

# 平成 21 年度 CDM/JI 実現可能性調査 報告書 概要版

## 調査名

中国・雲南省における農家へのバイオガスダイジェスター導入プログラム CDM 事業調査

## 団体名

イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社

## 調査実施体制

- ・イー・アンド・イーソリューションズ(EES)：本件調査受託コンサルタント
- ・雲南省農業局：現地側協力組織であり、農家の養豚実態に係る情報等の提供を行う
- ・雲南太陽谷省エネ産業発展有限公司：現地カウンターパート、本件プロジェクトのプログラム CDM 化における調整管理主体（CME：Coordinating/managing entity）候補会社。現地における調査補助、農家との調整、技術面を含めた情報提供を行う。
- ・日本テピア株式会社：プロジェクトにおけるクレジット購入 / 日本国移転実施予定会社

## 1. プロジェクトの概要

本プロジェクトは、雲南省の小規模な養豚農家における畜産廃棄物（糞尿）から発生して、大気放散されているメタンガスを回収し、調理等の民生目的に使用することで、メタンによる温暖化の防止と石炭を中心とする化石燃料の削減を行い、温室効果ガスの削減を図るものである。

現在、小規模養豚農家農村部では、畜産廃棄物は素堀りの池に貯留され、廃棄物はメタン発酵している。これらの貯留場所からの浸出水 / 排水は十分な汚染低減がなされないまま、放流されあるいは流出し、水域汚染につながっている。また、農家家庭の主なエネルギー源としては石炭等による煮炊きが行われているが、これによる CO<sub>2</sub> 排出のみならず、CO や SO<sub>x</sub> の発生による環境影響、健康影響についても懸念されている。本プロジェクトにより、これらの問題が複合的に解決される。

中国政府および雲南省はこれまで、農家へのバイオガスダイジェスター導入を支援し、導入に当たっては 2/3 の費用補助を行ってきたが、農家側所得に対して導入に伴う費用負担は依然大きく、特に省内農家において割合の高い低所得層への普及が大きな課題となっている。また、小規模分散するダイジェスターの維持管理に伴う費用および技術面の問題もある。

これらの問題・課題に対し、本プロジェクトをプログラム CDM とし、CER 収益をダイジェスターの普及 / 維持管理補助に活用することで問題の解決を図る。本プロジェクトに係るカウンターパート機関は雲南省農業局農村能源弁公室であり、同室の協力会社である雲南太陽谷省エネ産業発展有限公司がプログラム活動（PoA: Programme of Activity）の調整管理組織（CME: Coordinator and Managemnt Entity）として想定されている。個々の CDM プログラム活動（CPA: CDM Programme Activity）については、県、県レベル市若しくは区の農村能源弁公室が事業者（PPs: Project Participants）となる計画である。

プロジェクトによる各戸農家の期待削減量は 3.57t-CO<sub>2</sub>/年と小さいが、雲南省は年間 10 万戸のバイオガスダイジェスター導入を目標としており、実現すれば 36 万 t-CO<sub>2</sub>/年の潜在的削減量が見込まれる。

## 適用方法論

### 小規模方法論 AMS-III.R 及び AMS-I.C

## 2. 調査の内容

### (1) 調査課題

調査においては以下のような項目および課題について検討が行われた。

#### 1) 低所得層へのバイオガスダイジェスター普及スキームの検討

農家向けバイオガスダイジェスターは本来中国国内貧困層へのエネルギー面における救済策として普及が図られたが、設備導入に必要な費用は貧困層が負担するには過大であり、実際には比較的生活水準の高い農家を中心として普及してきた。このため、既に中国国内においてはかなりの数の農家向けバイオガスダイジェスターが普及しているにも関わらず、本来のターゲットである低所得層への普及は進んでいないのが現状である。本プロジェクトは、バイオガスダイジェスターの低所得層への普及を支援するためにプログラム CDM のスキームを利用するものであり、低所得者等へのダイジェスター普及の実態の把握、支援対象の検討、適切な支援スキームの構築等の問題について CDM 化可能性調査に併行して検討を行って行く必要がある。

#### 2) ベースラインシナリオの把握

本プロジェクトにおいては承認小規模方法論 AMSIII-R の適用を想定しているが、同方法論においては対象域におけるベースラインとしての畜糞処理施設の実態を 95%の信頼度で把握する必要がある。対象農家は小規模で分散していることから、当該要求事項を満たすための適切な方法について検討・確定する必要がある。

#### 3) モニタリング計画の策定

ベースラインの把握と同様、小規模に分散する農家に対し適切かつ効率的なモニタリング方法および QA/QC 方策について検討を行う必要がある。また、本プロジェクトにおいては回収されたバイオガスは煮炊き等の用途に使用されるが、CER クレームのためには AMSI-C に基づくモニタリング計画についても策定する必要がある（サンプリングによるモニタリング手法の検討）。

#### 4) プロジェクト実施体制に係る協議

体制・役割の明確化：プログラム CDM の実施推進のための実施体制、役割分担、実現のための工程・行動計画等を明確化し、関係組織間において合意する必要がある。

#### 5) 環境影響評価およびステークホルダーコメントの収集

本調査の開始時点で環境影響評価およびステークホルダーコメントの収集・対応は行われていないことから、CDM 化のためにこれらを実施する必要がある。

### (2) 調査内容

#### (a) 事前調査

本調査を実施するにあたって必要となるプロジェクト関連情報・データについて既存データの収集を行った。

雲南省 / CPA サイト周辺域における自然環境、社会・経済情報、中国全土および雲南省における民生向けエネルギー政策の動向、小規模農家からの畜産排水・廃棄物の処理および管理に関する関連法規、畜産廃棄物の処理方法、ダイジェスターの普及促進 / 畜糞バイオガスエネルギー回収・利用技術の普及状況等についての情報が収集された。

また、上記事前情報収集により明確にできなかった情報、不足データ等について、質問票として作成し、現地調査前に雲南省農業局農村能源弁公室に送付し、一部については現地調査時に回答を得た。

#### (b) 現地調査

(a)の調査結果を踏まえ、現地において、現地カウンターパートである雲南省農業局農村能源弁公室および雲南太陽谷省エネ産業發展有限公司と協力し、下記(c)～(1)の実施に必要な情報・データを収集した。

データおよび情報は現地調査時に実施する他、外注先である日本テピアの中国国内ネットワークを用いて追加的に収集した。

第1回現地調査は10月11日～17日に実施した。

調査においては、雲南太陽谷省エネ産業發展有限公司との打合せを行い、プログラムCDMの概念について説明するとともにプロジェクトの実施体制、役割分担、スケジュールについて確認・協議を行った。また、雲南省農業局および県、市農業局へのヒアリングを行い、農家バイオガスダイジェスターの導入の実態について情報収集を行った。

現地調査の結果、県、市レベルにおいては予算上の問題からバイオガスダイジェスター購入資金としての導入費用1/3補助の制度が国の計画通りに推移していない実態が明らかになった。また、雲南師範大学へのヒアリングからベースラインとしての畜糞処理方法、導入されるバイオガスダイジェスターおよび周辺機器、施設に関する情報が収集された。

現地において収集できなかった情報や更に追加的な情報収集が必要となった情報については、質問票および必要情報のリストとして関連機関に提供を依頼するとともに、雲南太陽谷省エネ産業發展有限公司にフォローアップを依頼した。

第2回現地調査は2009年12月13日～2009年12月19日に実施した。

第2回現地調査においては、特にダイジェスターの導入に係るバリア・問題点について確認するとともに、プロジェクト実施に係る制度設計および体制に係る検討・協議を行った。また、雲南省農業庁、省内主要県、市レベル担当者に対し、プログラムCDMに関する説明を行うとともに、プロジェクト実施体制、モニタリング等に関する意見、参加意思等についてのヒアリングを行った。

#### (c) ベースラインシナリオに関する調査

ホスト国の今後の政策など現地の状況、当該分野における技術の普及可能性、CDM理事会での審議などを踏まえ、当該プロジェクトのベースラインシナリオを設定した。

ベースラインシナリオの設定に当たっては、プロジェクトバウンダリーや追加性の考え方の明確化に努めた。

#### (d) モニタリング手法・計画に関する調査

承認小規模方法論AMS-III.RおよびAMS-I.Cに基づき、当該プロジェクトにおける適切なモニタリング手法を明らかにし、モニタリング計画を立案した。

本プロジェクトの削減量は世帯(ダイジェスターシステム)あたり5t-CO<sub>2</sub>e/年以下であると推

測されることから、方法論の規定に則り、モニタリングは調査的手法（Survey Method）による実施が認められる。このことから、任意のダイジェスターについてサンプリングによるモニタリングを行うものとし、適切な信頼性を得るためのサンプル数を設定した。また、モニタリング実施方法について検討し、実施の可否について、雲南省農業局および県、市担当者に確認、実施可能であるとの回答を得た。

(e)プロジェクト実施期間及びクレジット獲得期間に関する調査

プロジェクト実施期間/クレジット獲得期間等（プログラム実施期間及び個別プロジェクト実施期間を含む）について調整管理組織（CME：Coordinating Managing Entity 雲南太陽谷有限公司）した。

本件プロジェクトはプログラム CDM のスキーム適用を前提として検討していることから、プログラム活動（PoA：Programme of Activities）の期間は最長 28 年、CDM プログラム活動（CPA：CDM Program Activity）は、クレジット獲得期間を 10 年として設定した。

(f)温室効果ガス排出量（又は削減量）計算に関する調査

雲南省（PoA バウンダリ）における削減ポテンシャルの推計を行うとともに、選定された CPA におけるプロジェクト実施ケースでの温室効果ガス排出量（削減量）について検討を行った。方法論 AMSIII-R においては、畜糞が各農家より移送され他の場所/活動で処理される場合にリーケージを考慮するとしており、本プロジェクトの基本スキームは原則的にこれに該当しない（リーケージ考慮の必要なし）。

プロジェクト排出量およびベースライン排出量の計算においてはメタン回収・破壊による削減効果については AMS-III.R.、メタン利用による化石燃料代替・削減効果については AMS-I.C. および “Tool to calculate project or leakage CO2 emissions from fossil fuel combustion”を用いて推計した。

(g)環境影響に関する調査

本プロジェクトについては、環境影響評価は適用されないことから、プロジェクトの環境影響（正、負両面）について、定性的な評価を行い、PDD に反映した。

(h)その他の間接影響に関する調査

本事業の特徴を考慮しながら、社会的、文化的、経済的側面等における間接影響を正・負両面について調査・検討した。

(i)利害関係者のコメントに関する調査

利害関係者のコメントについては、ヒアリング調査およびアンケート調査を通じて調査した。

(j)資金計画に関する調査

本プロジェクトは個々のダイジェスター導入については事業収益性を確保することが難しいことから、雲南省におけるバイオガスダイジェスターの普及促進を図るためのスキーム/CER 収益を活用したインセンティブの付与・基金等について情報収集、検討を行った。

あわせてプロジェクトの事 IRR に基づきプロジェクトの事業性を評価した。

(k)PDD 等の作成

上記(a)～(j)の調査結果を基にプロジェクト設計書（PDD）を作成した。

PDD は前述の承認小規模方法論 AMS-III.R および AMS-I.C に基づき作成した。

#### (1) 温暖化対策と公害対策のコベネフィット実現方法及び指標化に関する調査

本プロジェクトのコベネフィット指標について検討を行った。特に調理手段が石炭からバイオガスに変更されることによる SO<sub>2</sub> 削減効果の評価に重点を置いた。

### 3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

#### (1) ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

本プロジェクトへの適用方法論として AMS-III.R を採用した。AMS-III.R はシステム当たりの年間削減量が 5t-CO<sub>2</sub>e 以下の小規模バイオガスダイジェスターによるメタンの回収・破壊システムの導入または畜産廃棄物の管理方法の変更によりメタンの放散を防止するプロジェクトに対して適用される方法論であり、以下の要件を満たす必要がある。

- ・ダイジェスターのスラッジが好氣的に処理されていること。肥料等として農地等に施肥される場合はメタンの発生がないことを保証できること。
- ・回収されたメタンが確実に破壊されるような利用がなされること。
- ・年間削減効果が 60 kt CO<sub>2</sub>e 以下であること。

本件プロジェクトは、従来メタンの回収利用を実施していない農家に対し、バイオガスダイジェスターを導入し、プロジェクト以前に大気放散されていたメタンの回収利用を行うものであり、回収されたメタンは炊飯、調理等の目的のため燃焼・破壊される。また、ダイジェスターのスラッジについては土地に肥料として鋤込みが行われ好氣的雰囲気処理されることから、同方法論が適用される。方法論においてベースラインはメタンが回収・利用されない状態である。

本 PoA の地理的バウンダリーは、中華人民共和国 雲南省全域の低所得農家とした。

#### (2) プロジェクト排出量

排出削減量はベースライン排出量とプロジェクト排出量の差として計算される。

計算においては、メタン(CH<sub>4</sub>)の排出削減によるものと化石燃料(石炭)の削減による CO<sub>2</sub> 削減に分けて推計する。

##### (a) 処理システムからの CH<sub>4</sub> 排出量

処理システムからの CH<sub>4</sub> 排出量を以下により計算する。

IPCC Tier 2 アプローチにより、式(1)により、ベースラインの畜糞処理システムのメタン排出係数を計算する。中国固有の値が定められていないことから、Bo と Vs についてはデフォルト IPCC 値を適用する。

$$EF_{CH_4} = (VS \times 365) \times (Bo \times 0.67 \text{ kg/m}^3 \times MCF \times MS) \quad (1)$$

ここで

EF <sub>CH4</sub>	: CH4 排出係数, kgCH4/swine/year
V <sub>s</sub>	: 豚の日固体排泄物量, kg dry matter swine/day, 2006 IPCC Guidelines
365	: 年間固体廃棄物計算日数, days /yr
Bo	豚糞による最大メタン発生量, m <sup>3</sup> 2006 IPCC Guidelines, Volume 4, Chapter 10
0.67	メタン密度 容積 (m <sup>3</sup> ) から重量(kg)への転換係数, kg/m <sup>3</sup>
MCF	システムのメタン転換係数, (%) IPCC 2006 Guidelines Volume 4,
MS	畜糞処理システムで取り扱われる豚し尿の割合 (100 %)

(b) ベースライン排出量の計算

ベースライン CH4 排出量は式 (2)に基づき計算される

$$BE_{CH_4, household} = GWP_{CH_4} \times \frac{1}{1000} \times SP_{before} \times EF_{CH_4} \quad (2)$$

ここで

BE <sub>CH4, household</sub>	世帯あたりベースラインメタン排出量, tCO <sub>2</sub> e/year
GWP <sub>CH 4</sub>	メタンの地球温暖化係数 21
SP <sub>before</sub>	バイオガスダイジェスター導入前の平均豚頭数
EF <sub>CH4</sub>	CH4 排出係数, kg CH4/swine/year

#### 【石炭消費による CO<sub>2</sub> 排出量】

国家発展改革委員会(NDRC)の統計データによると、原料炭の排出係数は 25.8 tC/TJ、原料炭の単位発熱量 (kJ/kg)は 20,908 kJ/kg である。燃焼係数は 1.0 とする。

排出係数  $EF_{Rawcoal} = 25.8 \times 20,908 \times 1 \times 44 / 12 / 10^6 = 1.98 \text{ t CO}_2 / \text{t coal}$

CO<sub>2</sub> 排出量は式 (3)により計算される。

$$BE_{CO_2, household} = BG_{Coal} \times EF_{Rawcoal} \quad (3)$$

ここで

BE <sub>CO2, household</sub>	石炭消費による世帯あたりベースライン CO <sub>2</sub> 排出量,
BG <sub>Coal</sub>	ダイジェスター導入前の年間世帯石炭消費, t coal /household
EF <sub>Rawcoal</sub>	原料炭の排出係数, t CO <sub>2</sub> e/t coal

#### 【世帯あたり GHG 排出量計算】

ベースラインシナリオでの世帯 GHG 排出量は式 (4)により計算される。

$$BE_{y,household} = BE_{CH_4,household} + BE_{CO_2,household} \quad (4)$$

ここで

$BE_{y,household}$	世帯あたりベースライン GHG 排出量, tCO <sub>2</sub> e/year/ household
--------------------	---

【CPA のベースライン GHG 排出量計算】

CPA のベースライン GHG 排出量は式 (5)により計算される。

$$BE_y = (BE_{CH_4,household} + BE_{CO_2,household}) \times BDN \quad (5)$$

ここで

$BE_y$	ベースライン GHG 排出量, tCO <sub>2</sub> e/year
$BDN$	CPA のバイオガスダイジェスター導入数

(c) プロジェクト排出量

プロジェクト排出量は石炭燃焼による CO<sub>2</sub> 排出とバイオガスダイジェスターによる CH<sub>4</sub> 排出とからなる。

【バイオガスダイジェスターからの CH<sub>4</sub> 排出】

バイオガスダイジェスターからの CH<sub>4</sub> 排出は式 (6)により計算される。

$$PE_{CH_4,household} = LF_{AD} [GWP_{CH_4} \times D_{CH_4} \times B_o \times VS_{m,y}] + 1000 \quad (6)$$

ここで

$PE_{CH_4}$	第 y 年におけるプロジェクト排出量, (t CO <sub>2</sub> e).
$LF_{AD}$	嫌氣的バイオガスダイジェスターからのメタン漏出デフォルト値の 0.10 は、2006 IPCC Guidelines Volume 4, Chapter 10
$GWP_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> の地球温暖化係数
$D_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> の比重、容積(m <sup>3</sup> )から重量(kg)への変換 (2006 IPCC guidelines, Volume 4, Chapter 10,).
$B_o$	バイオガスダイジェスターで処理されたし尿タイプの最大メタン発生量。2006 IPCC Guidelines (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg of dm by animal type)
$VS$	バイオガスダイジェスターで処理される年間乾燥質量ベース固体排泄物量。2006 IPCC Guidelines Volume 4, Chapter 10 による(kg of dm per year)

【石炭燃焼によるプロジェクト CO<sub>2</sub> 排出量】

石炭消費によるプロジェクト CO<sub>2</sub> 排出量は式 (7)により計算される。

$$PE_{CO_2,household} = PG_{Ccal} \times EF_{Rawccal} \quad (7)$$

ここで

PE <sub>CO<sub>2</sub>,household</sub>	世帯あたり GHG 排出量, tCO <sub>2</sub> e/year / household
PG <sub>Coal</sub>	バイオガスダイジェスター導入後の年間世帯石炭消費, t coal /
EF <sub>Rawcoal</sub>	原料炭の排出係数, t CO <sub>2</sub> e/t coal

【プロジェクト GHG 排出量計算】

プロジェクト活動下の各世帯のプロジェクト GHG 排出量は式 (8)により 計算される。

$$PE_{y,household} = PE_{CH_4,household} + PE_{CO_2,household} \quad (8)$$

ここで

PE <sub>y,h</sub> ousehol d	年間世帯あたりプロジェクト GHG 排出量, tCO <sub>2</sub> e/year/ household
-----------------------------------	--

4) 本 CPA による総プロジェクト GHG 排出量

本 CPA による総プロジェクト GHG 排出量は式 (9)により計算される。

$$PE_y = (PE_{CH_4,household} + PE_{CO_2,household}) \times BDN \quad (9)$$

ここで

BDN	CPA のバイオガスダイジェスター導入数
-----	----------------------

(d) リークージ

方法論 AMS I.C では、もしエネルギー生成装置が他の活動から移転されるか、あるいは既存の装置が他の活動に移転される場合、リークージを考慮すべきとされている。

また、方法論 AMS III.R では、もしエネルギーメタン回収と燃焼装置が他の活動から移転されるかあるいは既存の装置が他の活動に移転される場合、リークージを考慮すべきとされている。本 CPA においては、これらはいずれも該当しないことから、本プロジェクトではリークージについては考慮しない。

(3) モニタリング計画

本 PoA の下を実施される CPA は、多数の農家世帯を含み、個々について全てをモニタリングすることは難しい。また、個々の農家世帯 / ダイジェスターは小規模であり、削減量も小さいことから、経済性の観点からも個々について精密なモニタリング機器を備え付けることは困難である。

個々の農家における削減量は年間 5t-CO<sub>2</sub>e 以下であることが推測されるが、選定されたモニタリング方法論 AMS-III.R.および AMS-I.C.については、調査的手法によるモニタリングの実施が認められている。

上記の理由より、本 PoA の下の CPA のベリフィケーションは、サンプリングによるものとする。

CPA におけるサンプリングのサンプル数は、95%信頼区間のサンプリング法に基づき実施す



る。データ収集は質問票調査で行われ、その調査は DOE による検証を受けることとなる。

本件プロジェクトにおけるモニタリング項目としては以下を想定している。

- ・ CPA でバイオガスを導入した農家世帯数 BDN：プロジェクト事業者により把握
- ・ バイオガスダイジェスター導入後の農家世帯当り年間平均石炭消費量  $PG_{coal}$ ：サンプル調査
- ・ 原料炭の熱量デフォルト値  $CV_{Rawcoal}$ ：国家発展改革委員会公表資料（年 1 回程度、購入炭の熱量測定を行い、値の妥当性について確認・検討する）
- ・ バイオガスダイジェスターの年間稼働率 H：プロジェクト事業者により把握
- ・ 気象観測所におけるプロジェクトサイト周辺の年平均気温 T：気温観測所
- ・ プロジェクトケースにおける各農家世帯の豚の飼育頭数 SP：プロジェクト事業者
- ・ 各世帯において豚から排出される豚糞起源の VS の総量：プロジェクト事業者
- ・ スラッジ（ダイジェスター汚泥）：スラッジの農地すき込み先の確認

#### (4) 温室効果ガス削減量

Year	プロジェクト 排出量 (t-CO <sub>2</sub> e)	ベースライン 排出量 (t-CO <sub>2</sub> e)	リーケージ (t-CO <sub>2</sub> e)	全体排出削減量 (t-CO <sub>2</sub> e)
2011	8,322	15,459	0	7,137
2012	8,322	15,459	0	7,137
2013	8,322	15,459	0	7,137
2014	8,322	15,459	0	7,137
2015	8,322	15,459	0	7,137
2016	8,322	15,459	0	7,137
2017	8,322	15,459	0	7,137
2018	8,322	15,459	0	7,137
2019	8,322	15,459	0	7,137
2020	8,322	15,459	0	7,137
<b>Total (tonnes of CO<sub>2</sub>e)</b>	83,220	154,590	0	71,370

#### (5) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

本件プロジェクトはプログラム CDM のスキーム適用を前提として検討していることから、プログラム活動 (PoA : Programme of Activities) の期間は最長 28 年、CDM プログラム活動 (CPA : CDM Program Activity) は、クレジット獲得期間を 10 年として設定した。

#### (6) 環境影響・その他の間接影響

本件プロジェクトは中国環境影響評価法の対象外であり、環境影響評価実施事業には該当しない。また、ベースラインおよびプロジェクトの排出に係る規制も存在していない。

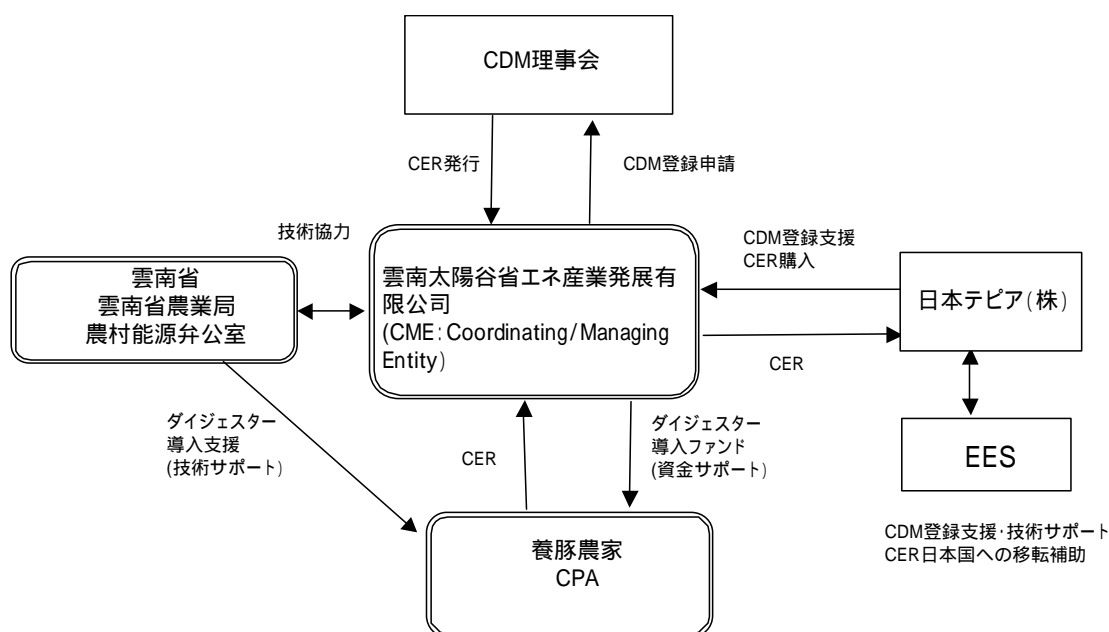
プロジェクトは従来素堀りの穴に貯留され、降雨時等に流出していた畜糞をダイジェスターにより処理するものであり、排水水質の向上、悪臭防止等の効果が期待できる。また、バイオガス利用により石炭削減効果が期待でき、SO<sub>2</sub>、CO 等有害排ガスの発生も減少することから、環境影響上は正の影響であると言える。

#### (7) 利害関係者のコメント

利害関係者については、これまで中国 DNA および雲南省経済貿易委員会からのコメントを得ている。中国 DNA とは、2008 年 11 月 15 日に農家メタン案件に関する CDM 化について事前協議し、肯定的な意見をもたらしている。また、雲南省経済貿易委員会、科学技術庁、農業局などとの事前協議では、積極的に進めてほしい、との前向きな意見をもたらしている。

また、本調査期間中 2009 年 11 月 16 日～2009 年 11 月 30 日に対象 CPA に対する利害関係者の意見をアンケート方式により聴取した。

## (8) プロジェクトの実施体制



## (9) 資金計画

CMEとなる雲南太陽谷省エネ産業発展有限公司は現在 CER 収益を利子補填、低利融資等に宛てる農家を対象としたバイオガスダイジェスター導入支援ファンドの設立・運営を検討中である。当面農家 2000 戸程度を対象とし、初期投資予定額：762 万円、中央政府、地方政府から各々 1 / 3 ずつの出資 / 補助金を募る計画となっている。

## (10) 経済性分析

個別農家を対象にしたキャッシュフロー分析により経済性を検証した。

本 PoA の実施においては、CER を返済金の一部とした農家へのバイオガスダイジェスター導入のための資金融資ファンドが立ち上げられる計画であり、これにより投資バリアが低減される。

ファンドは初期投資 6,350 元に対し、年収の 30% の自己負担分を支払う農業従事者に対し 3.0% の利率で貸し付ける。貸し付けは CDM の CER 収入により返済される。

CPA 参加農家が当該ファンドを利用した場合の IRR についてキャッシュフローテーブルを作成し、IRR を求めた。

尚、バイオガス利用による石炭削減分については、『見なし』収益としてとらえ、石炭価格を 800 元、年間石炭節約分を 0.85t とした。

CER 収益がない場合、ダイジェスター導入農家の IRR は 1.70%、投資回収年に 14.2 年を要するのに対し、CER 収益を考慮すると IRR が 4.63%、投資回収年は 11.1 年となる。

CER 収益を考慮した場合、IRR は財務ベンチマークの 4% (4%：農家がアクセス可能な長期最低金利をベースに設定) を超え、投資対象として魅力的なものとなっている。

上記により、プロジェクトの追加性が証明された。

## (11) 追加性の証明

### (a) 投資バリア

本プロジェクトのバイオガスダイジェスター導入のためには、設置費、トイレ、家畜の囲い、台所の改造費を含め各戸 8,000 元を要する。(雲南省内 2009 年前半の農村地域のエネルギー報告によれば、資材設備費が 5,000 元、人件費諸費が 3,000 元) 中央政府および地方政府はバイオガスダイジェスター 1 基につきそれぞれ、1500 元、165 元(計 1,650 元)を供与していることから、参加世帯が実質必要となる初期投資額は 6,350 元となる。

前述の雲南省の農家のバランスシートでは年間の平均収入は 112 元であり、この額は自己負担額の 1.7%にしかならない。また、ダイジェスターのメンテナンス・維持費についても追加的な出費(年間 150 元程度)となることから、雲南省の農家の年収でバイオガスダイジェスターを設置する上での経済的バリアが示唆される。

また、本 PoA においては、低所得農家を対象とすることから、CPA 参加農家の適格条件(低利融資等による補助対象者)を平均年収 12,463 元以下として設定している。これは、雲南省全域の農家の平均年収の約 45%である。同基準は国連や世銀における貧困層の標準(一人 1 日あたり 1.25 米ドル)に基づくものであり、対象農業従事者は貧困ライン以下である。

上記のような状況を考慮すれば、CPA の対象農業従事者は資金融通を得ない限り、設置の投資をしないと考えられる。

具体的 CPA については、宣威市を対象とし、典型的なダイジェスター導入に関するキャッシュフロー分析を実施した。

CER 収益がない場合、石炭節減メリットを考慮してもダイジェスター導入農家の IRR は 1.70%、投資回収年に 14.2 年を要し、経済的に採算が取れるベースではない。

また、借金をしなかった場合でも IRR がプラスに転じるのには 13 年を要し、IRR も 2.7%であることから、ダイジェスターを導入することによる経済的なメリットは小さい。

一方、CER 収益を考慮すると 3%の低利融資を前提とした IRR が 4.63%、投資回収年は 11.1 年となり、低利融資を利用しない場合よりも経済的メリットが大きいことが伺える。また、IRR は財務ベンチマークの 4% (4% : 農家がアクセス可能な中国の長期最低金利をベースに設定) を超え、投資対象として魅力的なものとなった。

上記により、プロジェクトの追加性が証明された。

### (b) 技術バリア

バイオガスダイジェスタは中国国内技術であり、また 1990 年代から実施されていることから、実績も多く成熟した技術といえる。しかしながら、対象地の農業従事者はバイオガスダイジェスターの運用および維持管理に対して知識がなく、バイオガスダイジェスターが機能し正しく維持するための技術バリアが存在する。

特に農家においては、嫌気発酵を良好に維持するための調整(原料の量・濃度の調整等)について知識がなく、専門家の支援を必要とする。

(c) 一般慣行

前述のように投資バリアの存在により、バイオガスダイジェスターは本来の対象である低所得 / 貧困層には普及していない。

(12) 事業化の見込み

本件調査を通じ、バイオガスダイジェスターの導入に対し、大多数の農家が興味を持っていることが確認された。また、CME 候補である太陽谷と大半の出席農業局の間で CDM 化を前提とした協力合意書の取りかわしが行われ、事業化に向けた協力の実施が約束された。当該合意書は、合意書には検討レベルではなく、排他的な CDM の実施の合意についても記載されており、本プロジェクトの CDM 登録の際には、プロジェクトの Pre-Consideration の Evidence としても位置づけられる。

また、太陽谷はダイジェスタープロジェクトを目的とした金融ライセンスを新たに取得して、農業局関係者への働きかけを開始しており、CDM 化を前提にダイジェスター普及事業への進出に意欲的である。

事業化実施のための障害としては、普及促進のための金利レベルが低く、事業の採算性も低いことから、経営上の経済的なりリスクが高いことが挙げられる。

太陽谷は基本的には将来的に雲南省の所得レベルが向上すれば、大きなビジネスチャンスとなるであろうことを視野に入れ、低利融資による多数の低所得顧客の囲い込み (BOP: Bottom of Pyramid) ビジネスを志向していることから、現提案スキームでは、CER 収益の大半がダイジェスターの技術サポートや農家のインセンティブ形成に充てられ、太陽谷の管理コストについては殆ど考慮されていない。

しかしながら、CDM 登録に要する期間が長引き、登録までに要する費用等が想定以上に大きくなった場合、現在想定している低金利融資による利益では、これらの費用を捻出できない可能性もある。

特に本プロジェクトはプログラム CDM として計画されており、Validation 段階で長い時間を要する可能性が高い。

具体的な利率や投資額については、太陽谷がプログラム CDM の動向や中国国内での諸事情を懸案した上で、今後さらに低利融資以外のインセンティブも視野に入れた検討・変更を行ってゆくことも考えられる。

## 4. コベネフィットに関する調査結果

### (1) ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

#### (a) 評価対象項目

・硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)排出量

#### (b) ベースライン/プロジェクトシナリオ

##### ベースラインシナリオ：

ベースラインシナリオとしては、雲南省で一般的に使用されている、石炭焚きの釜戸を想定する。ベースライン時における石炭消費量は、アンケートによりプロジェクト前後の石炭消費量をサンプリングにより調査し、その差分が厨房用、すなわちバイオガスダイジェスターの導入に伴う消費削減量とみなすこととする。

##### プロジェクトシナリオ：

プロジェクトシナリオとしては、バイオガス発生に伴い、硫黄酸化物発生量をゼロとみなす。なお、バイオガス中に硫黄分は含まれるが、簡易脱硫装置を導入することによって、無視できるレベルと判断する。

#### (c) ベースライン排出量計算方法

##### 硫黄酸化物

硫黄酸化物のベースライン排出量計算は下記の通り計算される：

$$BE_{SO_x,y} = CC_{BL,y} * CR_{S,fuel}/100*64/32$$

ここで、

$BE_{SO_x,y}$ ：y 年におけるベースラインシナリオでの硫黄酸化物排出量(t/y)

$CC_{BL,y}$ ：y 年におけるベースライン石炭消費量(t/y)

$CR_{S,fuel}$ ：石炭中の硫黄含有率(%) (文献<sup>1</sup>による雲南省の石炭含有量：3.09%)

$CC_{BL,y}$  (ベースライン石炭消費量)については、Ex-post においては 95%の信頼度でサンプル数を決めたアンケート調査によりプロジェクト前後の石炭消費量を調査し、その差により求める。

また、Ex-ante においては、次式により求める。

$$CC_{BL,y} = (MP_{digester} * Q_{CH_4} * \eta_{gas}) / (Q_{coal} * \eta_{BL,coal})$$

ここで、

$MP_{digester}$ ：バイオガスダイジェスター1基当たりの平均年間メタン生産量(kgCH<sub>4</sub>/y)

$Q_{CH_4}$ ：メタンの低位発熱量 (=50MJ/kg、IPCC デフォルト値)

$\eta_{gas}$ ：バイオガストーブの燃焼効率 (= 55%)

$Q_{coal}$ ：石炭の単位発熱量 (=20.90MJ/kg、IPCC デフォルト値)

<sup>1</sup> 科学技術庁『アジアのエネルギー利用と地球環境 1992』

$\eta_{BL,coal}$  : 石炭ストーブの燃焼効率 ( = 20% )

また、

$$MP_{\text{digester}} = V_s * 365 * B_o * D_{CH_4} * SP * 90\%$$

ここで、

$V_s$  : 豚の日固体排泄物量 ( = 0.3kg dry matter/animal/day、 IPCC )

$B_o$  : 豚糞による最大メタン発生量 ( = 0.29m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/dmVS、 IPCC )

$D_{CH_4}$  : メタンの比重 ( = 0.67kg/m<sup>3</sup>、 IPCC )

SP : バイオガスダイジェスター導入前の平均豚頭数 ( 4.5 頭 )

(d) プロジェクト排出量計算方法

硫黄酸化物

硫黄酸化物のベースライン排出量計算は上記のとおりゼロとする。

(e) Ex-ante におけるプロジェクト排出削減量の計算

硫黄酸化物

上記の計算により、バイオガスダイジェスター1 基当たりの硫黄酸化物排出削減量は年間 52.5kgSO<sub>2</sub> で、CPA ( 2,000 世帯 ) 全体での削減量は 105t-SO<sub>2</sub> となる。

(f) モニタリング方法

硫黄酸化物 :

以下の項目について、サンプリング ( アンケート等 ) によりモニタリングを実施する :

- ・ 各農家におけるプロジェクト実施前の年間石炭消費量
- ・ 各農家におけるプロジェクト実施後の年間石炭消費量
- ・ バイオガスダイジェスターの稼働時間
- ・ 農家における豚の飼育頭数
- ・ バイオガスの用途
- ・ バイオガスストーブの稼働時間

5 . 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

なし

経済性分析に関する添付資料

投資分析 (CERなし) Biodigester																			
Table 1. P/L (PJ without CDM)																			
No.	Item	Unit	Sum	Construction 2008	Project-1 2009	Project-2 2010	Project-3 2011	Project-4 2012	Project-5 2013	Project-6 2014	Project-7 2015	Project-8 2016	Project-9 2017	Project-10 2018	Project-11 2019	Project-12 2020	Project-13 2021	Project-14 2022	Project-15 2023
1	Total revenue	RMB	10,185		679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679
1.1	Coal savings	RMB	10,185		679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679
1.2	CER revenue	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	VAT	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	Urban construction tax and education surtax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Total O&M cost	RMB	2,400		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
3.1	Labor cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	Administration cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	Biogas treatment cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	Operational cost	RMB	2,400		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
3.5	Electricity cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.6	Water cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Depreciation cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Capital cost and interest	RMB	495		99	99	99	99	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Profit before tax	RMB	7,290		420	420	420	420	420	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
7	Corporate tax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Profit after tax	RMB	7,290		420	420	420	420	420	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
Table 2. C/F (PJ without CDM)																			
No.	Item	Unit	Sum	Construction 2008	Project-1 2009	Project-2 2010	Project-3 2011	Project-4 2012	Project-5 2013	Project-6 2014	Project-7 2015	Project-8 2016	Project-9 2017	Project-10 2018	Project-11 2019	Project-12 2020	Project-13 2021	Project-14 2022	Project-15 2023
1	Inflow	RMB	11,835	1,650	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679
1.1	Total revenue	RMB	10,185	0	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679
1.2	Return of working capital	RMB	0																0
1.3	Return of salvage value	RMB	0																0
2	Outflow	RMB	10,895	8,000	259	259	259	259	259	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
2.1	Capital investment	RMB	8,000	8,000															
2.2	Working capital	RMB	0	0															
2.3	VAT	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	Total O&M cost	RMB	2,895		259	259	259	259	259	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
2.5	Urban construction tax and education surtax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6	Corporate tax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	Others	RMB	0																
3	Cash inflow after tax	RMB	940	-6,350	420	420	420	420	420	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
4	Cumulative cash flow after tax	RMB	-45,265	-6,350	-5,930	-5,510	-5,090	-4,670	-4,250	-3,731	-3,212	-2,693	-2,174	-1,655	-1,136	-617	-98	421	940
5	Cash inflow before tax	RMB	940	-6,350	420	420	420	420	420	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
6	Cumulative cash flow before tax	RMB	-45,755	-6,350	-5,930	-5,510	-5,090	-4,670	-4,250	-3,731	-3,212	-2,693	-2,174	-1,655	-1,136	-617	-98	421	940
	Index							After tax		Before tax									
				IRR				1.70%		1.70%									



**投資分析 (CERあり) Biodigestor**

**Table 1. P/L (PJ with CDM)**

No.	Item	Unit	Sum	Construction 2008	Project-1 2009	Project-2 2010	Project-3 2011	Project-4 2012	Project-5 2013	Project-6 2014	Project-7 2015	Project-8 2016	Project-9 2017	Project-10 2018	Project-11 2019	Project-12 2020	Project-13 2021	Project-14 2022	Project-15 2023
1	Total revenue	RMB	11,785		839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	679	679	679	679	679
1.1	Coal savings	RMB	10,185		679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679	679
1.2	CER revenue	RMB	1,600		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0
2.1	VAT	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	Urban construction tax and education surtax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Total O&M cost	RMB	2,400		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
3.1	Labor cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	Administration cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	Biogas treatment cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	Operational cost	RMB	2,400		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
3.5	Electricity cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.6	Water cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Depreciation cost	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Capital cost and interest	RMB	495		99	99	99	99	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Profit before tax	RMB	8,890		580	580	580	580	580	679	679	679	679	679	519	519	519	519	519
7	Corporate tax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Profit after tax	RMB	8,890		580	580	580	580	580	679	679	679	679	679	519	519	519	519	519

**Table 2. C/F (PJ with CDM)**

No.	Item	Unit	Sum	Construction 2008	Project-1 2009	Project-2 2010	Project-3 2011	Project-4 2012	Project-5 2013	Project-6 2014	Project-7 2015	Project-8 2016	Project-9 2017	Project-10 2018	Project-11 2019	Project-12 2020	Project-13 2021	Project-14 2022	Project-15 2023
1	Inflow	RMB	13,435	1,650	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	679	679	679	679	679
1.1	Total revenue	RMB	11,785	0	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	679	679	679	679	679
1.2	Return of working capital	RMB	0																0
1.3	Return of salvage value	RMB	0																0
2	Outflow	RMB	10,895	8,000	259	259	259	259	259	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
2.1	Capital investment	RMB	8,000	8,000															
2.2	Working capital	RMB	0	0															
2.3	VAT	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	Total O&M cost	RMB	2,895		259	259	259	259	259	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
2.5	Urban construction tax and education surtax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6	Corporate tax	RMB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	Others	RMB	0																
3	Cash inflow after tax	RMB	2,540	-6,350	580	580	580	580	580	679	679	679	679	679	519	519	519	519	519
4	Cumulative cash flow after tax	RMB	-36,465	-6,350	-5,770	-5,190	-4,610	-4,030	-3,450	-2,771	-2,092	-1,413	-734	-55	464	983	1,502	2,021	2,540
5	Cash inflow before tax	RMB	2,540	-6,350	580	580	580	580	580	679	679	679	679	679	519	519	519	519	519
6	Cumulative cash flow before tax	RMB	-28,955	-6,350	-5,770	-5,190	-4,610	-4,030	-3,450	-2,771	-2,092	-1,413	-734	-55	464	983	1,502	2,021	2,540
	Index							After tax			Before tax								
								IRR			IRR								
									4.63%										