

몽골 소규모 A/R CDM 시범사업 타당성 평가연구

차준희^{1,3*} · 박동균² · 이종학³ · 윤여창¹ · 최준석⁴

¹서울대학교, ²GMS-EOC, ³생태서비스컨설팅, ⁴한-몽 그린벨트사업단

Feasibility Study on Small-scale A/R CDM Pilot Project in Mongolia

Junhee Cha^{1,3*}, DongKyun Park², Jong-Hak Lee³,
YOUN Yeo-Chang¹ and Jun-Seok Choi⁴

¹Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

²GMS-EOC, Bangkok, Thailand

³Ecoservices Consulting Co., Ltd., Seoul 138-050, Korea

⁴Korea Mongolia Greenbelt Project, Ulaanbaatar, Mongolia

요 약: 한국은 지난 10년간 몽골 지역을 대상으로 산림복구 및 사막화방지 조림사업을 추진해 오고 있다. 본 연구는 몽골을 대상으로 기존 조림사업을 기후변화대응 A/R CDM 사업과 연계 추진의 타당성을 평가하기 위해 수행되었다. 할간트(Khyalganat), 토진 나르스(Tujiin Nars), 룬솜(Lun soum) 등 소규모 A/R CDM 시범사업 가능지를 선정하고, 특징 및 장단점, 경제성, 실행가능성 등을 분석하였다. 평가 대상지 중 토진나르스가 조림목 생장, 경제성 및 기존 경험 활용가능성 측면에서 가장 유리한 것으로 나타났다. 황사피해 저감 등 환경에의 기여효과가 큰 몽골 조림사업을 소규모 A/R CDM 사업으로 추진하게 되면 탄소배출권 수익을 통해 조림비용의 절감, 주민에 의한 조림지의 지속 가능한 관리, 지역사회에의 기여, 참여기업의 사회공헌 및 그린이미지 상승, 한-몽 간 임업협력 강화 등의 효과가 기대된다.

Abstract: Over the past 10 years, South Korea has implemented various plantation projects including the Pine Restoration Project in Tujiin Nars and the desertification prevention forestation in Lun soum. This study has evaluated the implementation feasibility on the small-scale A/R CDM projects in Mongolia through which carbon emission credits can be secured. Characteristics, pros and cons, economic feasibility, and project execution feasibility were compared among three possible sites, Khyalganat, Tujiin Nars, and Lun soum. Among the three evaluated sites, Tujiin Nars has the better condition in tree growth, economic feasibility, and the applicability of experience than the other two sites. A/R CDM project in Mongolia, which has a great environmental benefit of combating desertification, is expected to have some effectiveness such as lowering costs from credit benefit, sustainable management by villagers, contribution to communities, investor's contribution to society and achievement of green image, and strengthening forestry cooperation between Korea and Mongolia.

Key words : A/R CDM, Mongolia, CER, reforestation, desertification

서 론

1. 연구배경 및 목적

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화의 완화를 위한 산림부문의 대응으로 1) 신규조림 및 재조림을 통한 산림 흡수원의 확충, 2) 산림보호 및 경영을 통한 흡수원의 유지

증진, 3) 수확된 목제품(HWP: Harvested Wood Products)의 탄소저장효과 증진, 4) 재료 및 연료로써 목재의 대체에 따른 온실가스 저감효과 증진을 들고 있다(IPCC, 2007).

청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)는 교토메커니즘의 하나로 교토의정서 의무당사국인 선진국(또는 개도국)이 개도국의 탄소배출 저감사업 또는 흡수원 증진사업에 투자하여 달성한 온실가스 감축량을 자국의 감축목표 달성을 활용할 수 있도록 하는 제도이다.

*Corresponding author
E-mail: cjh8285@ecoservicesi.com

토지이용 변화 및 임업(LULUCF: Land-Use, Land-Use Change and Forestry) 부문의 경우 개도국에 신규조림(afforestation) 및 재조림(reforestation) 활동을 통해 탄소배출권을 얻는 A/R CDM 사업이 아시아, 남미 및 아프리카 국가를 중심으로 진행되고 있다. 우리나라의 경우 국가 및 기업차원에서 CDM 해외조림을 통해 배출권을 확보하려는 노력이 일부 진행되고 있으나 그 성과는 미미한 실정이다. A/R CDM은 아직까지 전체 CDM 등록건수 및 배출권 발행량에 있어 적은 부분을 차지하고 있으나 비용·효과적으로 탄소배출을 저감할 수 있는 수단으로써 포스트 교토체제에서도 산림전용 및 산림악화 방지(REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) 활동과 함께 기후변화에 있어 중요한 대응 수단이 될 전망이다.

우리나라는 기후변화협약 포스트 교토체제(Post-2012)에 대응하고 산림분야의 역할을 강화하기 위해 A/R CDM을 통한 배출권 확보가 시급할 것으로 예상된다. 국내의 경우 전 국토의 64%가 산림이나 1970~1980년대 성공적인 치산녹화사업의 완료로 국내 신규조림 및 재조림을 통한 흡수원의 확충이 어렵고 숲가꾸기 사업을 통한 흡수원 증진도 한계가 있어 해외조림을 통한 탄소배출권 확보를 고려해야 한다.

몽골(Mongolia)은 한발 등 기후변화로 인해 사막화가 확대되고 있으며 몽골에서 발생한 황사는 우리나라에도 직접적인 영향을 미치고 있다. 우리나라는 지난 10년간 몽골 토진나르스(Tujiin Nars) 산불 피해지역 복구 조림, 한-몽 그린벨트 조성사업을 통한 룬솜(Lun Soum), 달란자드 가드(Dalanzadgad) 지역 사막화 방지 조림(한-몽 그린벨트 사업단, 2009) 등 산림부문에 있어 협력 및 지원을 추진해 오고 있다. 몽골의 사막화방지 조림 활동은 황사 발생 저감, 온실가스 흡수 등 환경적인 기여효과가 크다.

본 연구는 몽골을 대상으로 소규모 A/R CDM 사업 추진의 타당성을 평가하기 위해 수행되었다. 몽골을 대상으로 기존의 산림복구 조림사업을 CDM 조림사업과 연계하게 되면 탄소배출권의 확보, 조림지의 지속가능한 관리, 일자리 제공 및 소득 창출, 임업기술의 이전 및 협력 강화 등의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

2. A/R CDM 사업 정의 및 현황

현재 교토의정서에서 인정하고 있는 LULUCF 부문의 신규조림 및 재조림 CDM 사업(A/R CDM 사업)은 개도국에 흡수원을 조성하는 활동을 통해 탄소배출권(CERs: Certified Emission Reductions)을 창출하는 사업이다.

신규조림은 50년 이상 산림 이외의 용도로 이용해 온 토지에 조림, 파종, 인위적 천연갱생의 촉진 등을 통해 산림을 조성하는 것이며, 재조림은 본래 산림이었다가 산림

이외의 용도로 전용되어 이용해 온 토지에 다시 산림을 조성하는 것이다. 제1차 공약기간 동안의 재조림 활동은 1989년 12월 31일 당시 산림이 아니었던 토지에 나무를 심는 것으로 제한하고 있다(배재수 등, 2009).

A/R CDM 사업은 사업의 규모(사업의 활동으로 발생하는 연간 온실가스 순흡수량)에 따라 대규모(Large-scale) A/R CDM 사업과 소규모(Small-scale) A/R CDM 사업으로 나뉜다. 소규모 A/R CDM 사업은 CDM 사업 유치국(개발도상국)이 정의한 저소득 지역사회나 개인이 개발하는 연간 16,000 tCO₂e 이하를 순흡수하는 신규조림 및 재조림 사업이다. 사업규모는 조림목 생장량에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 300~1,000 ha 정도이다(배재수 등, 2009).

대규모 A/R CDM 사업은 흡수량을 계측할 때 실제 측정이 요구되지만, 소규모 CDM 조림사업에서는 기본 제공 수치를 이용할 수 있어 간단하고 소요비용이 적으며, 추가성 입증을 위한 상례분석(common practice analysis)이 필수 조항에서 제외되는 등 절차의 간소화로 사업 추진 소요기간을 줄일 수 있는 장점이 있다(유승혜 등, 2010).

초지, 경작지, 황폐지, 습지 등 대상 토지별로 조림 사업에 따른 흡수량을 산정하고 모니터링 하기 위한 소규모 A/R CDM 방법론은 현재 7개가 UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)에 의해 승인되었다. 만약, 대상지에 적합한 방법론이 부재할 경우 새로운 방법론을 개발하여 UNFCCC에 방법론 승인을 신청할 수 있다. 그러나 이 경우 비용 및 시간이 많이 소요되게 된다.

2011년 10월 현재, UNFCCC에 등록된 A/R CDM 사업은 총 32건으로 대규모 사업 22건, 소규모 사업 10건으로 대상지는 남미(브라질, 콜롬비아, 우루과이, 칠레 등), 아프리카(우간다, 에티오피아 등), 아시아(인도, 중국, 베트남 등) 등 주로 조림목의 생장이 빠른 열대지역이 대부분을 차지하고 있다. 등록된 10건의 소규모 A/R CDM 사업은 모두 AR-AMS0001 방법론을 적용하였으며, 평균 조림 사업 면적은 488 ha, 연평균 이산화탄소 예상 감축량 6,095 tCO₂/yr으로 나타났다(UNFCCC, 2011).

등록된 3,534건(2011년 10월 현재)의 CDM 사업 중 A/R CDM 사업(32건)은 매우 적은 비중(0.9%)을 차지하고 있다(UNFCCC, 2011). CDM 사업 초기에는 A/R CDM 사업이 개도국의 지역 발전과 산림의 다양한 환경 편익을 제공한다는 측면에서 많은 관심을 받았으나, 대상지 확보문제, 복잡한 절차, 상대적으로 낮은 탄소배출권 가격 등으로 인해 사업 활성화에 제약이 되고 있다.

포스트 교토체제(Post-2012)에서 LULUCF 부문 탄소배출권 사업은 현재의 A/R CDM 흡수원 사업에서 산림전용 및 산림악화 방지와 산림보전 및 경영 등 탄소저장을

증진시키는 활동을 포함하는 REDD+로 확대될 전망이다. 몽골 정부는 REDD를 통한 산림보전 및 투자유치의 잠재성을 인식하고 있다(Boldbaatar, 2011). 향후 산림 탄소 배출권 시장은 CDM 중심의 규제시장(compliance market)에서 자발적 시장(voluntary market)으로의 확대가 예상된다(Ecosystem Marketplace, 2011). 따라서 조림 배출권 사업은 향후에도 개도국의 지속가능한 발전을 도모하면서 투자국에게는 비용효과적인 온실가스 감축수단으로 남을 전망이다.

3. 몽골의 산림 환경 개황

중앙아시아 북부 내륙에 위치한 몽골은 국토면적 1,564,116 km²으로(남한면적의 15.6배) 기후는 전형적인 대륙성 기후로 여름은 짧고 겨울은 춥고 길다. 연평균 기온은 -2.9°C, 최저기온 1월 평균 -15°C~-33°C, 최고기온 7월 평균 14°C~23°C이다. 몽골은 일 년 중 맑은 날이 250 일 정도로 일조량이 매우 풍부한 지역이다. 강수량은 매우 적은 편으로 연간 230 mm이며, 연 강수량의 약 70%는 여름철(6월~8월)에 집중된다.

산림 면적은 국토의 11.9%에 해당하는 18,291.8천ha이다. 이 중 산림으로 피복되어 있는 입목지는 16,686.9천ha(전 국토의 11.1%)이며 무립목지는 1,604.9천ha이다. 입목지는 다시 침활교목 또는 관목림으로 들어찬 울폐림(closed forest) 12,887.7천ha, 벌채나 화재 등으로 일시적으로 수목이 사라진 소개림(open forest) 3,799.2천ha로 산림면적을 구분할 수 있다(Dorjsuren, 2010).

산림은 주로 북부 지역에 분포하고 있다. 주요 수종으로는 시베리아낙엽송(*Larix sibirica*), 구주적송(*Pinus sylvestris*) 등 침엽수가 많은 면적을 차지하고 있고 활엽수로는 자작나무와 포플러가 많다. 몽골 남쪽 지역의 건조 산림 지대에 분포하는 Saxaul(고비 등 건조지대에서 자라는 관목류) 숲은 몽골 전체 산림면적의 약 16%를 차지하고 있다(MARCC, 2009).

몽골은 건조 기후대에 위치해 있고 국토의 약 41%가 고비 사막이기 때문에 사막화의 위협을 받는 국가 중 하나로서 국토의 90%가 사막화의 영향을 받고 있다. 사막화의 원인은 기온의 상승, 낮은 강우량 등 기후적인 요인과 함께 과다한 목축, 산지전용, 도시화, 화재 및 해충 예방 활동의 부재 등 인위적 요인으로 사막화가 확대되고 있다(MARCC, 2009).

위성영상 분석을 통한 토지 피복도 변화를 살펴보면(표 1), 몽골의 산림면적은 크게 감소(2006년 산림면적은 1992년 산림면적 대비 26.6% 감소) 하였고, 사막지역 등 황무지는 크게 증가(2006년 황무지 면적은 1992년 황무지 면적 대비 183% 증가) 하였다(MARCC, 2009). 산림면적의 급격한 감소는 1996년~1997년의 산불에 의한 5백만ha의

표 1. 몽골 토지 피복 면적 변화. (단위: km²)

	토지 피복 분류	1992	2002	2006
1	수계(Water)	17,766	11,335	14,448
2	황무지(Barren)	52,593	76,700	148,808
3	초지I(Grassland I)	1,012,424	1,019,592	948,904
4	초지II(Grassland II)*	251,261	250,672	281,661
5	산림(Forest)	223,904	205,534	164,293
6	초지II + 산림	475,165	456,206	445,954
	총 면적(Total area)	1,557,948	1,563,833	1,558,114

*초지II는 황폐화된 산림지역으로 대초원(steppe)을 이루는 지역임.

(출처: MARCC, 2009)

피해가 주요 원인으로 몽골의 A/R CDM 대상지로 공급이 가능한 토지는 1989년 말 이전 산림 피해지나 산림으로 전환이 가능한 초지 또는 조림 가능한 황폐지 지역이 해당된다(한-몽 그린벨트사업단, 2011). Zomer 등(2007)은 위성영상 분석을 통한 산림지역의 피복도 변화에 따른 몽골지역의 A/R CDM 총 가능면적으로 150,200 ha(산림의 정의에 따른 수관율폐도 10% 적용시)를 추정하였다.

몽골은 지난 100년 간 산불, 벌채 등 인위적인 영향으로 산림면적 및 축적이 크게 감소하였다. 약 68만ha의 산림지대가 산불피해 후 자연 재생되지 않고 있으며, 25만ha의 산림이 개벌 후 산림으로 회복되지 못하였으며, 약 15만9천ha의 산림은 황폐화되어 대초원(steppe)이나 사막지대로 바뀌었다(MARCC, 2009).

연구방법

본 연구는 몽골 지역을 대상으로 소규모 A/R CDM 사업의 대상지 선정과 실행 타당성을 평가하였다. 주요 내용으로는 몽골의 A/R CDM 사업추진의 제도적 여건, 산림 및 임업 여건, 사업의 경제성 평가, 평가 대상지역별 A/R CDM 타당성 평가 등을 포함한다.

몽골의 소규모 A/R CDM 사업 타당성 평가 대상지는 1) 아시아개발은행(ADB: Asian Development Bank) 프로젝트로 수행된 소규모 A/R CDM 사업계획서(PDD: Project Design Document)가 작성된 지역인 불강(Bulgan) 아이막(Aimag, 도) 할간트(Khyalganat), 2) 우리나라가 그 동안 조림사업을 진행해 오고 있는 지역인 셀렝게(Selenge) 아이막 토진나르스(Tujjin Nars), 3) 한-몽 그린벨트 조성 사업이 추진되고 있는 곳인 투브(Tub) 아이막 룬솜(Lun soum) 등 세 지역이다. 이들 지역은 과거 산림이 분포하였으나 산불, 사막화 등의 영향으로 황폐화가 진행되어 현재는 산림이 아닌 지역으로 재조림 CDM 사업 가능성성이 높은 대상지이다.

평가방법은 대상지역의 방문을 통한 현장 자료수집과

몽골 전문가 및 현지인 인터뷰, 문헌조사를 활용하였다. 평가 대상지의 비교 및 타당성 평가는 경제성 및 SWOT 분석을 적용하였다.

결 과

1. 몽골 CDM 여건 및 현황

몽골은 UNFCCC 비준(1993.9.30) 및 교토의정서를 비준(1999.12.15)하고 CDM 사업의 이행을 추진해 왔다. 몽골 정부는 2000년, 국가 기후위원회(National Climate Committee)를 설립하고 기후 및 온실가스 감축, 적응 및 교토 메커니즘 이행프로그램에 대한 국가 전략 정책을 담은 국가 보고서를 발간(2000.7.19) 하였다(CDM DNA Mongolia, 2011).

2011년 현재까지 몽골이 유치한 CDM 사업은 총 3건으로 수력발전 2건과 에너지 효율화 사업 1건이 있다. 몽골의 CDM 국가승인기구인 DNA(Designated National Authority)는 자연환경관광부(MNET: Ministry of Nature, Environment and Tourism) 산하에 설치(2004.11.14) 되었으며 프로젝트 개발자로부터 CDM 사업계획서를 받아 의견제시, 평가, 지원, 승인 및 공문서의 발행을 주관하고 있다(CDM DNA Mongolia, 2011).

몽골은 적은 인구(2010년 약 257만 명)와 경제규모에 비해 추운 겨울철 화석연료 소비량이 많아 온실가스 배출량이 상당히 많다. 몽골의 CDM 사업 분야는 수력발전, 풍력, 태양광 등 신재생 에너지 보급 사업, 보일러의 열효율 개선사업, 주택 난방장치의 현대화 및 단열 효율 개선 등이 유망하다(문승현, 2010). 몽골 정부는 CDM 사업의 유치를 통해 몽골 경제의 경쟁력을 높이고, 오염을 저감하

고, 고용 확대 및 빈곤 퇴치 등 지속가능한 발전에 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

현재 CDM 사업 등록을 위한 공식적인 진행 절차에 있는 A/R CDM 사업은 없지만(ADB 프로젝트로 작성한 사업계획서는 현재 몽골 DNA의 CDM 국가승인을 요청한 상태가 아님) 몽골 정부는 A/R CDM을 주요한 온실가스 저감방안으로 인식하고 인공림, 그린벨트 조성(Shelter belt) 등 흡수원 확충 사업을 추진하고 있다. 몽골 정부가 인식하고 있는 LULUCF 부문의 주요 저감사업으로는 천연 간신, 인공림 조성, 훈농임업, 그린벨트 조림, 바이오매스 발전사업 등이다(MARCC, 2009).

2. 소규모 A/R CDM 시범사업 대상지 평가

1) 평가 대상지 선정 및 방법론

(1) 대상지 위치 및 요건 확인

몽골 소규모 A/R CDM 사업 타당성 평가 대상지는 교토의정서에서 정하는 재조림 대상지의 요건 즉, 1989년 12월 31일 이후로 계속 산림이 아닌 지역을 만족해야 한다. 이는 토지적합성 분석으로 위성영상, 항공사진 또는 문서로 증명해야 한다. 몽골은 산림 관련 통계자료 구축이 미비해 1989년과 2010년의 위성영상을 통해 토지피복 분석방법을 적용할 수 있다. 몽골 DNA에서 규정하는 산림의 정의는 최소 면적 1.0 ha, 수목 최소 수고 2.0 m, 최소 수관율폐도 10%인 토지 식생을 말한다. 선정된 평가 대상지는 위성영상 분석을 통해 A/R CDM 사업용 토지로 적합함을 확인하였다.

토지 적합성 분석과 함께 대상 사업은 CDM 사업을 통한 온실가스 저감량이 사업을 시행하지 않는 경우에 비해 추가성(additionality)이 있음과 장애요인 분석으로 A/R

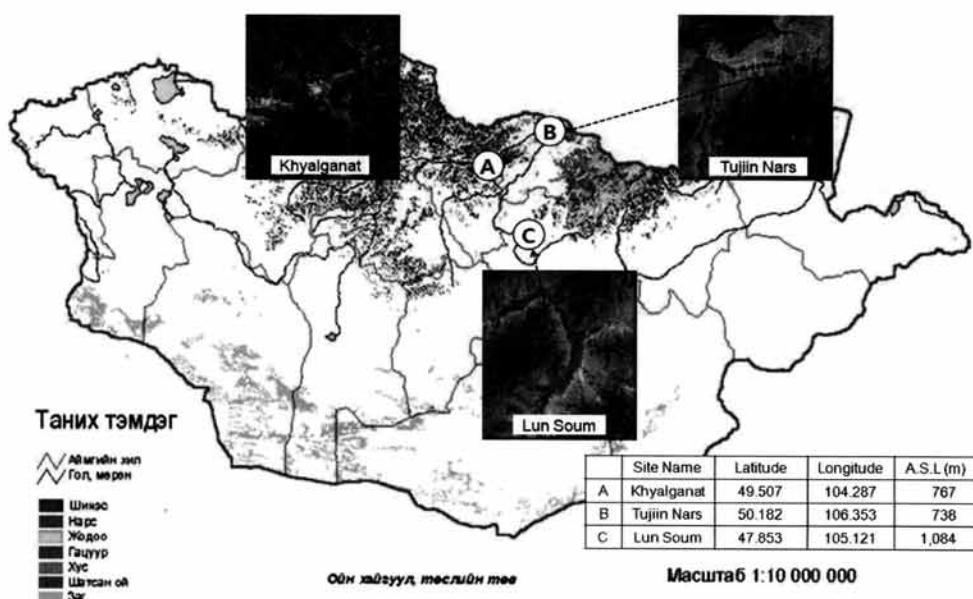


그림 1. 몽골 소규모 A/R CDM 시범사업 평가 대상지 위치.

표 2. 간략 베이스라인 및 모니터링 방법론 AR-AMS0001.

항 목	초지 및 농경지의 신규조림 및 재조림
온실가스 배출감축 종류	<ul style="list-style-type: none"> 흡수원에 의한 온실가스 제거 <ul style="list-style-type: none"> - 산림 또는 다년생 목질자원의 지상부 및 지하부 바이오매스 - 초지의 지하부 바이오매스 탄소저장고에 의한 CO_2 제거량
방법론 중요 적용조건	<ul style="list-style-type: none"> 사업 대상 토지는 초지 또는 농경지임 사업으로 인해 대체되는 대상지 경계 내의 농경지는 전체 사업 대상지 면적의 50% 미만임 사업으로 인해 줄어드는 사육두수는 사업 대상지 평균 사육두수 가능량(목양력)의 50% 미만임 조림지 준비로 교란되는 토지의 표면적은 전체의 10% 이하
중요 인자	<p>타당성:</p> <ul style="list-style-type: none"> 조림 수종별로 연간생장량, 바이오매스 확장계수, 목재기본밀도 등의 자료 필요 <p>모니터링:</p> <ul style="list-style-type: none"> 조림 대상지 및 샘플 조사구의 면적 조림목의 수, 흙고직경 및 수고 경작활동에 사용되는 토지면적, 사업에 의해 줄어드는 가축 사육두수
베이스라인 시나리오	사업이 없는 경우의 초지 및 농경지의 바이오매스 흡수량
프로젝트 시나리오	사업에 따른 조림목의 순 온실가스 흡수량

(출처: UNFCCC, 2010)

CDM 사업활동이 기타의 토지이용 활동보다 경제성이 낮다는 것(재무시험)과 CDM 재정을 통해서만 조림사업이 가능함(장애시험)을 증명하는 과정이 필요하다. 몽골 A/R CDM 사업의 경우 낮은 임목생장률로 상업조림의 경제성이 없고 사막화 지역 조림으로 추가성 입증은 어렵지 않다.

(2) 소규모 A/R CDM 방법론

승인된 소규모 A/R CDM 방법론 중 몽골에 적용 가능한 소규모 A/R CDM 방법론은 초지 및 농경지에 신규조림 및 재조림 활동에 대한 AR-AMS0001(Ver. 6.0, 2010.09.17~적용) 방법론이다. AR-AMS0001 방법론의 요건 및 주요 적용사항은 표 2와 같다.

(3) 조림 수종 및 방식

몽골 A/R CDM 조림수종은 사업 대상지의 생육환경에 잘 적응하고 생장이 빠르며 병충해 피해 등 위험 요인이 적은 수종이 선택되어야 한다. 경제적으로는 묘목의 생산 및 공급이 용이하고 높은 조림기술과 비용을 요구하지 않는 수종 및 조림방식을 적용해야 한다. 산불 피해 등 황폐 산림복구의 경우 기존 식생을 우선적으로 조림수종으로 고려하는 것이 바람직하며 사막지역 조림의 경우 건조에 강하고 활착률이 높고 고사율이 낮은 수종과 이에 적합한 조림 및 관리 기술을 적용해야 한다(Tsogtbaatar, 2004).

기존 산림지대인 몽골 북부지역 재조림 대상지(Tujiin Nars, Khyalganat)에는 구주적송(*Pinus sylvestris*), 시베리아낙엽송(*Larix sibirica*) 등 원래의 식생 수종으로 복원하는 것이 적합하며, 사막화 황폐지(Lun soum)에는 생존 확률이 높고 생장이 양호한 수종인 비술나무(*Ulmus pumila*) 또는 포플러류(*Populus spp., ex. Populus sibirica*)로 식재하는 것이 타당하다.

벌채 또는 산불 발생 후 구주적송이나 시베리아낙엽송 등 기대하는 수종으로의 천연갱생은 잘 되지 않는 경우가

많아 이 경우 인공조림은 산림복구를 위해 필수적이다. 구주적송 묘목(2년생) 등 조림용 묘목의 조달은 기존의 인근 양묘장에서 구입(Tujiin Nars, Khyalganat)하거나 대량으로 요구될 경우 양묘장을 정비 또는 신설(Lun soum)하여 생산할 수 있다.

조림방식은 트랙터를 이용해 폭 30~40 cm, 깊이 70 cm 크기로 2~3미터 간격으로 식재구를 만들거나 인력에 의한 식재의 경우 삼으로 구덩이를 파고 묘목을 식재하는 방식을 적용한다. 조림 기간은 4월 말부터 5월 중순으로 ha당 조림본수는 2,500~3,000본을 적용한다. 조림 후 풀베기, 관수, 보호(울타리 설치 등) 등이 요구된다(한-몽그린벨트사업단, 2011).

(4) 프로젝트 온실가스 흡수량 산정

가. 흡수량 산정 방법

A/R CDM 사업에 따른 t년의 순 인위적 온실가스 흡수량(tCO_2e) $S_{(t)}$ 를 구하는 계산식은 다음과 같다.

$$S_{(t)} = A_{(t)} - B_{(t)} - L_{(t)} - P_{(t)} \quad (1)$$

$S_{(t)}$: A/R CDM 사업에 따른 t년의 순 인위적 온실가스 흡수량(tCO_2e)

$A_{(t)}$: 조림목의 이산화탄소 흡수량

$B_{(t)}$: 베이스라인 흡수량

$L_{(t)}$: 누출(leakage)량

$P_{(t)}$: 프로젝트 이산화탄소 배출량(소규모 방법론의 경우 $P_{(t)}=0$)

조림목의 ha당 이산화탄소 흡수량(tCO_2/ha) $A_{(t)-\text{ha}}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$A_{(t)-\text{ha}} = SV_{(t)} \times BEF \times WD \times (1+R) \times 0.5 \times (44/12) \quad (2)$$

$A_{(t)-\text{ha}}$: 조림목의 ha당 이산화탄소 흡수량(tCO_2/ha)

$SV_{(t)}$: 조림목(t)의 수간 재적(m^3/ha)
 BEF : 지상부 바이오매스 화장계수(1.15 Boreal Conifers)
 WD : 목재 기본 밀도 (t/m^3) (0.42 *Pinus sylvestris*)
 R : 지상부 바이오매스 대비 지하부 바이오매스 비율
 (0.46 Conifer forest)
 0.5 : 바이오매스 탄소 전환인자(IPCC default)(tC/t d.m.)
 (44/12): 이산화탄소 전환계수(이산화탄소:탄소 분자량 비)
 *몽골 소규모 A/R CDM 사업에 적용한 BEF, WD, R 등 계수 값은 IPCC의 LULUCF 우수실행지침(Penman et al., 2003)에서 제시된 값을 적용하였다.

베이스라인 흡수량 $B_{(0)}$ 는 사업이 없는 경우의 이산화탄소 흡수량으로 몽골 재조림 대상지역은 방목, 산불 등으로 장기간에 걸쳐 자연적인 흡수량의 증가를 기대하기 어려우며 그 양은 사업에 따른 실제 순흡수량의 10%를 초과하지 않을 것으로 판단되므로 AR-AMS0001 방법론에 따라 $B_{(0)}=0$ 으로 보고할 수 있다. 누출량 $L_{(0)}$ 은 대상지 내 거주지, 농경지, 방목가축의 사업 대상지 경계 밖으로의 이주에 따라 발생하게 되는 배출량으로 AR-AMS0001에서는 이주비율이 10% 미만인 경우 누출량은 없는 것으로 간주하고 $L_{(0)}=0$ 으로 보고한다. 만약 이주비율이 10~50% 이면 방법론에서 제시한 계산식에 따라 누출량을 계산한다. 소규모 사업에서 사업에 따른 배출량 $P_{(0)}=0$ 을 적용한다.

나. 프로젝트 이산화탄소 흡수량 산정결과

조림목의 흡수량 산정을 위해서는 해당 수종의 조림 활착 및 생장 관련 자료(ha 당 재적변화, 연평균 생장량 등)

가 구축되어 있어야 한다. 구주적송(Scotch Pine, *Pinus sylvestris*)의 경우 일본 효고현이 몽골 A/R CDM 실현 가능성에 대해 조사한 보고서(ひょうご環境創造協會, 2001)의 자료 활용이 가능하다(Khyalaganat을 대상으로한 사업계획서(ADB, 2010)도 이 자료를 이용함). Lun soum 지역의 경우 비술나무, 포플러 등 사막화 지역에 식재한 조림목 생장에 대한 축적된 자료가 없으므로 조림 후 20년 동안의 흡수량 추정이 어렵다(다만, 경제성 분석을 위해 구주적송의 경우와 동일한 흡수량으로 가정함). 이 경우 중국 내몽고 조림결과 자료를 적용할 수 있는지 고려해 볼 수 있다.

(5) 환경, 사회, 경제 영향분석 및 이해당사자 의견 수렴
몽골 법에서는 환경영향평가를 요구하고 있지 않으나 소규모 A/R CDM에서는 조림예정지 정리, 시비, 병충해약제, 산불, 외래종 도입 위험 등 사업 활동에 따른 환경영향을 CDM 사업계획서에 기술하도록 하고 있다. 또한 주민, 지역경제 등 사회·경제적 영향에 대해서 분석해야 한다. 사업과 관련하여 이해당사자의 의견수렴 과정이 필수로 사업에의 찬반, 참여의견, 요구사항 등 이해당사자의 의견을 수렴하기 위한 절차, 방법, 결과를 기술해야 한다.

Khyalaganat의 경우 사업에 대한 높은 찬성률(98%)과 노동력 제공 등 사업 참여의사를 보였다(ADB, 2010). Tujiin Nars의 경우 특별 산림 보호구역으로 주민과의 마찰이 적고 조림사업에 대한 정부 및 지역주민의 이해가 높아 사업추진이 용이하며, Lun soum의 경우 주민들의 조림사업 참여 의사가 높은 것으로 나타났다(한-몽 그린벨트사업단,

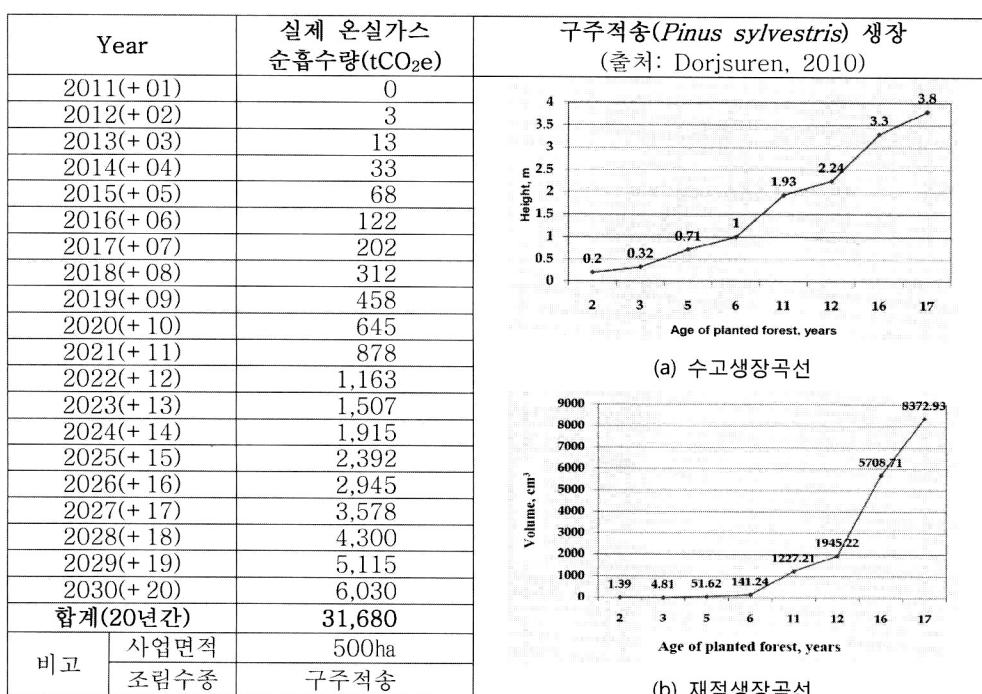


그림 2. 프로젝트 온실가스 순흡수량 추정.

2011).

2) 사업 경제성 분석

(1) 분석 조건 및 수익

몽골 A/R CDM 사업 투자를 통해 직접적으로 탄소배출권 수익을 기대할 수 있다. 몽골 산림법에 의해 구주적 송조림목은 120년 후 벌채가 가능하지만(ADB, 2010) 수익성 분석에는 목재 판매수익을 고려하지 않았다.

A/R CDM 탄소배출권(tCER) 가격은 최근 거래사례를 참고해 US\$5/tCO₂을 적용하였다(World Bank의 BioCarbon Fund는 에티오피아의 A/R CDM 프로젝트에서 발생한 CERs에 대해 tCER 가격 톤당 4달러에 구매하기로 결정). 몽골 소규모 A/R CDM 조림사업(500 ha)의 경우 20년간의 흡수 예측량 31,680tCO₂e에 톤당 가격 5달러를 적용할 경우의 예상되는 배출권 판매수입은 US\$158,400으로 평가되었다(평가 대상지 모두 동일한 조건을 적용).

(2) 사업 비용

몽골 소규모 A/R CDM 사업의 사업기간 20년 동안 소

요되는 총비용은 사업 1차년(식재년도) 조림비, 식재 후 2~20년 까지의 조림지 관리비 등 조림 및 관리비용과 A/R CDM 사업의 착수, 조사, 사업계획서 작성, 타당성 평가, 검증, 모니터링, 등록, CER 발행 등에 소요되는 행정비용(transaction cost)으로 구성된다.

소규모 A/R CDM 사업의 행정비용은 사전조사 및 사업계획서 작성, CDM 검증 기관인 DOE(Designated Operational Entity) 타당성 평가, CDM 등록, 모니터링 등에 총 US\$50,000~150,000 정도 소요될 것으로 예상된다(ITTO, 2006).

(3) 경제성 분석 결과

몽골 소규모 A/R CDM 사업(조림면적 500 ha, 사업기간 20년)에 소요되는 총비용은 Tujiin Nars US\$405,500, Khyalaganat US\$1,050,000, Lun soum US\$2,305,500로 평가되었다(표 3). Lun soum은 사막화지역 조림 특성으로 인해 조림비 및 관리비 비중이 매우 커다.

대상지 중 소요비용이 가장 적은 Tujiin Nars와 비교시 Khyalaganat, Lun soum의 사업비용은 각각 2.6배와 5.7배

표 3. 몽골 소규모 A/R CDM 사업비용.

(단위: US\$)

구분	조림비 (식재년도)		관리비 (식재후 2~20년)		조림 및 관리비 (20년간)	A/R CDM 행정비용	A/R CDM 총비용
	500 ha	/ha	500 ha	/ha			
Tujiin Nars ¹⁾	145,000	290	180,500	19/yr(2~20yr) 361(Total)	325,500	80,000 ⁵⁾	405,500
Lun Soum ²⁾	1,302,900	2,605.8	922,600	311.3/yr(2~5yr) 40/yr(6~20yr) 1,845.2(Total)	2,225,500	80,000 ⁵⁾	2,305,500
Khyalaganat ³⁾	N/A	N/A	N/A	N/A	1,000,000 ⁴⁾	50,000 ⁶⁾	1,050,000

1) Tujiin Nars 구주적 송조림비용(동북아산림포럼 제공)

2) 한-몽 그린벨트 사업 단 룬솜 조림 기준단가(50 ha)

3) A/R CDM 사업(20년간) ha당 조림 및 관리비 US\$2,000/ha(ADB, 2010) 적용

4) US\$2,000/ha×500 ha

5) Lun soum 행정비용 소요 평가액 US\$80,000 적용(강호덕 등, 2011)

6) 기 작성된 사업계획서를 활용할 수 있으므로 PDD 작성비용 할인 적용

표 4. 몽골 소규모 A/R CDM 타당성 평가 대상지 장·단점 비교.

	Khyalaganat	Tujiin Nars	Lun soum
특징	ADB 지원으로 사업계획서 기 작성	몽골 산림지대로 한국의 기존 조림지	한-몽 그린벨트 사막화 방지사업 진행지
장점	<ul style="list-style-type: none"> 조림목(소나무) 생육조건 양호 CDM 사업 등록까지 소요시간 단축 주민 참여의지 높고 주민에 의한 관리 가능 경운 및 관수의 인력적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 조림목(소나무) 생육조건 양호 기존 조림지로 경험 및 협력관계 활용 가능 등록까지 실질적 경험축적 가능 참여(투자)기업의 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> 몽골 사막화 방지 기여 및 홍보효과 베이스라인 설정이나 추가성 입증 용이 한-몽 그린벨트 사업과의 연계 (양묘장 등) 접근성 양호(울란바타르에서 차로 2시간 소요)
단점	<ul style="list-style-type: none"> 조림 경험 및 설비(양묘장) 부족 사업계획서 작성경험 축적 기회 적음 접근성 미흡(울란바타르에서 차로 7시간 소요) 	<ul style="list-style-type: none"> 피해지역으로 재조림 대상지 확보 문제 흡수량 산정 요구 및 흡수원 활동의 추가성이 낮을 수 있음 접근성 보통(울란바타르에서 차로 5시간 소요) 	<ul style="list-style-type: none"> 조림 및 관리방식(관수)은 사업에 따른 다양의 배출량 내포 활착성공률이나 생장량이 상대적으로 낮음 조림비 및 사업비용이 높음

가 소요되는 것으로 평가되었다. 한편, 비용대비 배출권수익(US\$158,400)은 Tujiin Nars 0.39, Khyanganat 0.15, Lun soum 0.07로 평가되었다. 이를 감안하면 배출권 판매 수익은 A/R CDM 행정비용을 충당할 수 있는 정도인 것으로 판단된다.

3) 장·단점 비교 평가

세 곳의 평가 대상지에 대한 특징 및 장·단점은 다음과 같다(표 4). 사업의 조속한 실행을 위해서는 Khyanganat이 유리하며, 사업의 경제성 및 기존 경험·관계 활용 측면에서는 Tujiin Nars 지역이 유리하다. Lun soum은 한-몽 그린벨트 사업과 연계하여 환경기여 측면에서 장점이 있다. 조림목 생장자료, 지역사회와의 관계 등의 여건을 통해 사업계획서의 작성 가능성이 높은 순서로 할간트, 토진나르스, 룬솜 순이다. 조림비용 등 사업비용은 낮은 순으로 토진나르스, 할간트, 룬솜 순이다. 환경적 기여효과는 룬솜, 토진나르스, 할간트 순으로 높다.

3. 몽골 소규모 A/R CDM 사업 추진의 SWOT 분석

몽골을 대상으로 한 소규모 A/R CDM 사업은 주요 A/R CDM 투자 대상국과 비교해 조림목의 낮은 생장률로 인해 기대할 수 있는 탄소배출권이 적고 사업비용은 많이 소요되는 약점이 있지만 소규모 사업으로 주민참여를 통한 조림지의 지속가능한 관리가 가능하고 무엇보다 몽골의 산림복구 및 사막화 방지에 기여하는 실질적 환경효과가 기대되며, 사업자에게는 탄소배출권의 확보로 기후변화의 대응수단이 되는 장점이 있다. 향후 기후변화체제 상황변화에 따른 A/R CDM 사업성의 불확실성이 존재하지만, 몽골 조림사업에의 투자 기업은 기존 조림사업에 비해 배출권 수익으로 비용을 절감하고 사막화 방지 환경기여로 기업의 친환경 이미지 확보의 차원에서 기회요인이다.

표 5. 몽골 소규모 A/R CDM 사업 추진의 SWOT 분석.

장점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> 몽골의 사막화 방지에 기여하고 탄소배출권의 확보로 기후변화에 대응 CDM을 통한 조림지의 지속가능한 관리 정부 및 민간차원에서 한-몽간 산림분야 지원 및 협력관계 증진 사막화 지역 조림은 흡수량 추가성 입증이 수월할 수 있으며 조림용 토지 공급 잠재력 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 몽골은 조림목의 활착률 및 생장률이 낮아 기대할 수 있는 탄소배출권이 적음 사막화지역 조림사업은 조림 및 관리비가 많이 소요됨 A/R CDM 사업의 경제성이 낮아 투자자 유치가 어려울 수 있음 림목 생장관련 자료가 부족해 사업계획서 흡수량 산정이 어려울 수 있음
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> 탄소배출권 판매 수익을 통해 조림사업 비용 경감 가능 사막화 방지 조림의 중요성에 대한 관심 및 인식의 확산 몽골의 조림사업에의 참여를 희망하는 국내외 기업이 증가하고 있음 CDM 사업 관련 법제도의 정비, 당국의 지원 등 투자여건이 개선되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 사막화, 산불 등으로 조림목의 생육이 나빠질 경우 A/R CDM 사업의 실패 또는 경제성을 악화시킬 수 있음 CDM 체제의 상황 변화에 대한 불확실성 및 산림 탄소배출권의 낮은 가격 형성으로 인해 사업성이 악화될 수 있음

고찰 및 결론

A/R CDM의 투자 대상국으로서 몽골은 여러 가지 불리한 여건을 가지고 있지만, 우리나라가 몽골 사막화 방지 조림사업을 기후변화 대응 A/R CDM 사업과 연계하여 추진 및 성공함으로써 기대할 수 있는 효과는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

첫째, 경제적 효과로는 탄소배출권의 확보, 참여기업의 사회공헌 활동, 그린이미지 제고를 통한 무형의 가치상승, 몽골 주민의 소득 증대 및 임업발전 기여를 들 수 있다.

둘째, 외교적 효과로 사막화, 황사 등 국제 환경문제에 적극 대응함으로써 한국의 국제적 위상제고에 기여할 수 있고, 정부 대개도국 협력사업 및 민간부문 투자확대를 통해 양자·다자간 산림관련 분야의 교류·협력 활성화를 기대할 수 있다.

셋째, 환경적 효과로는 몽골 내 사막화 방지 및 산림복구로 생물종 다양성 증진과 수원함양의 증대 및 몽골의 탄소흡수원 증대로 이산화탄소 배출 감축에 의한 환경개선 및 사막화 확산으로 인한 황사 발생 저감을 들 수 있다.

넷째, 사회적 효과로 몽골 사회의 기후변화 및 생태계복구에 대한 인식개선과 양국 간 인적교류 확대 및 기술전수로 산림분야 네트워크 강화를 기대할 수 있다.

결론적으로 몽골의 사막화 방지 조림사업을 A/R CDM 사업과 연계하여 추진하는 경우 기타 국가에 비해 탄소배출권 사업의 경제성은 낮지만 효율적인 조림지의 관리, 환경사회적 기여, 국가 및 참여기업의 이미지 상승, 임업분야 협력관계의 강화 등 여러 가지 장점이 있다.

일반 조림지원사업과 달리 A/R CDM 사업의 준비 및 이행은 보다 철저해야 한다. 우선 소규모 사업의 특성상 사업의 주체는 지역주민, NGO 등 몽골측이 되어야 하며, 한국 정부나 참여기업은 투자 및 협력자 역할을 해야 한

다. 몽골은 모든 토지가 국유이고 초지나 경작지는 주민이 이용하고 있으므로, 당국 및 주민과의 사업과 관련한 토지이용계약을 확실하게 해야 한다. 만약 일정규모(200~500 ha)의 사업대상지를 단일규모로 확보가 곤란할 때에는 인근 지역(1~2 km 이내)의 토지를 묶어서 동일 사업의 대상지로 구성할 수 있다.

관리, 비용, 이익배분(배출권, 목재 등) 등 사업 진행과 관련하여 사업자(투자자)는 당국 및 민간의 이해당사자와 법률적인 계약서의 작성이 요구된다(이재협, 2008).

A/R CDM 사업의 성공을 위해 무엇보다 중요한 것은 지역사회 및 주민의 협조이다. 사업의 초기단계에서 이들 과의 접촉을 통해 사업을 설명하고 참여의견 및 동의를 이끌어 내는 것이 중요하다. 사업계획서에서도 주민공청회, 의견수렴 등의 결과를 담도록 하고 있다.

탄소배출권 확보를 위한 국내 산림부문의 노력으로 산림청에서는 산림탄소상쇄사업을 통한 조림사업을 추진하고 있다. 탄소배출권 확보의 경제성 측면에서 국내 사업과 몽골 소규모 A/R CDM 사업을 비교해 보았다.

국내 조림사업의 경우 경제수 일반조림(민유림) 잣나무 기준 조림비용(재료비, 노무비, 경비 등)은 ha당 약 330만원, 숲가꾸기 비용은 약 103만원으로 총비용은 433만원/ha이다(산림청, 2010). 임령 20년의 잣나무 임분수확량(지위 중)은 87.12 m³으로 20년간 지상부 및 지하부 바이오매스가 흡수하는 이산화탄소량은 약 160 tCO₂/ha이다(산림청, 2011).

몽골 소규모 A/R CDM사업(면적 500 ha)의 예상 배출권 발생량 31,680tCO₂과 동일한 크레딧(credit)을 얻기 위해서 필요한 국내 산림탄소 상쇄사업 조림면적은 198 ha로 A/R CDM 행정비용(US\$80,000)을 포함한 총 사업비용은 9억 4,534만원(US\$859,400, 1US\$=1,100원)이 소요된다. 이는 몽골 A/R CDM 사업의 총비용(표 3)과 비교할 때, Lun soum, Khyalganat보다는 적지만 Tujiin Nars보다는 많은 비용이다. 따라서 몽골 일부지역의 경우 국내 상쇄사업을 통한 배출권 확보비용보다 저렴할 수 있다.

환경정책평가연구원 자료에 의하면 매년 황사로 인한 우리나라의 연간 총 피해비용은 5조 9,216억 원에 달한다고 하였다(강광규 등, 2004). 몽골 조림은 황사 발생의 저감으로 피해비용의 일부를 줄이는 효과를 기대할 수 있다. 또한 몽골 소규모 A/R CDM 사업의 추진은 국내 조림사업보다 많은 경제 사회적인 편익을 몽골에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 몽골 조림투자의 경제적 효과는 배출권 수익 뿐 아니라 황사저감으로 인한 환경적 편익, 몽골 조림사업으로 인한 지역사회 소득기여 등 사회적 편익을 고려할 때 경제성은 더욱 커질 것이며 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문을 위한 연구비 지원, 현장방문 조사 및 자료협조에 도움을 준 산림청(과제번호 S210911L010100), 한-몽그린벨트 사업단에 감사의 말을 전합니다.

인용문헌

1. 강광규, 추장민, 정희성, 한화진, 유난미. 2004. 동북아지역의 황사 피해 분석 및 피해저감을 위한 지역 협력방안 II, 한국환경정책평가연구원 연구보고서 2004.
2. 강호덕, 우수영, 손요환, 오기출, 이우균, 이동섭, 김경수, Yang Youlin, Ma Wenyuan, Batkhuu Nyam-Osor, 이수광, 광명자, 윤태경, 최계선. 2011. 사막화 방지를 위한 동북아지역 조림지 평가. 동국대학교 황사사막화 방지연구소.
3. 문승현. 2010. 몽골의 CDM 사업 타당성 검토, 몽골 CDM 사업 투자설명회, 대한상공회의소(2010.8.18).
4. 배재수, 정병현, 주린원, 박경석, 임종환, 한승호, 민경서. 2009. 조림 CDM 사업 가이드북. 국립산림과학원 연구보고(09-30).
5. 산림청. 2011. 산림탄소상쇄 사업설계가이드라인 -시범 사업용.
6. 산림청. 2010. 조림사업 및 숲가꾸기 사업 단비.
7. 유승혜, 조용성, 손요환, 이우균. 2010. A/R CDM 사업의 성공적 시행을 위한 정책적 시사점. 에너지기후변화 학회지 5: 51-64.
8. 이재협. 2008. 몽골 토진나르스 CDM 사업 연구, 유한킴벌리 연구사업 최종보고서.
9. 한-몽 그린벨트 사업단. 2011. 한-몽골 기후변화 대응역량 강화사업 - 소규모 A/R CDM 시범사업 타당성 조사 사업.
10. 한-몽 그린벨트사업단. 2009. 한-몽골 그린벨트 사업 공동연구위원회 2009년 연구보고서.
11. ひょうご環境創造協会. 2001. 地球温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査 -モンゴル森林再生計画支援事業調査- 報告書(平成13年2月).
12. ADB. 2010. Small-scale A/R CDM PDD, Reforestation of Grassland in Khyalganat of Selenge Soum of Bulgan Province, Mongolia Version0.0.
13. Boldbaatar, Ch. 2011. Mongolia Ministry of Nature, Environment and Tourism, Combined safeguards and sub-regional capacity building workshops on REDD-plus, Singapore, March 2011.
14. CDM DNA Mongolia. 2011. www.cdm-mongolia.com (2011.10.20).
15. Dorjsuren, Ch. 2010. Reforestation of Grassland in Khyalganat, Bulgan Province, Mongolia, CDM Capacity Building Workshop, Ulan Bator, 2010.
16. Ecosystem Marketplace. 2011. Back to the Future - State of the Voluntary Carbon Markets 2011.
17. IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science

- Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
18. ITTO. 2006. Guidebook for the Formulation of Afforestation and Reforestation Projects under the Clean Development Mechanism, ITTO Technical Series 25.
19. MARCC. 2009. Mongolia: Assessment Report on Climate Change 2009, Ministry of Nature, Environment and Tourism.
20. Penman *et al.* 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry, Institute for Global Environmental Strategies.
21. Tsogtbaatar, J. 2004. Forest Policy Development in Mongolia, Policy Trend Report 2004: 60-69.
22. UNFCCC. 2011. CDM project activities registered by the CDM Executive Board. <http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>(2011.10.20.).
23. UNFCCC. 2010. AR-AMS0001(Version 06): Simplified baseline and monitoring methodologies for small-scale A/R CDM project activities implemented on grasslands or croplands with limited displacement of pre-project activities.
24. Zomer, R.J., Trabucco, A., Verchot L.V. and Muys, B. 2007. Land Area Eligible for Afforestation and Reforestation within the Clean Development Mechanism: A Global Analysis of the Impact of Forest Definition. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 13(3): 219-239.

(2011년 8월 12일 접수; 2011년 10월 17일 채택)