

平成 16 年度 CDM/JI 事業調査

ベトナム南部における木質バイオマス発電事業化 および同事業への燃料安定供給のための エネルギー造林計画策定のための調査

報告書概要

平成 17 年 3 月
株式会社 双日総合研究所

第 1 章 調査概要

ベトナム南部メコン・デルタ地域に位置するロンアン(Long An)省は一人あたり GDP が 340 米ドル程度の貧しい省であり、その一因は省面積 45 万 ha のうち 25 万 ha が酸性硫酸塩土壌であることから、農業生産ができないことにある。同土壌の有効利用策として酸性土壌においても生育が可能な在来樹種であるメラルーカ (*Melaleuca sp.*) の植林が政府より推奨され、すでに省内で 64 千 ha に対し植林が実施されたが、期待されていた間伐材、成熟木に対する杭材、建材としての需要が乏しく、植林区画を貸与されている地域住民は植林に対する積極的な意欲を失いかけている。

本調査は同地にてメラルーカを発電燃料として使用することで、メラルーカの安定的な出口を設け、未だ未電化地域の残る同省への電力供給を行うことで、地域の持続可能な発展に貢献し、尚且つ、バイオマス燃料による発電と既存植林地域の保全という気候変動に対する 2 つのメリットを持つ小規模発電 CDM 事業の事業可能性を確認するものである。

プロジェクトは当初、既存植林木を使用するが、発電事業からの燃料代の対価を伐採地への再植林と、新規裸地への植林に使用することで森林整備に寄与し、火災防除の一助とし、また、安定的な燃料供給の観点から、エネルギー・プランテーションの計画まで踏込むことが必要となる。

カウンターパートである人民委員会と当研究所の基本原則は「地域住民を第一に考える事業であること」でありプロジェクトは CDM 事業の基本要件である持続可能な発展に資するものである。

1.1 調査体制

日本側は発電技術面に関し月島機械株式会社に、また植林技術面に関しては王子製紙株式会社の協力を仰ぎ、更に吸収源 CDM 事業のベースライン、モニタリング手法の検討にあたっては株式会社三菱総合研究所の衛星画像処理技術を使用した。

現地側はロンアン省人民委員会をカウンターパートとし、人民委員会の指示の下、ロンアン省農業地方開発局 (以下「DARD」という) および農業地方開発省傘下のベトナム森林科学研究所南部支所等と協力し調査を行った。

第 2 章 調査地域の一般概要

2.1 省政府組織・体制

ロンアン省の人民委員会は、委員長 1 名、副委員長 3 名と 9~11 人の委員から組織されており、その業務を補佐するための専門局が 19 存在する。専門機関は人民委員会のほか、上位レベルの専門機関による指導を受ける。省レベルの人民委員会の下には市・県レベルの人民委員会、その下には町区村レベルの人民委員会が存在する。

2.2 経済

ロンアン省における 2002 年の GDP は 7 兆 2932 億 1300 万ドン、約 4 億 6750 万米ドルであり、住民一人当たりの GDP は約 338.5 米ドルで、ベトナム国民一人当たりの GDP (2002 年 IMF 資料) 388 米ドルと比較すると、まだ低い水準である。

2.3 自然環境

(1) 位置、地勢

ロンアン省はホーチミンから南部メコン・デルタ地域への玄関口として、発達した交通システムを有している。ロンアン省において陸路と同様に重要な役割を果たすのが、水路を利用した交易や運送である。省内には網の目状の運河網が整備されている。

(2) 気候

熱帯性モンスーン気候 (Aw) に属し、一年を通して高温多湿で、年間を通し平均気温が 25 度を下回る月は少ない。降水量は 5 月から 10 月の雨期と 11 月から 4 月の乾期で大きく異なり、年間降雨量は 1,200mm の 90%以上が雨季に記録される。

第 3 章 事業の内容

3.1 木質バイオマス発電

3.1.1 国家電力整備計画

2001 年 6 月に承認された「2020 年の見通しも考慮した 2001-2010 年の電力開発計画」は EVN 試算では 13MW 規模の発電能力増大、220 兆ベトナムドン(150 億米ドル)の資金を必要とする巨大な計画であり、現在 2002-2005 年では年 800-1,000MW の増強を、2006-2010 年には年 1,300-1,500MW の増強を考えている。

ロンアン省においても電力の需要は急速に増加している。2002 年の需要量は 4 億 3200 万 kWh であり、2004 年の需要量は 5 億 6000 万 kWh と予測していたが、予測を遥かに上回る需要から 7 億 kWh に上方修正された。

省内の電化率に関しては、村落単位では 100% (1 市 13 県、188 村) を誇っているが、村内の遠隔地など電力網が行き渡っていない地域も残されている。Thanh Hoa 県でみると、11 村の 12,000 世帯の内約 40%は未電化の状態である。

3.1.2 採用する技術仕様

本プロジェクトにおいては木質バイオマス発電方法としてガス化発電技術を採用する。

設備は年間 330 日 24 時間稼動する。乾燥重量で 1 日あたり 88Ton の木質バイオマスにおいて 5.5MW の発電が可能となる。木質バイオマス分析の結果、乾燥前の木質バイオマスの含水率は 58.7wt%、真比重は 0.85g/cm³であったことから、5.5MW の発電量を得るには 1 日あたり 251m³の乾燥前木質バイオマスが必要となる。

乾燥機へは 8,542kg/時のチップを供給する。ガス化炉へは 3,920kg/時の乾燥チップと 5,140Nm³/時のガス化用空気を供給する。ガス化用空気は熱分解ガスの熱を利用してあらかじめ 400 に予熱した後にガス化炉に供給する。ガス化炉では 700 で乾燥チップをガス化し、10,164Nm³/時の熱分解ガスを得る。熱分解ガスを 250 まで冷却した後、オイルスクラバーで熱分解ガス中のタールを除去し、同時に熱分解ガスを 55 まで冷却する。冷却後の熱分解ガスは、熱分解ガス着火安定用パイロットオイル 19kg/時とともにガスエンジンに投入する。ガスエンジンでは 15.98MW の熱分解ガスと 0.24MW のパイロットオイルを燃焼し、5.5MW の電力を得る。

3.2 エネルギー造林

化石燃料等に比較し絶対的な熱量が小さく、広く浅くに存在し、嵩密度が低いことより集荷コストが高いことから大規模なエネルギー造林の実例は世界的にみて少ないが、先進国にて

のエネルギー造林の成立のためには次の条件が満たされることが必要であると考察する。

1次バイオマス・エネルギー製造者（主に林業従事者）に対するパルプ原料、製材原料との販売価格の差を埋める助成金の供与

バイオマス・エネルギー使用者（主に熱・電供給会社）に対する化石燃料を使用の場合と比較した際に上昇するコストに対する助成金もしくは税制優遇

また、効率の上昇、コストの削減のためには

慎重な土地の選択

人件費の上昇を抑えるための効率的な植栽システムおよび伐採方法

短期間にバイオマスを増加させる樹種、植栽密度を含む植栽方法の選択

が求められる。上記をベトナムで検討すると；

販売価格差を埋める助成金は現状存在しない。

バイオマス・エネルギー使用者に対する助成金は現状存在しない

可能。ただし酸性土壌のため他の農作物の栽培が望めない土地であること。

植栽においては FSSIV, JICA による研究成果が存在。伐採方法に関しては皆伐・再植林もしくは1回だけであるが伐採・萌芽再生の形が一般的である。

酸性硫酸塩土壌においてはメラルーカがあてはまる。

ただしベトナムの場合は助成金は存在しないが先進国で案件のネックとなる人件費が安価であるという大きな優位点があることを理解しておく必要がある。

3.2.1 ロンアン省の森林概況

元来、メコン・デルタはマングローブが沿岸部湿地帯に、湿生植物群落が内陸部湿地帯に分布していたが、ベトナム戦争中の爆撃や枯葉剤散布による被災、食料増産のための農地化やエビ養殖等によりメラルーカ林やマングローブ林の大部分が消失した。さらに、雨期の深い冠水と強い酸性土壌のため農林業への利用が難しくなった。ベトナム政府は、1990年代半ばより、同地域の洪水緩和と酸性土壌の改善を目的に灌漑路の整備を進め、加えて雇用創出と定住化を目的とした酸性土壌に耐性のあるメラルーカの植林と土地改良による稲作の普及を進めてきた。

土地利用は 2003 年度時点で約 72%が農地に利用されており、殆どが水田である。また、年度毎の面積推移を比較すると、農地面積は約 32 万 ha で推移し、大きな変化はない。

一方、農地に次いで約 13%が人工林である。2000 年から 2001 年にかけて、人工林の面積が約 2 万 ha 増加し、逆に未利用地が約 2 万 ha 減少した。人工林増加の要因は、メラルーカの主要な用途である杭材の需要が増加したため、未利用地の人工林への転換が進められた結果と思われる。

3.2.2 植林実施体制

メラルーカの植林自体は農家が家族単位で行う。ロンアン省では農家の平均農地取得面積は約 1~5ha と小規模所有者が多く、農地に適さない土地にメラルーカを植林している。苗木はポット苗を業者から購入するが、地植え・植林・撫育迄は農民が家族単位で行っている。尚、伐採・集材等は卸売業者が直接立木で購入する。

3.2.3 コスト分析

(1) 植林による収支

農民の造林コストは、植栽 1 年目は土盛りが必要であり、植栽費用は約 380-640 米ドル/ha かかるが 2 年目以降は比較的小額の支出で済む。伐採から運河沿いの一次集積所への輸送の総コストは約 200-300 米ドル/ha 程度必要となるが、実際には農民が引取り業者に対し地区画あたりのメラルーカをバルク契約の下伐採権・樹木利用権を販売する形が多い。

収入は、植栽 3 年目以降間伐木の薪販売収入が得られ、7 年目の木杭材販売と併せて、ha あたり約 4,000 米ドル程度の収入が得られる。

(2) 一次集荷場所からの輸送コスト

ロンアン省内の水運会社による Thanh Hoa (発電所予定地) までの輸送量は距離に応じて、1.27 - 2.23 米ドル/FT である。

(3) メラルーカ販売単価

今回の調査においてメラルーカの杭材としての価格に関し聞き取りを行った。

グレード	長さ (m)	直径 (cm)	本数/ha	価格 (ベトナムドン)	価格 (米ドル)
号	4.5	6-10	1,000 - 2,000	12,000 - 15,000	0.8 - 0.95
中	4.5	3-5	4,000 - 5,000	6,000 - 9,000	0.38 - 0.57
低	4.5	2-3	1,000 - 2,000	0 - 2,000	0 - 0.13

(4) 発電燃料としてのコスト推測

中グレード品を集荷することを考えると 33,750,000 ベトナムドン(2,150 米ドル)/ha。

低グレード品を集荷することを考えると、1,500,000 ベトナムドン (96 米ドル)/ha。

いずれにしても価格のついていないメラルーカは燃料として使うには経済性がない。

現状、初期植栽 20,000 本のうち半分の個体にしか価格がついていない。したがって 3,000 米ドル程度で 1ha のバイオマスを購入し、皆伐し良質なものは近隣の農民・企業に同体積の品質が落ちるものとの有償で交換に応じる形が一つ考えられる。

現在価格のついていない木質に対し 5,000 ベトナムドンにて A, B グレードとの等量交換を 5,000 本に行うと約 1,600 ドル/ha の収入となる。

その場合のコストはバイオマスの蓄積が 150m³ であることから輸送費を加え、3,300 米ドル/ha のコストから 1,600 米ドルを減じ 1,700 米ドル/ha となり、体積あたりのコストは 11.3 米ドルとなる。また皆伐時に有価バイオマスを販売すれば論理上余分に係る物流コストのみが費用として発生することになりきわめて効率が高い。

3.2.8 生物多様性に関する考察

A/R CDM に関する COP9 の決定では、ホスト国が自国の法律に基づき、潜在的侵入性外来樹種および遺伝子組替樹種の導入の危険性を評価することとしている。

ベトナムにおいても生物多様性の重要性は認識されており、政府が推進する 5 百万 ha の造林計画の目的の一つに生物多様性の保持、回復がある。

今回の植林樹種として考えるのはメラルーカであるが、*cajupti* は在来種であり問題は少ないと考えられる。また *leucadendron* は豪州原産であるが国家として酸性土壌地域での生育が可能な樹種として導入したものであり、潜在的侵入性外来樹種とは考えられていない。

国際的にみたととき IUCN (The World Conservation Union) の世界の外来侵入種ワースト 100 の中には *M. quinquenervia* が含まれている。種が今回の対象樹種とは異なるが同属であることより、同リスト冒頭にある「たくさんの事例をあげるため、一属一種だけを選択した」との文言から判断すれば *leucadendron* を植林樹種とする場合は政府見解を念のため取得しておく必要があると考える。

生物多様性は遺伝子、種、生態系 (エコ・システム) 景観の 4 つの概念から構成される概念と言われるが、開発と保全の意見対立すなわち「本来の自然が失われているのだから自然に対する配慮は必要ない」という開発側の考えの危険性や、ヒトの手の加わっていない自然にのみ価値を認める伝統的な自然保護の視点から逆に生物多様性が低下した例もあり、結論を導くための汎用性が高く、低費用にて可能な方法論・論理ツールの開発が待たれる。

3.3 CDM 事業

3.3.1 ベトナム国内動向

ベトナムは、1994 年 11 月に UNFCCC を批准、京都議定書は 1998 年 12 月に署名、2002 年 9 月に批准し、CDM 実施の国家体制作りを積極的に進めてきている。

2003 年 3 月、ベトナムの DNA は天然資源省 (Ministry of National Resource and Environment : MONRE) と設定され、現在までに UNFCCC 事務局に登録済みである。

(1) NSS

ベトナムの「CDM 国家戦略策定支援調査」(NSS : National Strategy Study on CDM)は 世銀を通じたオーストラリア政府の支援によりベトナム側カウンターパートである科学技術環境省(当時)気象水文総局により 2002 年末に作成された。NSS は CDM の理論、実施、現状、GHG 削減ポテンシャルとその費用、GHG 排出削減マーケットの見込み、CDM に対する国家レベルでの必要事項、ベトナム国での CDM プロジェクトの全 5 章からなる。NSS によれば 1994 年のベトナム国の GHG 排出量は、CO2 換算値で、エネルギーセクターから 25.6Mt、産業から 3.8Mt、農業から 52.4Mt、森林と土地利用変化から 19.4Mt、廃棄物から 2.6Mt の計 103.8Mt であった。2020 年での主要セクターからの排出量の予測値はエネルギーセクターから 232.29Mt、農業から 64.70Mt、森林と土地利用変化から-28.40Mt としている。

(2) 国内承認体制・手続き

ベトナム国における CDM の承認プロセスは次のようになっている。

事業者は作成した PDD に国内関係機関からのオフィシャルドキュメントを添えて CNA (CDM National Authority) に提出。

PDD 受領後、CNA からの要請を受けて国家 CDM 理事会 (CNCEB) が年 2 回、4 月と 9 月に開催され、そのミーティングにおいて PDD の評価が行われる。

尚、CDM の国家承認基準には、必要要求項目と優先的項目がある。必要要求項目は持続性、追加性、実現可能性の 3 つで、優先的項目は、持続的発展の相互性と商業的実効性を挙げている。

CNCEB の評価に基づき、CNA が PDD とそれに対するコメントを MONRE に提出して、規定の承認手続きを要請する。

MONRE が CDM 理事会 (EB) に対して承認レターを発行し、国内登録手続きを遂行する。

(3) Capacity Building

ベトナムにおける “CDM Capacity Development” プロジェクトは、2002 年 9 月より、国内 CDM 活動と投資の調整を図る中心機関として指定された国家気候変動オゾン保護局 (NOCCOP) によって開始され、2002 年のプロジェクト準備期間と、2003~2005 年のプロジェクト実施期間の二段階で進められている。

第 4 章 事業立案

4.1 発電事業

バイオマス発電の立地条件として下記 3 点が挙げられる。

化石燃料と比較し輸送効率の劣後する木質系バイオマスを使用することから、工場の立地は低コストにて安定的に木質が収集可能であることが第一の条件となる。発生電力はグリッドへ連繫することから、接続可能なグリッドが近隣に存在することが必要である。

排ガスはチップの乾燥に使用されるが、余剰分は大気放出することとなるが、近隣に熱需要が存在することが望ましい。

同立地条件の理解の下、ロンアン省より提示があった、Thanh Hoa 県 Thuan Nghia Hoa 地域への発電所設立を考える。同地区は現在工業地域としての 250ha を造成中であり、運河に面し、グリッドへの接続も可能、また将来的に同地区に誘致される予定の製紙工場へは熱供給の可能性を持つ。

(1) 組織

本設備の管理者として施設所長及び施設副所長を配置する。設備運転員は 4 班 3 交代制とし、各班 4 人体制とする。設備運転員とは別に木質バイオマス受入・前処理員を 4 班 3 交代制、各班 5 人体制とする。全体として設備の運転には上記の 38 人が必要となる。

(2) 労働力

ロンアン省での本設備の労働力の量的な確保は問題なく行うことが可能と思われる。ただし所内に乾燥設備作業主任者、エネルギー管理士（熱）、危険物取扱者、防火管理者、電気主任技術者の資格所有者が必要であり、発電所の運転開始までに養成する必要も考慮する必要がある。

(3) 燃料調達

必要とされる木質は1日約250m³であることから、年間稼働330日で約83,000m³の木質の調達を行う必要がある。

7年生の *M. cajuputi* の ha あたりの蓄積は150m³であり、年間約550haの植林地の林材を使用することとなる。7年の輪作とすれば3,850haの植林区の（契約による）確保がなされれば、同事業は安定的な燃料調達が可能となる。

しかし実際には7年目の大径のものは杭材としての価値があり、地域住民から見た場合の経済的見地から、他用途での経済価値の高いものは発電燃料として使用せず、商品価値の低い小径のものを、間伐材を含め、約5 - 10倍規模の地域から収集するシステムを考える必要がある。いずれにせよ、現状の植林面積から考えれば、量的には十分調達可能と考える。また、コストのうち輸送費に関しては、水運会社との年間契約等により、コストの低減を考える。

(4) 発電所運営、技術

発電所運営方法は系統連系運転とし、ガスエンジンで発生した電力を系統側の電圧・周波数と同期させて送電（売電）する。

設備立ち上げ時、ガスエンジンを起動させるまでは系統電力を受電（買電）して立ち上げる。ガスエンジン起動後も、発電量が所内消費電力量に達するまでは系統側から受電（買電）し不足電力を補う。所内消費電力をガスエンジンで発電した電力が上回ると、余剰電力を系統側に送電（売電）する。通常運転時、ガスエンジンによって発電された5.5MWのうち0.5MWは所内で消費し、残りの5.0MWを送電（売電）するものとする。

発電設備の制御方法は発電電力一定制御とする。つまり、本設備の定格運転時、ガスエンジンでの発電量を一定とし余剰電力を送電（売電）するが、その際、所内電力消費量の変動にともなって送電（売電）量が変動する。しかし常にガスエンジンの発電効率の最も良い運転が出来る為、発電効率は良好であり、また送電量に関わらず一定の制御を行うので制御が簡易となる。

落雷等により系統側の受電設備に問題が起こり、本設備からの送電が出来なくなった場合は、本設備内での単独運転となり所内消費電力のみをまかなうものとする。

(1) 造林事業化

本事業では、伐採地以外の未利用地に対して植林を進めることにより、吸収源 CDM 事業（再植林）を実施する。

(2) 造林対象地域

同地域の森林地域の分布の変化を確認するために、1989年取得のLandsat/TMデータ、2000年取得のLandsat/ETM+データおよび2002年取得のASTERデータを用いた解析を、同省Tan Thanh地域を対象として実施した結果から、本事業における造林事業は、西部地域のメラルーカ植林地の伐採後の再植林とあわせ、周辺の未利用地に対する植林を行うことにより実施することとする。なお、同地域の森林面積は1989年時点で約1,382haであったのに対し、2002年には7,484haに達している。

(3) 実施体制

吸収源 CDM の対象となる、造林地域（再植林）は衛星画像において省の約25%を占めるShrubに区分された地域となる。同地域のうち、冠水の度合いの比較的小さい地域を選択し、発電事業体からの植林コストのうちの一部への助成を対象区画のtenureを得る農民に対し与える形を考える。植林の実施はロンアン省にて実際に行なわれている方法を踏襲し、盛り土のコストが大きく植栽実施が不可能な地域（投資バリアの存在する）地域とする。植林活動は県人民委員会よりtenureを分配された農民が植林を実施する。

7年間で伐採することから、バイオマスの量の変動を抑えるために、同面積を7年間にわたり、

植栽していくこととなる（例：50ha × 7年。この350haでは常に75m³/haの地上部のバイオマス蓄積があることになる）。

4.4 CDM 事業化

4.4.1 排出源 CDM 事業（バイオマス発電）

(1) ベースライン

本調査の対象であるバイオマス発電事業は小規模CDM事業の上限である15MWe以下である5MWeの電力を発生するものであり、簡素化された様式および手続きが可能な小規模CDM事業の対象となり¹、appendix B（Version 04）に基き、対象事業は「タイプI.D. グリッドへの電力供給のための再生可能エネルギーによる発電事業」となる。

プロジェクトバウンダリーは、再生可能発電源の物理的、地理的な位置とされており、本プロジェクトでは発電所内で行われる活動によるGHGの排出が含まれる。ただし例外として、オフサイトでの運搬によるGHG排出も本プロジェクト活動による排出に含む。

追加性に関しては、本プロジェクトは投資バリアの存在から追加性が確認される。ベトナム国のエネルギー事情から考えるとメラルーカ発電の経済性はガス火力や石炭火力発電と比較して劣り、本事業が行われない場合は化石燃料由来の電力が使用される可能性が高い。

(2) プロジェクト実施期間、クレジット発生期間

更新可能な7年間を選択する。

(3) モニタリング

対象事業は化石燃料との混焼ではないがガス化炉の立ち上げ時やガスエンジンでの助燃剤として少量の軽油が使用されるため、発電総量に対してのバイオマス投入量と化石燃料投入量の計測値が出され、そのデータから排出削減量の計算がなされる。実際の発電量はグリッド側の電流系にて計測される。

(4) GHG 計算

本プロジェクトによるGHG削減量は、ベースライン排出量からプロジェクト活動による排出量を差し引いたものとなり、ベースラインシナリオでの排出係数は、operating margin と build margin の平均 を下記データに基づき決定した。

Operating margin（OM）

直近3年間（2000, 2001, 2002年）での最低値、すなわち 0.9159 kgCO₂/kWh とした。

Build Margin（BM）

直近に建設された5基の発電設備の排出係数から 0.7891 kgCO₂/kWh とした。

OMとBMの平均は 0.8525 kgCO₂/kWh となり、この数値を排出係数として使用する。上記計数を使用すればベースラインの年間GHG排出量は
5,000(kWh) × 24時間 × 330日 × 0.8525kgCO₂/kWh = 33,759,000kg/年となる。

一方、本プロジェクトでは、ガス化炉の立ち上げ時やガスエンジンでの助燃剤として少量の軽油が使用されるため、それによるGHG排出量を計算する必要がある。

ガスエンジンでの軽油使用によるGHG排出量

CF diesel × D diesel * × (I engine × H × D)から538,408kg/年と計算される。

ガス化炉の立ち上げ時に使用する軽油によるCO₂排出量

CF diesel × D diesel * × (I gasifier × F gasifier)から導かれ4,813kg/年と計算される。

したが、本プロジェクトによるGHG削減量は、ベースライン排出量から本プロジェクト活動による排出量を差し引いたものになる。それゆえ、年間のGHG削減量は
33,759,000 - (538,408 + 4,813) = 33,215,779kg 33,216ton となり、クレジット期間7年間での総削減量は 33,216ton × 7 = 232,512ton CO₂となる。

(5) 環境影響

ベトナムでは新規の開発プロジェクトや投資プロジェクトの実施にあたっては、基本的に環

¹ UNFCCC

境影響評価に関する手続きが義務づけられている。本プロジェクトは、ベトナム政府が奨励する外国投資のプロジェクトであり、また工業団地内に建設されることから、手続きを簡易化する環境影響評価の緩和規定が適用され、投資ライセンスの申請と同時に簡易な環境基準保証登録を環境行政機関に提出し、審査を受けることで環境影響評価に関する手続きが終了するとなっている。本設備の排出はベトナム環境法基準を満たしており、環境への悪影響は軽微であると判断する。

(6) ステークホルダーのコメント

本プロジェクトは、工業団地内に建設されることとなっている。工業団地の建設に関しては、ロンアン省人民委員会によって住民理解が得られており、地域住民は工業団地の建設を歓迎している。

4.4.2 吸収源 CDM 事業（新規造林）

(1) A/R CDM 参加要件（適格性）

今回植林対象とする地域は、現時点での裸地（未利用地）を対象とするが、以前は森林であった地域であり再植林に該当する。なお、植林対象地域の 1989 年 12 月 31 日時点での土地被覆・利用状況を示すデータを確認はできなかったが、ほぼ同時期（1989 年 1 月）の衛星データ(Landsat/TM)にての確認により本吸収源 CDM 事業はこの要件を満たすと考えられる。また、本吸収源 CDM 事業で行う植林行為の結果が「森林」の定義にあてはまるべきものとするには FCCC/SBSTA/2003/L/27 の参加要件を満たす必要があり、ベトナム DNA から EB に対し森林の定義のレポートは未だ為されていないが、植林対象樹種である Melaleuca は樹冠率、樹高ともに傘下要件を満たしている。

(2) ベースライン

現在のところ吸収源 CDM の方法論に関し CDM-EB にて承認された方法は存在していないため、手法は今回のために策定する必要がある。

今回は 1 年生草本のみが生育する裸地のバイオマス量の計測は実施しなかったが、ベースラインは裸地(未利用地)であることとし、バイオマス蓄積量はきわめて 0 に近いと思われる。一方、追加性に関しては CDM-AR-PDD Version 01 では下記の記載が求められている。もし CDM という仕組が存在しない場合は、バイオマス発電事業は投資バリアにより実施される可能性はほぼない。同事業にて木質の消費が為されることにより既存森林は（AR CDM の対象とはならない）持続可能となる。

未利用地に対する植林は発電事業にとっては、既存の森林が存在するため、必要なものではないが、比較的温暖化ガス削減量の少ない発電事業と造林事業をパッケージとすることにより、投資額へのクレジット移転収益の割合を高い率で織り込むことが可能となる。

上記より、この事業が存在しない場合、裸地は裸地のまま未利用地として放置されていく可能性がきわめて高いと思われる。

(3) プロジェクト実施期間、クレジット発生期間

Fixed Crediting Period 30 年を採用する。

(4) 非持続性への対応

2003 年の COP9 決定により、吸収源 CDM は非持続性への対策として tCER（Temporary CER）と ICER（Long-term CER）の二種類のクレジットからの選択を行うこととなった。本事業では ICER を採用する。

(5) モニタリング

モニタリングは現地調査と衛星画像を組み合わせることにより行うこととする。特に、バイオマス量計測については、サンプル地域においては生長量を実測し、実測データに基づき衛星画像を処理する手法を採用する。

(6) GHG 計算

上記モニタリングにより計測されたバイオマス量に IPCC GPG の拡大計数デフォルト値を適用し、地上部と地下部の合計バイオマス量を算出し、さらに化学分析の結果から明らかとなった炭素割合から二酸化炭素吸収量を計算する。

(7) 環境影響

CDM 事業（再植林）を行う植林地が明確となった後、生物多様性、エコシステム、バウンダリー外への影響も含む環境影響を分析する。否定的な影響が予見される場合にはベトナムの法制に則ったアセスメント実施する。

(8) ステークホルダーのコメント

CDM 事業（再植林）を行う植林地が明確となった後、ステークホルダーからのコメントを収集する。

(9) 社会経済的影響

コミュニティ、先住民族、土地使用权、現地雇用、食糧生産、文化・宗教、薪炭の調達や他の木材利用に関する影響をバウンダリー外も含め分析し、否定的な影響が考えられる場合にはホスト国政府が自国の基準に則り評価を行う必要がある。ベトナムにおいての評価基準は現状存在せず、既存の法律、政令等からの判断を下すことが予想される

4.5 資金計画

初期投資金額に関し、30%を資本金、70%を借入金として検討する。

30%のうちロンアン省側が土地、建屋および現地調達品の現物出資で約 1/3 を拠出し、日本側が 2/3 を拠出する。

日本側は双日総研が小額出資とし、排出権取得に興味のある企業とともに資金拠出を行う。融資は金額的に小額ではあるが、売電契約（20 年超）を担保とする non-recourse、もしくは limited recourse のプロジェクト・ファイナンスを志向し、JBIC 資金の可能性を探る。

4.6 事業リスク

(1) コスト・オーバーラン

設備納入者は、工期およびコストに責任を持ち、完成保証を事業会社に差入れる。

(2) 設備能力

設備納入者は設備能力の保証を行う。

(3) 燃料調達リスク

長期契約を行う際には、農民一人一人との契約を行うことは、現実的ではない。間に人民委員会設立による、木質購入会社を設立し、発電事業者の発電計画に合致した購買スケジュールを策定し、県人民委員会との連繋の下、長期契約、スポット購入の量を決定していく。燃料輸送は特定の民間企業の船舶（舢舨）を必要数年間雇用し、コストを低減する。売電リスク
売電契約は融資者にとり担保（security）として認められるものを締結する必要があり、この契約の発効が事業開始の始点となる。（売電契約を締結するためには詳細設計が必要）

(5) 排出枠移転リスク

すでにベトナムでは国家承認事例もあり本プロジェクトが稼動する時点においては十分な知見が蓄積されており、大きな問題はないと考えられる。

(6) 操業リスク

設備運転に関しては初期に指導員を派遣し、教育を行い、要所の人間は発電所の運転経験のある人間を雇用し、リスクの軽減に努める必要がある。

第 5 章 事業の効果と評価

5.1 事業採算性評価

(1) これまで収集したデータをもとに、メラルーカを燃料とする発電所の採算性を 20 年間で内部収益率にて分析する。

前提条件での内部収益率

-5.05%

売電価格を変数とした場合の内部収益率の変化

	4 円	4.5 円	5 円	6 円	7 円	8 円
--	-----	-------	-----	-----	-----	-----

IRR	-7.22	-5.05	-3.12	0.21	1.43	4.12
燃料購入価格（メラルーカ）を変数とした場合の内部収益率の変化						
	2,000 円	1,500 円	1,000 円	500 円	0 円	
IRR	-	-17.07	-5.05	-9.76	-1.36	
排出権価格を変数とした場合の内部収益率の変化						
	0 円	500 円	1,000 円	1,500 円	2,000 円	
IRR	-6.85	-5.05	-3.41	-1.91	-0.53	
設備助成割合を変数とした場合の内部収益率の変化						
	0%	33%	50%	66%	100%	
IRR	-5.05	-0.55	2.99	8.02	50.39	

(2) 考察

本調査での聞き取り内容での楽観的な要素を除き採算性をはじいた場合、内部収益率は-5.05%と投資対象とならない数字となるが、様々な変動要素を動かしていくと、この案件の可能性が見える。例えば、売電価格が日本での RPS 施行当時の価格となれば（9-11 円）それだけで事業は魅力のあるものと変わる。しかし、現実を考えれば、売電価格が 10 円になるということも考え難く、やはり一つ一つの要素で少しずつプラス要素を加えて行くことで、CDM 事業として魅力あるものとするやり方にこそ、可能性は存在する。今後の課題としては収益性の一つ一つの要素をより精査し、さらに上記の企業採算性価値にはない投資家の環境広報効果という点から投資額を上昇するという点が挙げられ、バイオマス発電案件として、燃料が集積しており、水運による物流コストが低いという他にはない利点を持つ本件を当社は引き続き推進していく。

5.2 社会経済への影響

プロジェクトが地域社会に与える影響を考察するため、地元住民に対し土地利用、社会経済的動態の聞き取り調査をメラルーカ植林が盛んな Thanh Hoa 県と Tan Hung 県の 2ヶ所にて実施した。調査は事前に質問表を作成し、ベトナム語に翻訳し、質問形式で行った。

5.3 環境への影響

(1) 環境影響評価制度

ベトナムでは新規開発プロジェクトや海外からの投資プロジェクトの実施に際しては、環境影響評価報告書の提出が不可欠となる。

環境影響評価の具体的な手続きに関しては、1994 年施行環境保護法実施のための布告に規定され、環境影響が必要となる事業の分野、環境影響評価報告書の記載事項、審査の手順、審査機関などが示されている。同規定により 5.5MW の発電プラントである本プロジェクトの環境影響評価は、ロンアン省の DONRE が実施にあたる。

(2) 環境関連法規

1995 年には、望ましい環境レベルを示す環境基準や具体的な産業公害規制に使われる排出基準について、ベトナム基準（TCVN）が規定された。TCVN に示された排出基準に基づいて環境規制が実施されるとともに、環境影響評価の際の目安ともなっている。

(3) 環境的影響に関する聞き取り調査

本調査においては、プロジェクトが地域環境に与える影響について関係機関に聞き取り調査を行った。

聞き取り調査の実施に当っては、国際協力銀行が定めた環境ガイドラインと環境チェックリストを参考に、自然環境・社会環境に関する質問表を事前に作成した。この質問表を元に、現地カウンターパートであるロンアン省人民委員会の農業地方開発局（DARD）と工業局（DOI）に対し、聞き取り調査を行った。