (US\$1,000)	단위면적당 (US\$/ha)	총액 (US\$1,000)
간벌/가지 치기	308	7,709,938	97	2,898,960
도 로 건 설 비	118	2,959,390	58	1,747,872
생 산 비	2,505	62,628,050	3,422	102,660,120
일 반 관 리 비	1,729	43,220,175	1,229	36,880,650
보 험 료	41	1,015,561	36	1,069,041
판매 수익	10,668	266,694,678	12,837	385,103,112
간 벌 재	2,144	53,602,446	2,618	78,549,787
목 재*	8,523	213,092,231	10,218	306,553,325
최초 수익 발생 년도	7년		8년	
내부수익율 (IRR)	8.6%		13.5%	
투자 회수기간	29.2년		16.2년	

* 목재가치는 30년 시점에서의 입목의 재적가치(벌채하지 않고 현재까지 성장한 부분의 목재가치)를 포함.

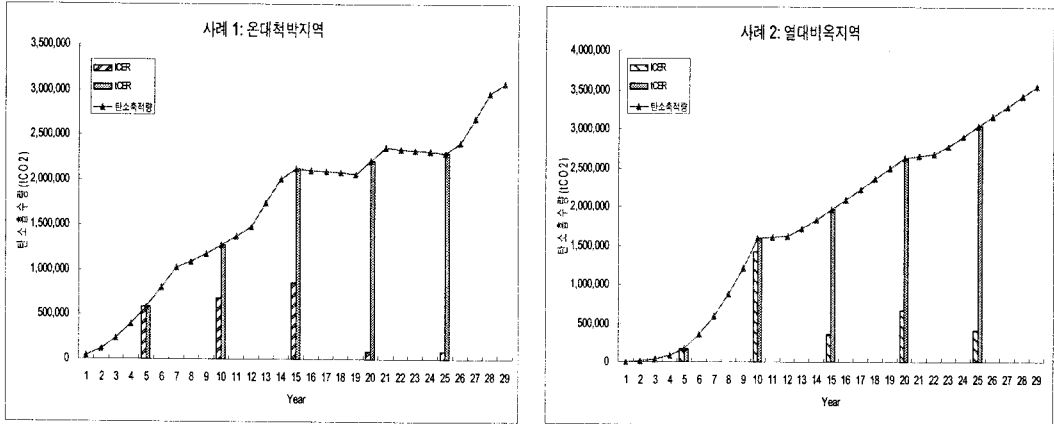
국내 조림회사가 해외조림사업에 기대하는 수익률 12%⁸⁾를 기준으로 볼 때, 사례 1 지역은 사업적 매력에 없는 지역으로 평가된다. 한편, 저개발 국가의 열대 지역에서는 산림관리가 어렵고 산불 등 재해위험이 높은 것을 감안하여 조림사업 수익성 기준을 15%⁹⁾ 수준으로 판단할 때 사례 2 지역 역시 사업 타당성 기준을 충족하기에 미흡한 것으로 평가될 수 있다. 따라서, 두 지역 모두 상업적 목적으로 매력도가 떨어지는 사업으로서 탄소배출권 인정과 같은 추가적인 경제적 인센티브가 주어지지 않는다면 조림사업 추진이 어렵다. 이와 같은 관점에서 두 사업 모두 CDM 사업요건인 경제적 추가성(Additionality)을 충족하는 사업으로 평가될 수 있기 때문에 탄소축적에 의한 환경적 추가성과 지역사회 개발에 기여할 수 있는 요건을 갖춘다면 CDM 사업으로의 추진을 검토할 수 있는 대상이 된다. 이상과 같은 사업이 탄소배출권을 획득할 수 있다고 가정할 때 예상되는 각각의 크레딧 발행량은 <그림2>와 같다. 크레딧 발행량은 대상 지역의 현재 식생과 식재 및 벌채계획, 작업(가지치기, 간벌 등)방식을 고려하여 계산된 순 탄소흡수량이 모두 크레딧으로 발행된다는 가정하에, ICER 및 tCER을

8) 산림청. 2005. 6. 해외조림 기본계획(안)

9) Robeldo, C. 2005. 6. "Forestry Options within the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol" ICFRE conference.

구분하여 산출하였다.

<그림2> 사례 1과 2의 크레딧 발행량



사례 1의 탄소축적량은 사업 초반에 상대적으로 높지만 지속적으로 증가하지 못하여 궁극적으로 사례 2 대비 ICER, tCER 모두 적은 양의 크레딧을 획득하게 된다. 이와 같은 각 크레딧 발생량하에서, 본 연구에서는 탄소배출권의 부여를 고려한 CDM 사업의 수익성 효과를 분석하였다. 또한 크레딧 가격변화에 따른 사업 수익성의 변화를 분석하였으며, 획득한 크레딧을 일정한 가격으로 판매하는 상황과 크레딧을 자체 배출저감의무에 충당하는 경우로 구분하였다. 후자는 크레딧 상환의무를 수익성 평가시 반영하는 것이고 전자는 상환의무가 없는 경우이다.

2. 경제성 분석 결과

1) 사업주체가 크레딧을 판매하는 경우

탄소 크레딧이 경제적 가치로 추가 고려될 때 일반 상업조림을 실시할 경우와 비교해 수익성을 증가시키고 투자회수 기간이 단축되는 결과가 나타난다.<표7> ICER에 비해 tCER의 크레딧 발행량이 많으므로 크레딧 가격변화에 따라 수익성의 증가 정도가 보다 크다. 이와 같은 크레딧 가격과 수익성 관계는 목재수익이 상대적으로 낮게 평가되는 사례 1의 경우보다 큰 영향을 받게 된다. 탄소흡수량 역시 결정변수인데, 이는 사례 1 사업의 최초 수익 발생연도를 통해 파악이 가능하다. 사례 1의 경우, MAI가 높은 포플러를 식재하여 탄소흡수

량이 많으므로 사례 2보다 초기에 많은 양의 크레딧이 발생하여 최초 크레딧의 판매시점인 5년차에 수익이 빨리 발생한 것으로 분석된다. 투자비 회수기간은 크레딧 가격이 US\$1일 때 보다 US\$20일 경우와 대비해 약 50% 단축된다.

<표7> 크레딧 판매시 가격별 수익성

ICER가격 (US\$/tCO2)	사례 1 : 온대적박지역			사례 2 : 열대우림지역			tCER가격 (US\$/tCO2)	사례 1 : 온대적박지역			사례 2 : 열대우림지역		
	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)		최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)
1	7	8.8	28.1	8	13.6	14.9	1	7	8.9	26.3	8	13.7	14.8
2	7	8.9	27.5	8	13.8	14.7	2	7	9.2	22.6	8	14.1	14.5
3	5	9	26.8	8	14	14.5	3	5	9.6	21.3	8	14.4	14.3
4	5	9.2	24.3	8	14.1	14.3	4	5	9.9	20.4	8	14.7	14.2
5	5	9.4	22.7	8	14.3	14.2	5	5	10.2	19.8	8	15.1	14.1
6	5	9.5	22.2	8	14.5	14	6	5	10.6	19.5	8	15.4	13.9
7	5	9.7	21.4	8	14.7	13.8	7	5	10.9	19.2	8	15.7	13.7
8	5	9.8	21.1	5	14.8	13.6	8	5	11.3	19	5	16	13.5
9	5	10.2	20.4	5	15	13.4	9	5	11.8	17.1	5	16.3	13.2
10	5	10.4	20.1	5	15.2	13.2	10	5	12.2	15.9	5	16.7	13
11	5	10.5	19.7	5	15.4	13	11	5	12.5	15.1	5	17	12.8
12	5	10.7	19.4	5	15.6	12.8	12	5	12.9	14.9	5	17.3	12.6
13	5	10.9	19	5	15.8	12.7	13	5	13.3	14.7	5	17.6	12.4
14	5	11.1	18.4	5	16	12.5	14	5	13.7	14.6	5	17.9	12.1
15	5	11.3	17.8	5	16.2	12.3	15	5	14	14.5	5	18.2	11.9
16	5	11.5	17.2	5	16.4	12.1	16	5	14.4	14.4	5	18.5	11.7
17	5	11.7	16.4	5	16.6	11.9	17	5	14.8	14.3	5	18.8	11.5
18	5	11.9	15.8	5	16.8	11.7	18	5	15.2	14.2	5	19.1	11.3
19	5	12.1	15.4	5	17	11.5	19	5	15.6	14.2	5	19.4	11
20	5	12.4	15	5	17.2	11.3	20	5	16	14.1	5	19.7	10.8

2) 사업주체가 크레딧을 사용하는 경우

CDM 조립사업으로 발생된 크레딧을 사업주체가 사용할 때, 사용한 크레딧 양만큼 사업 종료시점(tCER의 경우 5년, ICER의 경우 30년)에 기타 크레딧으로 대체해야 하는데 이를 고려한 수익성 분석 결과는 <표8>과 같다. 이 경우, 사업주체가 사용한 크레딧 양이 이에 해당되는 크레딧 시장가격의 기회비용으로 파악되어 수익성을 분석하였다. 크레딧 판매시와 비교해 tCER과 ICER 모두 수익성 변화는 크게 나타나지 않지만 크레딧을 스스로 사용하는 경우도 tCER을 사용하는 것이 ICER을 사용하는 것보다 다소 유리한 것으로 분석된다. 그러나 이와 같은 전망은 탄소시장에서의 크레딧 가격추이와 비조립 부문, 즉 에너지부문의 저감기술개발을 동시에 고려한다면 조립사업에 의한 수익성은 변할 가능성이 있다.

한편, 조립 크레딧을 tCER보다 ICER을 사업주체가 직접 감축의무이행에 사용할 경우, 판

매하는 경우에 비해 수익성은 하락하지만 최초 수익 발생연도와 회수기간은 차이를 보이지 않는 것으로 분석된다. 이는 사용하는 시점의 크레딧 가치를 기회비용으로 인식하여 수익으로 평가하고 프로젝트 기간이 종료되는 30년차에 사용한 크레딧에 대해 이를 대체하기 때문이다. 그러나, IRR의 경우는 기간 중 사용한 크레딧을 종료시점에 동일한 가치로 대체하여 비용이 발생되기 때문에 판매하는 경우에 비해 감소하게 된다.

〈표8〉 크레딧 사용시 가격별 수익성

ICER가격 (US\$/tCO2)	사례 1 : 온대적박지역			사례 2 : 열대우림지역			tCER가격 (US\$/tCO2)	사례 1 : 온대적박지역			사례 2 : 열대우림지역		
	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)		최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)	최초수익 발생(년)	IRR (%)	회수기간 (년)
1	7	8.7	28.4	8	13.6	14.9	1	7	8.7	28.4	8	13.6	14.9
2	7	8.8	27.5	8	13.8	14.7	2	7	8.9	27.5	8	13.8	14.7
3	5	9.0	26.8	8	13.9	14.5	3	5	9.0	26.8	8	14.0	14.5
4	5	9.1	24.3	8	14.1	14.3	4	5	9.2	24.3	8	14.1	14.3
5	5	9.2	22.7	8	14.2	14.2	5	5	9.3	22.7	8	14.3	14.2
6	5	9.3	22.2	8	14.4	14	6	5	9.5	22.2	8	14.5	14
7	5	9.5	21.4	8	14.6	13.8	7	5	9.6	21.4	8	14.6	13.8
8	5	9.6	21.1	5	14.7	13.6	8	5	9.8	21.1	5	14.8	13.6
9	5	9.9	20.4	5	14.9	13.4	9	5	10.1	20.4	5	15.0	13.4
10	5	10.1	20.1	5	15.1	13.2	10	5	10.3	20.1	5	15.2	13.2
11	5	10.2	19.7	5	15.2	13	11	5	10.5	19.7	5	15.4	13
12	5	10.4	19.4	5	15.4	12.8	12	5	10.6	19.4	5	15.5	12.8
13	5	10.5	19	5	15.6	12.7	13	5	10.8	19	5	15.7	12.7
14	5	10.7	18.4	5	15.8	12.5	14	5	11.0	18.4	5	15.9	12.5
15	5	10.8	17.8	5	15.9	12.3	15	5	11.2	17.8	5	16.1	12.3
16	5	11.0	17.2	5	16.1	12.1	16	5	11.4	17.2	5	16.3	12.1
17	5	11.2	16.4	5	16.3	11.9	17	5	11.6	16.4	5	16.5	11.9
18	5	11.4	15.8	5	16.5	11.7	18	5	11.8	15.8	5	16.7	11.7
19	5	11.6	15.4	5	16.7	11.5	19	5	12.0	15.4	5	16.9	11.5
20	5	11.8	15	5	16.9	11.3	20	5	12.2	15	5	17.1	11.3

3. 민감도 분석

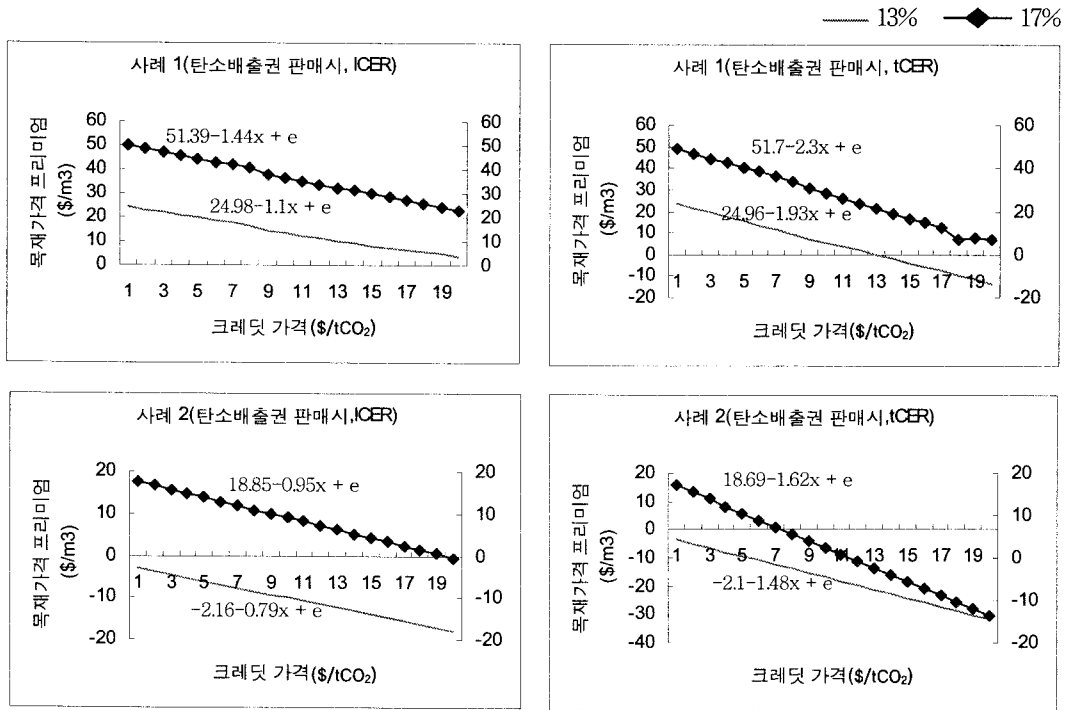
조립 CDM 사업은 상업조립보다 수익성 창출이 불리한 지역에서 실행할 수 있도록 크레딧을 경제적 인센티브로 제공하는 것이다. 따라서, 조립 CDM 사업은 경제적 인센티브의 규모에 따라 사업의 실행여부가 결정될 것이다. 평균적으로 해외 상업조립에서의 기대수익률은 15% 수준이라고 전술하였으나, 우리나라와 같이 목재자원에 대한 대외의존도가 높은 국가는 평균수익률보다 낮은 지역에도 진출하여 적극적으로 자원을 확보하려 할 것이므로 13%의 수준으로 하고, 반면 목재자원이 풍부한 국가에서는 상대적으로 높은 수익률을 요구할 것이므로 17%의 수익률을 기대한다고 가정하였다. 수익성에 직접적인 영향을 미치는 요인은 목

재수익과 크레딧의 가격인데 목재수익은 환경과 사회에 기여하는 CDM 사업에서 생산된 목재가 시장 또는 정부로부터 프리미엄을 받는 수준에 따라 결정되고, 크레딧 가격은 탄소시장에서 결정된다. 따라서, 본 연구에서는 각 사례의 수익률에 목재가격 프리미엄과 크레딧 가격의 변화가 어떤 영향을 미치는 정도를 살펴보고 이를 통해 최저 CER 가격 수준을 도출하였다. <그림3>과 <그림4>는 내부수익률이 13%와 17%인 목재가격의 프리미엄과 크레딧 가격의 조합을 표시한 것이다. 각 그림에서 곡선의 기울기는 크레딧 가격 1단위 감소시 목재가격에 대한 프리미엄은 기울기의 절대값 단위만큼 지급되어야 동일한 수익률을 유지할 수 있다는 것을 의미한다.

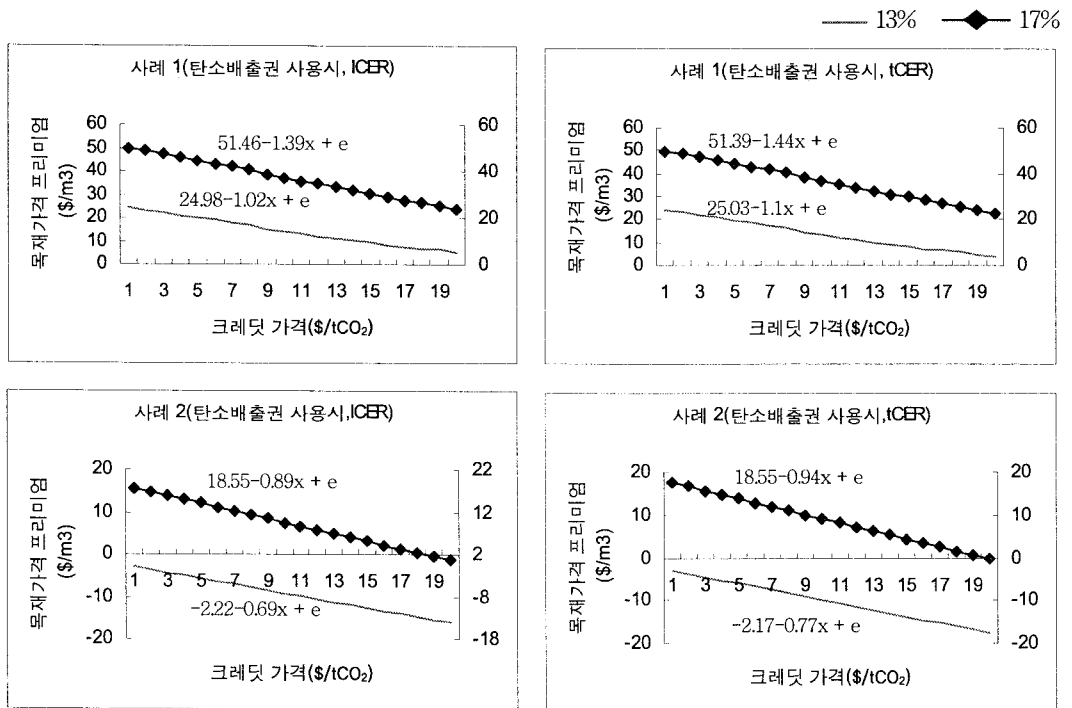
사례 1에서 사업주체가 기대하는 내부수익률이 13%이고 크레딧(tCER)을 판매하는 경우 크레딧 가격이 $\$1/tCO_2$ 하락한다면 현재 목재가격에 대해 추가적으로 $\$1.93/m^3$ 의 프리미엄을 받아야 동일한 수익률을 얻을 수 있고, 동일한 조건에서 크레딧을 사용하는 경우에는 목재가격에 추가적으로 $\$1.1/m^3$ 의 프리미엄이 필요하다. 즉, 목재가격이 동일할 때 크레딧을 판매하는 경우(1/1.93)가 크레딧을 사용하는 경우(1/1.1)보다 더 낮은 크레딧 가격으로도 동일한 수익률 확보가 가능하다는 의미이다. 본 분석에서는 두 사례 모두 내부수익률 17%이고 tCER을 판매할 때 크레딧 가격변화에 대해 가장 높은 목재가격 프리미엄(사례 1 : $\$2.3/m^3$, 사례 2 : $\$1.62/m^3$)이 요구되는 것으로 나타났다.

한편, 사업주체의 기대 내부수익률이 13%이고 ICER로 자가 사용하는 사례 2의 경우, 크레딧 가격이 $\$1$ 하락할 때 목재가격 프리미엄은 $\$0.69$, tCER의 경우는 $\$0.77$ 이 각각 요구되는 것으로 분석되었다. 즉, 목재가격의 프리미엄이 동일하다면 ICER의 가치변화가(1/0.69) tCER의 가치변화(1/0.77)보다 수익률에 상대적으로 큰 영향을 미친다. 크레딧 종류별 기울기의 절대값은 ICER이 tCER보다 항상 작은 값을 보였다. 이는 ICER의 가격변화가 tCER보다 수익률에 미치는 영향이 크므로, 사업주체가 의무감축을 위해 탄소크레딧을 사용하는 경우 tCER로 발행하는 것이 크레딧 가격변동으로 인한 위험을 줄일 수 있는 방안이다. 그러므로 의무감축을 위해 크레딧을 사용할 목적인 사업주체는 tCER을 발행하는 것이 안정적인 수익률을 유지할 수 있다는 것을 의미한다. tCER, ICER 모두 내부수익률이 높을수록 민감도 분석 추세선 기울기는 증가하였다. 이는 기대 내부수익률이 높을수록 크레딧 가격 변화가 수익률 변화에 미치는 정도가 낮다는 것이며, 일반적으로 상업조림이 가능할 것으로 평가되는 지역에서는 CDM 사업으로서의 조림추진 매력도가 낮다는 것을 의미한다.

〈그림3〉 크레딧 판매시 민감도 분석 결과



〈그림4〉 크레딧 사용시 민감도 분석 결과



한편, 환경적 기여도가 높은 지역에서 지속가능한 기준에 의해 관리된 목재임에도 불구하고 시장에서 프리미엄을 받지 못하는 경우, 즉 현재 목재가격 수준이 향후에도 동일하다고 판단할 때 기대수익율을 충족하기 위한 탄소배출권의 최저가격은 <표9>와 같다.

<표9> 최저 CER 가격 수준

(단위 : US\$/tCO₂)

		탄소배출권 판매시	탄소배출권 사용시
사례 1 : 온대척박지역	ICER_13%	22.71	24.49
	tICER_13%	12.93	22.75
	ICER_17%	35.69	37.02
	tICER_17%	22.48	35.69
사례 2 : 열대비옥지역	ICER_13%	-2.73	-3.22
	tICER_13%	-1.42	-2.82
	ICER_17%	19.56	20.84
	tICER_17%	11.54	19.73

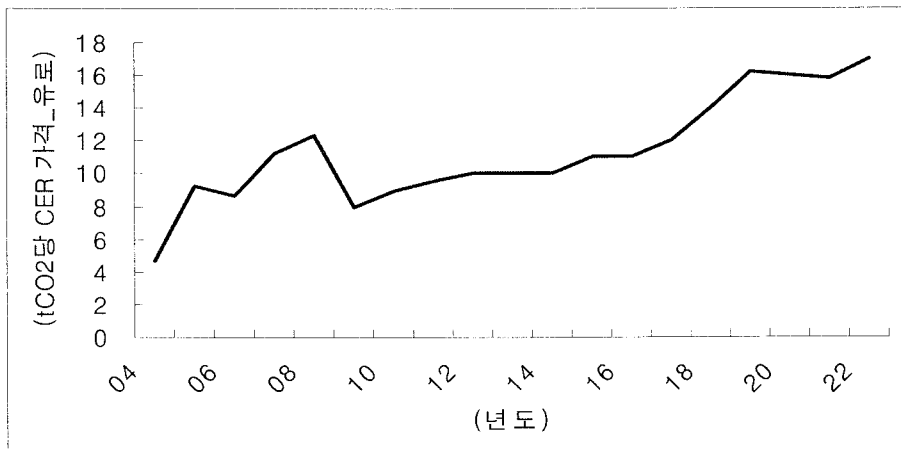
<표9>의 결과와 같이, 조림사업으로 획득한 탄소배출권을 직접 사용하지 않고 판매한다면 직접 소비하여 상환해야 하는 경우에 비해 낮은 크레딧 가격으로 동일한 사업수익을 기대할 수 있다. 한편 사례 2의 13% 사업수익률이 음(-)의 값을 보이고 있는데, 이는 탄소배출권이 발생하지 않더라도 13%의 사업수익을 기대할 수 있다는 의미이다. 그러나 일반적으로 열대우림지역에서 산불위험이 높고, 주변 다른 지역에서의 수익률이 높아 기대수익률이 15% 이상이어야 사업 추진이 가능하다는 점을 고려할 때 사례 2 지역의 경우 13%의 사업수익은 사업 실행하기 위한 최저 요구 수익률 이하라고 보아야 할 것이다. 결론적으로, 본 연구에서 분석된 사례지역의 경우 약 US\$11/tCO₂ 에서 US\$37/tCO₂의 크레딧 가격이 형성되어야 CDM 조림사업 추진이 타당한 것으로 나타난다.

III. 결론 및 시사점

2005년 CDM/JI 시장규모는 1억2천만 톤(4억4천만 유로)이며, 이 중 CDM은 약 80%에 수준이다(KPMG, 2005). 이는 2004년 CDM 6천만 톤(1억 8천만 유로), JI 9백만 톤(2천7백만 유로) 규모와 비교해 매우 급성장한 것으로 평가된다. 이와 같은 증가추세는 2000년 이래 지

속적으로 나타나며, 특히 2005년 EU 배출권거래제 도입, 교토의정서 발효를 계기로 급성장한 것으로 분석된다. CDM/JI 시장의 주요 수요자는 2003년까지는 주로 정부와 탄소기금이었지만, 2004년 이래 기업이 주요 수요자로 등장하고 있다. 한편, 일본 및 유럽 기업들의 배출권 수요 요구 증대 및 EU 정부들의 배출권 구입을 위한 직간접적 시장개입 등으로 EU 배출권 거래시장은 확대되며, 이와 같은 상황에서 특히 CDM 사업에 의한 크레딧 수요는 지속적으로 성장될 전망이다. 일반적으로 세계 주요 각 관련 기관은 배출권시장에서 거래되는 각 크레딧은 2010년 중반기부터는 그 가치가 수렴되며, 2020년경에는 약 18유로 이상까지 증가될 것으로 전망하고 있다.¹⁰⁾

〈그림5〉 CER 및 배출권 가격전망



자료 : Carbon Market Standard, Point Carbon, 2005

위와 같은 CDM 및 배출권거래 시장전망을 가정하면, 본 연구에서 분석된 Afforestation and Reforestation Clean Development Mechanism (A/R CDM) 사업 수익성을 충족하기 위한 최저 CER 가격인 US\$11 이상은 기후변화협약 2차 공약기간 시작인 2013년 이후부터 달성될 것으로 예상된다. 따라서 향후 착수되는 A/R CDM 사업은 최초 크레딧은 사업 착수 5년 이후부터 발생되기 때문에 사업 타당성이 있는 것으로 평가될 수 있다. 만약, 2008년에 착수되는 사업일 경우 2012년 이래 크레딧이 발생하기 때문에 감축이행을 위한 수단이나 배출권 판매를 통한 이익창출 등이 가능할 수 있기 때문에 AIR CDM은 검토 가능한 온실가스

10) Haites, E. 2003. 2. 「MARGREE Consultants Report : The Global Carbon Market」
 IETA. 2004. 「Greenhouse Gas Market 2005, Global Carbon Markets : Driving Forces and Future Prospects」
 Point Carbon. 2005. 「Carbon Market Standard」

감축수단으로 평가된다. 물론 탄소시장 전망은 일본 및 캐나다의 참여, EU 배출권시장의 지속적인 성장, CDM 확대논의 등을 전제로 한 것이기 때문에 시장전망에 관한 불확실성은 존재한다. 또한 A/R CDM 사업주체의 온실가스 감축의무 이행을 위한 저감 잠재성 개선에 따른 기회비용 등이 동시에 종합적으로 고려되어야 한다. 이와 같은 대내외적 분석을 바탕으로 A/R CDM의 수익을 극대화하는 크레딧 설정 및 활용방안 등을 결정하여 사업이 추진되어야 할 것이다.

탄소 크레딧 확보를 위해 CDM 사업을 해외조립으로 추진할 경우, 우선 저감 잠재성 분석 결과를 토대로 교토메커니즘 활용의 필요성이 검토되어야 할 것이다. 다음으로 CDM 시장의 현황 및 전망을 통해 조립사업의 위치 및 특징을 검토하는 것이 중요하며 CDM 사업 충족을 위한 탄소저장고 범위, 베이스라인 설정 등을 통해 흡수량을 산정해야 한다. 그러나 지금까지 A/R CDM 사업의 가장 본질적인 특징인 비영속성 연구가 많이 진행되지 못해 상환의무에 따른 사업 타당성에 관한 체계적인 판단이 어려운 현실이었다. 따라서 본 연구에서는 A/R CDM 사업의 특징과 기본 개념을 바탕으로 두 가지 대비되는 사례를 이용해 사업의 경제적 타당성을 분석하였다. 이와 같은 분석은 향후 투자타당성을 평가할 수 있는 방법론으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김의경. 2005. 11. “세계목재수급동향과 국내 경제림 수익성 제고” 「경제림정책토론회」 산림청.
- 산림청. 2005. 6. “해외조림 기본계획(안)” 「해외조림 간담회」 산림과학원.
- Forest Science Institute of Vietnam(FSIV). 2004. *Tree growth table*.
- Forestry Dept. of Jiangxi Province. 2002. *Forestation Handbook*.
- Haites, E. 2003. 2. *MARGREE Consultants Report : The Global Carbon Market*.
- HWWA. 2004. “Value and Risks of Expiring Carbon Credits from CDM Afforestation and Reforestation” discussion paper.
- IETA. 2004. *Greenhouse Gas Market 2005, Global Carbon Markets: Driving Forces and Future Prospects*.
- KPMG. 2005. *Make or Break for the Clean Development Mechanism*. World Power.
- Point Carbon. 2005. *Carbon Market Standard*.
- Robeldo, C. 2005. 6. “Forestry Options within the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol” *ICFRE conference*. Deheradun.
- UNFCCC. 2004. *Report of the conference of the parties on its ninth session*. Milan from 1-12 December 2003.