

インドネシア共和国東ジャワ州における地域住民と協同で
行う CDM 植林と小規模 CDM 植林事業との比較検討調査

(概要版)

平成 17 年 3 月

住友林業株式会社

1. ホスト国の CDM 受け入体制

インドネシア共和国は、批准に関する法律(Elucidation law of the republic of Indonesia Numbe 17 of 2004 concerning ratification of Kyoto Protocol to the Uneited Nations Framework Convention on Climate Change)が制定され、2004年10月19日に京都議定書に批准した。また、2005年2月24日現在、DNAは一部の省庁の承認が得られれば設置が決定する。法令文書、政府承認の手続きも概ね整っている。

2. プロジェクトの概要

プロジェクトの実施場所は、インドネシア共和国東ジャワ州プロボリングゴ県である。プロジェクトの概要は表-1に示す。

この地で CDM 植林事業を進める場合に、農民のインセンティブとして、深井戸による灌漑を導入する。本事業案の追加性は、乾季の灌漑用井戸の作設とそれによる灌漑である。この井戸は 2 期作以上の農作物栽培による収量と収入の増加に加え、植栽木の成長促進、多様な作物や樹種の植栽を可能にするものである。通常のビジネスとして植林を行うならば、このような渇水の厳しい土地での植林はせず、まず土壌肥沃で灌漑の不要な場所から開始する。東ジャワ州では肥沃な平地が広がっており、あえてこの地域での植林はしない。すなわち、CDM のシステムがあって始めて検討される植林事業である。



図 - 1 インドネシア共和国東ジャワ州プロボリングゴ県の位置

表-1 プロジェクト概要

条件	項目	概要				
事業の基本的要素	事業の名称	東ジャワ州プロボリンゴ県 CDM 再植林・新規植林プロジェクト				
	事業カテゴリー	吸収源活動				
	事業のタイプ	再植林・新規植林活動 Reforestation/Afforestation				
	事業の目的	CO2 吸収量の増大 木材資源の確保と天然林伐採圧力軽減 灌漑設備による土地生産性の向上と土壌劣化防止 地域社会の生活向上への貢献				
	対象地・面積 バウンダリー	インドネシア東ジャワ州プロボリンゴ県内 4 郡				
		郡名	面積(ha)	方法		
Tongas		500	アグロフォレストリー・産業植林			
Lumbang		500	アグロフォレストリー・産業植林			
Wonomerto		300	アグロフォレストリー・産業植林			
Sumberasih	200	アグロフォレストリー・産業植林				
計	1,500					
プロジェクト期間	20 年間					
事業形態	事業形態	住友林業、KTI 社、土地所有者（大学学長を中心とする地域住民）との共同事業				
	役割分担	住友林業：事業費出資、技術移転、CDM 管理・手続き KTI 社：事業実施者、モニタリング 土地所有者：共同事業者				
技術	技術移転	先端技術を含む造林、育林、森林管理技術を移転する。				
	持続可能な開発	灌漑用井戸を作設することで乾季の農作物・林木の育成が促進でき、生産性が向上すると同時に、KTI 社が木材の買い取り保証することで農民に再造林する意欲がでてくる。				
事業計画	植栽年度、面積	植栽は次の条件とする。植栽計画面積(ha)				
		地区名	初年度	第2年度	第3年度	計
		Tongas	167	167	166	500
		Lumbang	167	166	167	500
		Wonomerto	100	100	100	300
		Sumberasih	66	67	67	200
	計	500	500	500	1,500	
植林樹種	グメリナ(<i>Gmelina arborea</i>)、Waru(<i>Hibiscus sp.</i>)を中心に、複数樹種。					

	植林方法	アグロフォレストリー：1,000本植栽、7年目までに400本/haまで減らす。 植栽後、植林地全体の蓄積が大きく下降することのないように植栽・伐採計画を立てる。
	用途	製材用、合板用、木質ボード用、地域社会での利用
ステークホルダー	地方政府の意見	現時点では特になし。
	参加者の意見	きわめて積極的。
	利害関係者の意見	積極的。
CDM要件	クレジット期間	20年
	CO2吸収量	純人為的吸収量=現実純吸収量 - プロジェクト排出量 - ベースライン純吸収量 - リークエッジ
	ベースライン	昨年度から継続調査している、隣接 Pasuruan 県の同条件の農地境界木の成長量(乾物重増減量)を代用する。
	モニタリング	カーボンプールとして地上部バイオマス、地下部バイオマス、土壌カーボンを継続調査する。リターと枯死木はデフォルト値をゼロ(蓄積しない)とする。
	間接影響、リークエッジ	伐採開始後の木材運搬用トラックの燃料からのCO2排出量
	環境影響	10,000ha以上の植林の場合、法的に環境影響評価実施義務があるが、今回1,500haなので実施しない。作井の環境影響調査を実施した。
	リスク	特になし
	CDM事業性	クレジット価格0~20\$/tonCO2を想定し、事業収益を試算した。
事業計画	計画立案	林業事業計画の手法に基づいて事業計画を立案した。
	シミュレーション	通常規模植林1500haと小規模植林500haの事業性(IRR)を検討した。

3. ベースライン方法論

3.1 タイトル

「樹木主体のアグロフォレストリー形式を用いた農地の再植林」

3.2 プロジェクト実施の条件

- (1) 対象地は長く乾燥農地として利用されていたか、放棄されていた土地である。
- (2) 地域住民はその土地で彼らの食糧生産を行っていた。
- (3) この地域の住民自身では経済的に植林する余裕はない。
- (4) プロジェクト対象地の植林は採算に合わず、また政府も奨励はしていない。

- (5) 農業労務は豊富にある。

3.3 カーボンプール

地上部バイオマス、地下部バイオマス、土壌炭素である。

3.4 プロジェクトのベースライン

CDM プロジェクトがない場合のカーボンプールの変化がベースラインの定義である。ベースライン計測のために以下のステップを進める。

- (1) プロジェクト対象地の歴史的土地利用方法を分析する。
- (2) 地域住民の聞き取りから、土地の所有について調査する。
- (3) CDM 植林を実施するにあたってキーとなるバリエーション（障害）を抽出する。
- (4) プロジェクト対象地のカーボンプールを計測または推定する。

3.5 ベースラインアプローチの方法

「現状におけるプロジェクトバウンダリー内の炭素蓄積量の変化」とする。

3.6 国・地方の政策と事情の考慮

本プロジェクトはアグロフォレストリー方式であるので、食糧生産と木材生産を行うものであり、国・地方の政策に沿ったものである。考え方のステップを以下に示す。

- (1) 木材工業用の木材生産に関する法律、政令を検証する。
- (2) 木材加工企業の原料調達方針を分析する。
- (3) CDM がない場合、企業が地域住民の土地でアグロフォレストリー方式の木材生産を行うかどうか、経済的に成立するかどうかを検証する。
- (4) 結果を補完するようなデータ、文書を添付する。

3.7 方法論においてどのようにベースラインシナリオを決定するかの説明

地域住民は外からの働きかけや仲介がない限り、彼ら自身で土地の利用方法を変えることはないことを想定しているが、ベースラインシナリオでの起こりうる炭素量の変化の予測を以下のステップで行う。

- (1) プロジェクト実施前の土地利用形態の調査
- (2) プロジェクトがない場合の、歴史的な土地利用方法、政府の計画や政策による将来の土地利用変化の予測
- (3) プロジェクト実施前のそれぞれの土地利用方法別炭素量の推定
- (4) 前項ステップ で述べられた土地利用方法の炭素量変化の計算

3.8 プロジェクト活動が追加的であることの証明

追加的である証明は以下のステップで行う。

- (1) 本プロジェクトが政府の法律、政令に基づいた事業またはそれに類似したプロジェクトでないことを証明する書類を揃える。

- (2) プロジェクトが投資対象として経済的にも財政上も魅力のないものであることを証明する。その結果魅力があるものならば次のステップに進む。
- (3) 樹木の生存率が乾燥によって下がり、プロジェクトの成立を妨げるという障害があることを示す。プロジェクトによってその障害がどの様に除かれ、そのコストはいくらかを示す。もしコストが吸収されるならプロジェクトは経済的にも財政的にも魅力的なものになる。

3.9 ベースライン植生の計測

昨年度ベースライン調査用として設定した Pasuruan 県 Grati 郡のプロット内にある境界木を計測した。各樹種の全木乾重推定式を求め、昨年度の直径と樹高から推定した乾物重量合計と今年度の乾物重量合計を下表にまとめた。プロット面積は 100m × 100m = 1.00ha である。

表 2 Grati 郡プロットの境界木植生の全木乾重量の変化

植栽線	2003/12/24 乾物重量合計(kg)	2005/1/13 乾物重量合計(kg)	成長量(kg)
A	5,142.82	6,051.47	908.65
B	2,511.32	1,987.91	-523.41
C	664.34	738.05	73.71
D	4,173.73	3,762.21	-411.52
E	322.63	280.26	-42.37
F	2,873.05	3,485.25	612.20
合計	15,687.89	16,305.15	617.26
CO ₂ 重量換算(kg/ha/年)			1,131.64

この一年の成長量は乾物重量で 617kg/ha/年、CO₂ 換算で 1.131ton/ha/年であった。しかしこの境界木は、地域住民の燃料材、牛やヤギの食糧でもあり頻繁に枝等採取されている。長期的には境界木のバイオマスはあまり大きな成長はしていないと思われる。以上のことから 20 年の事業性を検討するに当たり、ベースラインはゼロとした。

3.10 排出およびリーケッジ

プロジェクト遂行上排出されるCO₂およびリーケッジを表3に示す。

表3 プロジェクトの排出とリーケッジ

調査対象項目	分析方法	計算方法	結果
各世帯の燃料消費	車輛、家事用エネルギー	プロジェクトの影響による排出との因果関係が明らかでないので計上しない。	0
苗運搬のための車両排気量	運送距離に対する排出量	20年間の植栽面積は約3,700ha×1,100本=4,070,000本である。トラック一車に積載する苗本数は4,000本で、約1,000往復。トラックが苗畑から植林地まで往復する距離は10km×2=20kmなので、1,000×20km=20,000km。ディーゼルトラックの燃費は6km/litreなので、地球温暖化係数を使用して計算。 20,000km÷6km×2.624kgCO ₂ /Liter=8,747kg/全期間 8.75CO ₂ -ton/20年 = 0.438CO ₂ -ton/年	0.44 CO ₂ -ton/年
植林地管理用車輛の燃料	走行距離に対する排出量	管理用車輛1台。1日50km走行×1ヶ月25日稼働×12ヶ月=15,000km、燃費10km/Lとすると1,500L×2.322kgCO ₂ /L=3,483kg/年=3.48tonCO ₂ /年	3.48 CO ₂ -ton/年
灌漑用井戸の作動時の燃料	稼働時間に対する排出	ポンプ能力=10L/sec、軽油燃費=1L/h、稼働時間=6h/日、稼働日数=6日/週×4ヶ月 軽油使用量=1L×6h×6日×16週=576L 576L×2.624kgCO ₂ /L=1511kgCO ₂ /年。ポンプ台数45台なので 1.511tonCO ₂ ×45=68.00 tonCO ₂ /年	68.00 CO ₂ -ton/年
施肥による排出	なし Good Practice Guidanceの方法を利用し、計算上の値を求める。	植林1サイクルあたり化成肥料(N15%)を、1年目80g/本×1,100本/ha=88kg/ha、2年目に120g/本×900本/ha=108kg/ha、合計196kg/ha施用するので、N量は196×15%=29.4kg/ha。これの1.25%(GPG3.2.1.4.1.2による)がN ₂ Oとなると、29.4kg×1.25%=0.3675kg/ha。これにCO ₂ 換算係数310をかけて、0.3675kg/ha×310=114.9kg/ha=0.115CO ₂ ton/ha/サイクル。これに新規植林面積をかけた値がプロジェクト全体の排出量である。20年間の合計植林面積は3,700haなので、0.115CO ₂ ton/ha×3,700÷20年=21.3CO ₂ ton/年	21.3 CO ₂ ton/年
保育作業のための労務運搬車両の排気量	労務運送距離に対する排気量	稼働日数年間250日、計画によれば車両数4台で、毎日20km×1(往復)=40km走行 40km×4台×250日÷6km/litre×2.624kgCO ₂ =17,493kgCO ₂ =17.50CO ₂ -ton/年	17.50 CO ₂ -ton/年
伐採のための重機、車両の排気量	運送距離に対する排気量	ローダー2台で年間125日稼働、1日1km往復。燃費1km/L。 2km×125日×2台÷1km/L×2.624kgCO ₂ /L=1,312kgCO ₂ =1.312tonCO ₂	1.31 CO ₂ ton/年

伐採のためのチェーンソーによる排出	稼働時間に対する排気量	伐倒・枝払いに要するガソリン 0.20L/m ³ 、20年間の伐採量 430,000m ³ 。よって、0.2L/m ³ x 430,000m ³ = 86,000L。 ガソリン排出係数 2.322kgCO ₂ /L。であるので20年間の排出は 86000L x 2.322kgCO ₂ /L = 199,692kgCO ₂ 、 199.692/20年 = 9.98tonCO ₂ /年	9.98 CO ₂ ton/年
木材運送のための車両の排気量	運送のための化石燃料による排出	出材量 1m ³ あたりの山土場から工場までのトラック輸送にかかわるCO ₂ 排出量を試算する。トラック1車あたりの積載量は10m ³ 、1回の搬送距離は平均50km、ディーゼル燃料燃費平均6km/litre、軽油のCO ₂ 排出係数 2.624 CO ₂ kg/literなので、50km/6km/liter x 2.624 ÷ 10m ³ = 2.187kgCO ₂ /m ³ 。5年目から伐採が始まり7年目以降 28~32千m ³ /年の伐採量なので、7年目以降 2.187 x 30,000m ³ /年 = 65.6 CO ₂ ton/年	65.6 CO ₂ ton/年
農業生産増大による燃料・電力利用による排出		プロジェクトの影響による排出との因果関係が明らかでない ので計上しない。	0
排出量合計			119.62 CO ₂ ton/年

4. モニタリング方法論

4.1 計画の名称

「樹木主体のアグロフォレストリー形式を用いた農地の再植林」(仮称)

“Reforestation of crop land using tree-based agroforestry system“

4.2 計測するカーボンプールとその他の GHG

地上部バイオマス、地下部バイオマス、土壌炭素とする。リターと枯死木は地上部バイオマスと比較し非常に小さいので無視する。肥料から放出される一酸化二窒素(N₂O)は、施肥量からGPG (Good Practice Guidance) に示された計算方法に従ってCO₂換算量を計算しデフォルト値として採用する。メタンガス(CH₄)は無視する。

4.3 カーボンプールの計測方法

(1) 地上部バイオマス・地下部バイオマスによるCO₂吸収量

破壊検査により、対象とする樹木の胸高直径と樹高から地上部乾重量、地下部乾重量を推定する。プロジェクト参加者(地域住民・農民)は、自分の土地に植栽されたすべての樹木の直径と樹高を計測し、プロジェクト開発者に報告し、開発者は計測日、土地所有者、DBH、樹高、地上部乾重量(地上部バイオマス量)、地下部

バイオマス量等のデータをコンピュータに入力し保存する。

計測結果が当初予想の成長量より大きい場合、または小さい場合それぞれについて適当な時期に成長予測を見直す。

(2) 土壤炭素

開発者がプロットを設定し、地表下 5～10cm、10～15cm、15～20cm の土壤サンプルを採取しその中の有機炭素量を化学分析(Walkley and Black 法)により計測する。土壤調査は 5 年ごとに行う。

4.4 プロジェクト実施に伴う排出の種類と計測方法

以下の項目について計測を行う。

- (1) 各世帯の車輛・交通機関利用による燃料消費
- (2) 木材収穫時のトラック輸送に伴う燃料消費
- (3) 灌漑用井戸の作動時の燃料
- (4) 農作業に伴う物質、労働力の出入り
- (5) プロジェクト参加者の燃料・電力利用による排出

4.5 モニタリング方法論の長所と短所

本モニタリングの長所と短所として以下のような要件が挙げられる。

4.5.1 長所

- (1) 測定が単純、容易、低コストである。
- (2) 樹木は全木の計測を行うので誤差がない。計測も容易で訓練不要である。
- (3) プロジェクト参加者自身が計測するのでデータへの不満がない。
- (4) 材積の計算、CO₂ 吸収量等は開発者があらかじめ計算方法を確立しているので、プロジェクト参加者に特別訓練する必要がない。
- (5) この計算方法は収穫が始まればいつでも精度が高められ、修正が可能である。
- (6) ルーチンワークでデータをストックすることで、最新のデータベースで進捗管理でき、計測のための予算も節約できる。
- (7) 信頼できる社会経済データ、環境影響をモニターできる。

4.5.2 短所

- (1) 樹木の計測を全木行うが、計測者のスキルが低いと誤差を招く。
- (2) 吸収量の計算には専門家が必要である。
- (3) 様々な行政データが入手しづらい。
- (4) 衛星写真利用は可能だが高価、すぐに入手できない、適当なものがない場合がある。

5. プロジェクトの吸収量

1500haモデルの現実純吸収量は10年目で153千t-CO₂、次の10年間で60千t-CO₂となった。ベースラインは土地利用が変化しないとして0、排出及びリーケージは6年目までは65.6千t-CO₂、7年目以降は175.1千t-CO₂、リスクは5%とした。その結果、純人為的吸収量はプロジェクト通算の吸収量は10年目で144千t-CO₂、次の10年間で56千t-CO₂となった。

一方、500haモデルの現実純吸収量は10年目で51千t-CO₂、20年目では71千t-CO₂となった。ベースライン、排出、リーケージ、リスクは1500haモデルの1/3として計算した結果、純人為的吸収量はプロジェクト通算の吸収量は10年目で48千t-CO₂、20年目では66千t-CO₂となった。

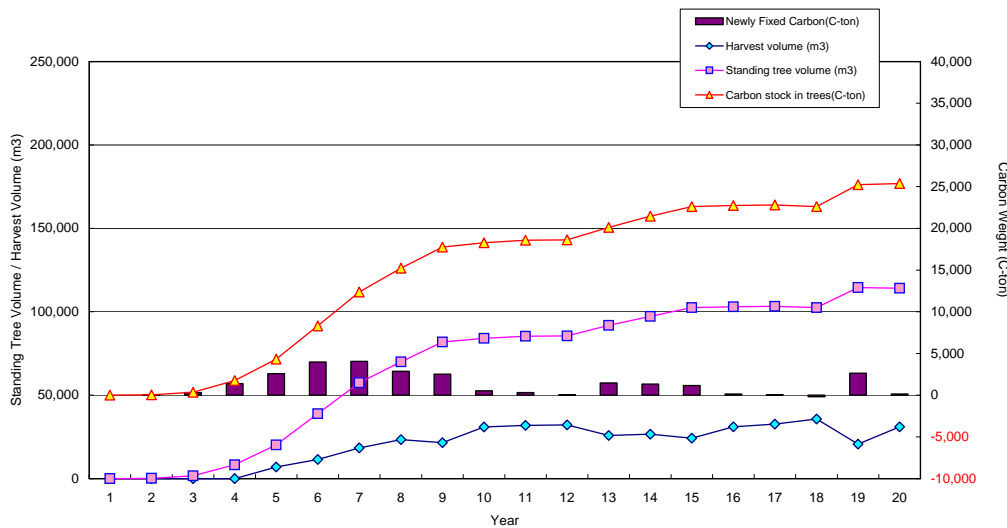


図2 1500ha 通常規模植林の材積量、地上部炭素固定量、収穫量の推移

6. 事業性

本事業性調査では土地代とCERの価格に焦点を当て検討した。土地代の考え方には分収方式と借地方式がある。分収方式は土地所有者と事業開発者の取り分を50:50とした。借地方式は50\$/ha/年、100\$/ha/年、150\$/ha/年の3通りで検討した。CER価格は0~20\$/ton-CO₂とし、それぞれの事業のIRRを求めた。その結果以下の結果が得られた。

- (1) 投資基準をIRR20%とすると、通常規模植林(1500haモデル)では、土地を100US\$/ha以下の条件で賃借し、CERが15あるいは20US\$と高いという条件でのみ投資基準が満たされた。
- (2) 小規模植林(500ha)モデルでは、相対的な事業コストを抑えることができ、通常規模に比べて事業性が高まったが、投資条件をクリアするためには高いCER(15~20US\$)が必要である。
- (3) CER価格は単年度黒字や累損解消までの期間を短縮するのに必要である。とくに土

地を賃借しない場合と賃借料が高い場合に CER の価格がこれらの期間短縮に及ぼす影響は大きい。

表 - 4 1500ha モデルにおける分収条件及び CER 価格の違いと IRR (%)

借地代 (US\$/ha/年)	分収率 (%)	CER 価格 (US\$/ton)				
		0	5	10	15	20
0	50%	0.5	4.1	6.9	9.5	12.1
50	100%	11.9	13.8	15.6	17.6	19.4
100	100%	9	10.9	12.8	14.6	16.5
150	100%	5.8	8	9.9	11.8	13.6

表 - 5 500ha モデルにおける分収条件及び CER 価格の違いと IRR (%)

借地代 (US\$/ha/年)	分収率 (%)	CER 価格 (US\$/ton)				
		0	5	10	15	20
0	50%	6.2	9.2	12.1	15	17.4
50	100%	16.8	18.9	21.1	23.4	25.2
100	100%	13.7	15.7	17.8	19.4	22.1
150	100%	10.6	12.6	14.7	16.7	18.7
200	100%	7.2	9.5	11.5	13.6	15.6

7 . 通常規模植林と小規模植林の比較

事業計画と事業性の比較から、小規模植林の方が有利な点が多いと思われた。主な理由は次の通りである。

- (1) プロジェクト参加者の地域住民の所有する土地は平均 1ha 未満で 1500ha 規模の植林プロジェクトを実施する場合数千人の農民の組織化と管理が必要となる。それらの人たちに CDM の意義とルールを理解させるのは難しい。
- (2) 井戸の管理、盗伐の防止など管理の困難性が、規模が大きくなるほど増す。
- (3) プロジェクト全体のマネージメント及び現場の管理を行うためのコストや装備が少なくて済む。
- (4) 伐採量が比較的小さいため、需要先の確保や市場価格の下落のリスクが小さくて済む。

8 . CDM 植林推進上の要点

A/R CDM 事業を検討する上で影響の大きいと思われる要点を下記に示す。

(1) 第 約束期間以降の諸制度

CER の有効期間に影響を与える第 約束期間の長さなど、重要な多くの課題が残されている。COP11 を注視する必要がある。

(2) クレジット補填問題

プロジェクト終了時の補填の問題はプロジェクト開発者、クレジット購入者、事業投資者にとって非常に重い。とくに補填責任者が明らかでないこと、クレジット価格に大きな影響を与える。ほとんどの投資家は A/R CDM の投資には逡巡するであろう。

(3) 検証・認証コスト

検証・認証コストが高く、植林のイニシャルコストをさらに押し上げる。収益が出るまでに時間を要し、収益規模も小さい植林事業にとって負担はきわめて厳しい。何らかの補助が必要である。

(4) 地域住民とりまとめに当たっての課題

地域住民参加型事業にとって、要となる地域住民を束ねるリーダーの選定と組織化が最も重要な点である。地位のある人で人格的にも優れた人を選し、さらに次代のリーダーも養成する必要がある。組織化のために、情報の共有、参加者への植林啓蒙、農作物の集団集配、小規模製材業、運輸業自立のための資金援助等を取り入れることも検討に値する。

以上