

バングラデシュ国

バングラデシュ国
エネルギー・マイクロユティリティー展開
CDM事業準備調査
(BOPビジネス連携促進)
報告書

平成24年6月
(2012年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

株式会社PEARカーボンオフセット・イニシアティブ
株式会社エネルギー環境研究所
株式会社アルセド

民連
CR(2)
12-031

バングラデシュ国

エネルギー・マイクロユーティリティー展開 CDM 事業準備調査

(BOP ビジネス連携促進)

報告書

2012 年 6 月

株式会社 PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ

株式会社 エネルギー環境研究所

株式会社 アルセド

民連
CR(2)
12-031

本調査報告書の内容は、独立行政法人国際協力機構が委託して、株式会社 PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ、株式会社エネルギー環境研究所、株式会社アルセドが 3 社共同で実施した協力準備調査「BOP ビジネス連携促進」の調査結果を取りまとめたもので、国際協力機構の公式見解を表したものではありません。

目 次

I. 背景と概要	10
I-1. この BOP ビジネス調査で対象となる活動	10
I-2. この BOP ビジネスの特徴	11
I-3. この BOP ビジネスの背景と考え方	12
I-4. この BOP ビジネスの構造	16
I-5. エネルギー・マイクロユーティリティ「普及」サービス	18
I-6. 農家によるエネルギー・マイクロユーティリティビジネス	19
I-7. 事業実施地域	21
I-8. 主対象となるマイクロユーティリティの種別	23
I-9. 本報告書の構成	24
II. バングラデシュにおける調査結果	28
II-1. 概況調査 (バングラデシュでの農村のエネルギー消費実態概況)	28
II-2. バングラデシュ政府の政策, IDCOL プログラムの現状とドナーの状況	33
II-3. GRAMEEN SHAKTI の活動の現況	36
II-4. マイクロユーティリティ・実態サーベイ調査	53
II-5. 背景となる市場の状況調査	57
II-6. バイオガスを用いた発電用途の技術オプションと課題	61
II-7. 別形態の可能性	68
II-8. 類似事例の調査	68
III. バイオガス・マイクロユーティリティ現地関係各主体の採算性	70
III-1. バイオガス・マイクロユーティリティ・オーナーの視点	70
III-2. バイオガス・マイクロユーティリティ・ユーザーの視点	71
III-3. GRAMEEN SHAKTI のバイオガス・モデル(含 CDM)	71
III-4. 肥料部分のビジネス化の検討	74
III-5. バイオガス・マイクロユーティリティモデルの農家向けリーフレット	75
IV. プログラム CDM 化	77
IV-1. 課題とそれへの対応	77
IV-2. PoA-DD, CPA-DD の作成とバリデーション	83
IV-3. GHG 削減量推計	84
IV-4. ERPA	85

V. 開発へのインパクト	87
V-1. 概要	87
V-2. 個々の農家レベルでのインパクト	89
V-3. バングラデシュ国としてのインパクト	92
V-4 PDM	93
VI. 先進国からの資金導入の方策検討	94
VI-1. バイオガス・マイクロユーティリティモデル促進のために	94
VI-2. 商品調達/ファンド組成の可能性と方法	94
VII. PEAR の先進国向けのビジネス	107
VII-1. PEAR の役割	107
VII-2. PEAR の先進国向けビジネスの形	107
VII-3. クラウドファンディングの特徴	110
VII-4. PEAR のクラウドファンディングで目指すべき点	111
VIII. まとめ	114
VIII-1. まとめ	114
VIII-2. 今後のステップと方向性	115
IX. JICA 事業との連携の可能性	117
IX-1. 資金面での支援	117
IX-2. 技術面での支援	118
IX-3. 日本における関連活動の支援	119
ANNEX 1. 現地調査報告	120
ANNEX 2. 現地サーベイ調査報告書	142
ANNEX 3. 低コスト照明用太陽光エネルギー利用オプション	163
ANNEX 4. 潜在的マイクロユーティリティオーナーへのリーフレット	165
ANNEX 5. CDM PoA-DD と一般的な CPA-DD	170
ANNEX 6. 匿名組合契約と任意組合契約の事例	211

図リスト

図番号	タイトル	ページ
図 1	バイオガス普及における通常のモデルとマイクロユーティリティモデル	10
図 2	ビジネスモデル全体のイメージ	17
図 3	バイオガスの場合のマイクロユーティリティのイメージ	20
図 4	エネルギー・マイクロユーティリティビジネスの形態とさらなる派生サービスの例	21
図 5	バングラデシュ全域に展開する Grameen Shakti のオフィス	22
図 6	マイクロユーティリティ種別とビジネスの主対象	23
図 7	エネルギー生成機器容量による分類	24
図 8	本報告書の構成と個々の要素の関係性	25
図 9	バイオガス・マイクロユーティリティ事業を行う農家への多方面からの検討	27
図 10	バングラデシュ農村のエネルギー供給と需要のフロー	28
図 11	地方の家庭のエネルギー消費量と消費支出内訳	29
図 12	市場で販売されている薪	29
図 13	IDCOL の SHS 普及プログラムの概要	37
図 14	SHS 普及台数の推移(積算と年間設置台数)	39
図 15	Grameen Technology Center の女性エンジニアおよびテクニシャン	41
図 16	Grameen Technology Center でアSEMBルしている機器	42
図 17	GS 製チャージコントローラーのマイクロユーティリティでの使用例(分電)	43
図 18	マイクロユーティリティで電気を供給されている床屋	44
図 19	マイクロユーティリティで電気を供給している GS 製チャージコントローラー事例	45
図 20	バイオガスダイジェスター普及台数の推移(年間設置台数)	46
図 21	建設中のバイオガスダイジェスター	48
図 22	マイクロユーティリティ用に多数のチューブが接続されているダイジェスター	49
図 23	データベースで管理されている個々のダイジェスター情報の一部	50
図 24	バイオガスこんろを使用して調理している農家の主婦	50
図 25	旧来型の三点支持型かまど(左)と改良かまど(粘土製)(右)	51
図 26	ICS 普及台数の推移(年間設置台数)	52
図 27	規模別 SHS 導入状況の推移	55
図 28	ディーゼル発電機におけるバイオガス混焼事例	63
図 29	自動車用ガソリンエンジンのバイオガスエンジンへの転用事例	64
図 30	小型の非常用ガスエンジンの利用事例	65
図 31	エンジン発電機の寿命と価格	66
図 32	バイオガスダイジェスターの便益最大化のイメージ	67
図 33	養鶏農家バイオガス・マイクロユーティリティとユーザー農家	72

☒ 34	Grameen Shakti のバイオガスプラントの規模別導入状況	73
☒ 35	Grameen Shakti の地域(州)別バイオガスプラント導入状況	73
☒ 36	CDM PoA としての管理体制	78
☒ 37	CPA の定義の考え方	79
☒ 38	Local Stakeholders' Meeting の模様	84
☒ 39	オンサイト・バリデーションの模様	84
☒ 40	バリューチェーンの概念図	95
☒ 41	E-① 匿名組合スキーム	98
☒ 42	E-① 匿名組合スキーム 税務	99
☒ 43	V-① 任意組合スキーム	101
☒ 44	V-① 任意組合スキーム 税務	101
☒ 45	マザーファンド構想の概念図	103
☒ 46	鳥インフルエンザ債のスキーム	104
☒ 47	ワクチン債	105
☒ 48	インパクト・インベストメント債	106
☒ 49	PEAR ビジネスの車の両輪	107
☒ 50	PEAR の先進国向けビジネスの対象	108
☒ A	Grameen Distribution Limited のミニソーラーシステム(10 W _p)	163

表リスト

表番号	タイトル	ページ
表 1	所得水準ごとの世帯あたり年間のエネルギー支出	30
表 2	所得水準ごとの世帯あたり年間のバイオマス収拾時間	30
表 3	所得水準ごとの世帯あたり年間の調理時間	31
表 4	所得水準ごとのグリッド連系比率と世帯あたり電力消費量	31
表 5	所得水準ごとのケロシン家庭と電灯家庭の世帯あたり一ヶ月の照度供給量	31
表 6	所得水準ごとのケロシン家庭と電灯家庭の照度あたりコスト支払い	31
表 7	所得水準ごとの電灯家庭の照明機器	31
表 8	所得水準ごとの電気へのアクセスの有無によるエネルギー支出	31
表 9	SNV のサポートしているバイオガスプログラムにおけるダイジェスター導入量	36
表 10	SHS に対する補助金の推移(一台あたり)	38
表 11	50 W _p の SHS の資金バランス事例	38
表 12	SHS システム価格表	40
表 13	バイオガスプラント価格表	47
表 14	バングラデシュの養鶏場の規模別分布	58
表 15	主たる酪農農家の牛乳生産能力 (2007)	61
表 16	バイオガスエンジンの比較	62
表 17	B-MU オウナーの年間資金バランス事例(4.8 m ³ /日, 供給ユーザー3 世帯)	70
表 18	バイオガスダイジェスターの大きさ(容量)と採算性の関係	70
表 19	4.8 m ³ の BD の資金バランス事例	74
表 20	有機肥料事業者例	75
表 21	CDM に必要な情報	83
表 22	CO ₂ 排出削減量シナリオ	85
表 23	バイオガスダイジェスター導入の動機	89
表 24	ユーザーが感じているバイオガスダイジェスターのメリット	90
表 25	労働における時間の変化	90
表 26	計算の前提条件	91
表 27	採算性の計算結果	92
表 28	プロジェクト・デザイン・マトリクス	93
表 29	現金調達の前資産について	95
表 30	投資ビークルの一覧表	96
表 31	エネルギー・ファンド	97
表 32	カーボン・ファンド	100
表 33	肥料ベンチャー	102

表 34	PEAR の提供しようとする主なリターン	109
表 35	収益確保もしくは資金調達手段	109
表 36	従来型資金調達とクラウドファンディングの特徴	110
表 A	小型太陽光発電システム比較表	164

略号リスト

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
ABFL	Aftab Bahumukhi [multipurpose] Farm Ltd (バングラデシュの大手養鶏業者)
BD	Biogas Digester (バイオガスダイジェスター)
B-MU	Biogas Micro Utility (バイオガス・マイクロユーティリティ)
BOCM	Nilateral Offset Credit Mechanism (日本政府の提唱する気候変動枠組条約の下での新たな排出削減量クレジットスキーム、二国間合意をベースとする)
BOP	Base of the Pyramid (所得階層を構成する経済ピラミッドの底)
CDM	Clean Development Mechanism (クリーン開発メカニズム),
CDM EB	CDM Executive Board (CDM 理事会)
CER	Certified Emission Reduction (CDM における排出削減クレジット)
CF	Crowd Funding (クラウドファンディング: インターネットを通じて一般人から出資を募る活動, または, そのために利用できるサービスのことである)
CFL	Compact Fluorescent Lamp (電球型蛍光灯)
CME	Coordinating /managing entity (プログラム型 CDM 調整/管理主体)
CPA	Component project activity (PoA 下の個々の活動)
CPA-DD	CPA Design Document (PoA 下の個々の活動の設計書)
CSR	Corporate Social Responsibility (企業の社会的責任)
DOE	Designated Operational Entity (指定運営機関: CDM のバリデーション, ベリフィケーションを実施)
ERPA	Emissions Reduction Purchase Agreement (CER の購入契約)
FRC	Financial Reporting Council (英国の財務報告評議会)
GEF	Global Environment Center Foundation (公益財団地球環境センター)
GEF	Global Environmental Facility (地球環境ファシリティ)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (ドイツ国際協力公社)
GP	General Partnership (ゼネラルパートナー)
GS	Grameen Shakti (グラミン・シャクティ, Grameen Bank ファミリーの非営利団体の一つ), ベンガル語で, Grameen は農村, Shakti はエネルギーの意味。
HHs	Households (家庭)
ICS	Improved Cook Stove (改良カマド),
IDCOL	Infrastructure Development Company Limited. バングラデシュの国有インフラ及び再生エネルギー投資金融機関
IFC	International Finance Corporation (国際金融公社)
IRR	Internal Rate of Return (内部収益率法)
JV	Joint Venture (ジョイントベンチャー)

LDC	Least Developed Country (後発開発途上国)
LED	Light Emitting Diode (発光ダイオード)
LIBOR	London Inter Bank Offered Rate (ユーロ市場におけるロンドン銀行間出し手レート)
LLC	Limited Liability Company (合同会社)
LLP	Limited Liability Partnership (有限責任事業組合)
LP	Limited Partnership (リミテッドパートナー)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (液化石油ガス)
LPS	Limited Partnership (投資事業有限責任組合)
MRV	Measurement, Reporting, Verification. NAMAやCDMの必須項目
NAMA	Nationally Appropriate Mitigation Action (気候変動枠組条約の下で動き出そうとしている途上国政府の気候変動緩和活動. MRV体制構築が必要)
NDBMP	National Domestic Biogas and Manure Program (IDCOLの家庭用バイオガス普及プログラム. 4.8 m ³ /日までの容量のダイジェスターが対象)
NGO	Non Governmental Organizations (非政府組織)
NK	任意組合
PoA	Programme of Activities (プログラムCDM)
PO	Partner Organizations (IDCOLのSHSやNDBMPの導入を行う機関)
PoA-DD	PoA Design Document (プログラムCDM設計書)
PM ₁₀	Particulate Matters (粒子径が 10 µm である浮遊粒子状物質)
ppm	Parts per million (割合, 比率を表す用語. 100 万分率)
PV	Photovoltaic (太陽光発電)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興金融公庫)
REB	Rural Electrification Board (バングラデシュ農村電化組合)
ROI	Return of Investment (投資利益率)
SHS	Solar Home System (戸別太陽光発電システム)
SNV	The Netherlands Organization for Development (オランダ政府援助組織)
SSC-WG	Small-Scale Working Group (小規模 CDM ワーキンググループ. CDM 理事会の下部組織)
SROI	Social Return on Investment (社会的投資収益率)
Tk	Taka (タカ. バングラデシュの通貨). 1 タカはおよそ 1 円
TK	匿名組合
VC	Venture Capital (ベンチャーキャピタル)
W _p	W _p (ワットピーク) は, 標準測定条件(STC)における太陽電池モジュールの直流出力の最大電力をワットで表したもの. 標準的な測定条件は, 日射量: 1,000 W/m ² , 外気温度: 25°C, エアマス(AM): 1.5 の全天日射である. エアマス 1.5 とは, 垂直からの入射光より 1.5 倍空気層を通る (ほぼ天頂角 48°) という条件を表す.

I. 背景と概要

I-1. この BOP ビジネス調査で対象となる活動

本調査で対象とする活動は、天然ガスやグリッド電力が供給されていないバングラデシュの貧困農村において、BOP 層農家によるガス(や電気)の「マイクロユーティリティ」活動(家庭レベルでのエネルギー供給ビジネス)を通じた、バイオガスダイジェスターによる戸別エネルギーシステムの普及¹活動である。この活動を、ビジネスを通じて促進させていくことを企図した調査を行う。

マイクロユーティリティとは、エネルギー供給というユーティリティ事業=ビジネスを、家庭レベルで行う活動を指す。本調査で対象とするケースは、太陽光発電装置である SHS の余剰電気を隣近所に配電するケースと、バイオガスダイジェスターからの余剰ガスを隣近所に供給するケース(図 1 参照)の二種類となっている。

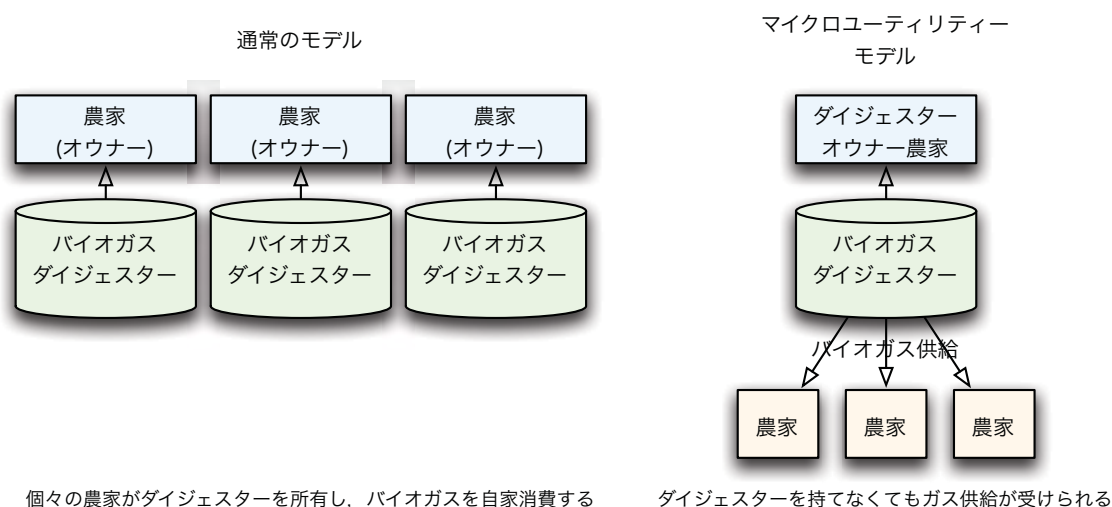


図 1: バイオガス普及における通常のモデルとマイクロユーティリティモデル

通常は、途上国農村の、電気やガスにアクセスできない地域の問題解決のための標準的モデルは、「戸別」システムを導入し、その所有も利用も戸別であるモデルが、標準的モデルである。一方

¹ 後述するように、太陽光発電の SHS(ソーラーホームシステム)を用いたマイクロユーティリティは、調査の結果、ポテンシャルが小さいことが判明したため、ビジネスのスコープから外すこととした。なお、SHS マイクロユーティリティは、家庭ではなく小規模商店のケースに限られることが判明している。

ここでは、余裕のある農家が、新規所得機会を求めて、エネルギー供給事業を行うマイクロユーティリティーモデル²を普及させることで、ボトムアップ的にエネルギーへのアクセス問題解決を促進させることを狙う。

電気やバイオガスを供給される＝購入する農家は、自分で高い資金を出して SHS やダイジェスターを設置し発電やガス生成を行う必要はなく、一定の料金を支払うことで、その恩恵を受けることが可能となる。

また、普及の段階において、提案企業が CDM 事業の形成を行うことによる先進国市民や企業からの資金調達も検討する。

I-2. この BOP ビジネスの特徴

本調査でカバーされる BOP ビジネスは、先進国企業が自社製品を途上国 BOP 層に販売するシンプルなモデルとは異なり、複数の主体が、それぞれのビジネスを通し、対象となる望ましい技術や活動の普及に寄与する。

より具体的には、

- (a) 「養鶏農家など」が、ダイジェスターを導入し、バイオガスのマイクロユーティリティー事業（ガス供給事業）という BOP ビジネスを（ガスにアクセスできない家庭に対して）行う；
- (b) NPO である「Grameen Shakti (GS)」が、バイオガスダイジェスター導入・普及サービスという BOP ビジネスを行う；
- (c) 政府系ノンバンク開発金融機関である「IDCOL」が、バイオガスダイジェスター普及政府プログラムの、金融機関としてのコーディネーションを通じた BOP ビジネスを行う；
- (d) 日本のソーシャルベンチャーである「PEAR」が、Grameen Shakti や IDCOL を通じて間接的にバイオガス利用普及に寄与するという BOP ビジネスを行う、

というような、それぞれのレベルにおいて、場合によってはうまく公的資金を活用しながら、それぞれのビジネスを通じて、運営していくモデルとなっている。

とくに、(a) であらわされる実際の要素活動を行うレベルにおいて、

多数の BOP 層が他の BOP 層に対して、ビジネスを行うことで、技術/活動を普及していく

² 類似の概念として、エネルギー供給設備を、協同組合や村落等でシェアするモデルも想定されるが、本調査では個々の農家のビジネスのインセンティブを最大化させるタイプとして、設備は一家庭が所有するタイプを中心に検討を行う。

というアプローチは、とくにエネルギーの分野では、ほとんど採られることがなかった新しい開発モデルとなっている。

また、日本におけるビジネスの主体となる(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブは、日本の小企業ソーシャルベンチャーとして、地球温暖化問題と途上国貧困地域開発という 2 つの社会的課題を、ビジネスを通して寄与していこうという主体であり、ノウハウとサービスをもってこれらの活動に貢献するが、自社製品や、販売網を持っているわけではない。

PEAR は、

- パートナーかつダイジェスター普及活動実施主体である Grameen Shakti と、マイクロユティリティーの実態調査を実施、普及方策を検討する；
- CDM 化(ドキュメント作成、バリデーションを受ける、検証対応、IDCOL や GS に対するサポート等)。これはマイクロユティリティー活動だけでなく、バングラデシュにおける家庭用バイオガス普及活動全体を対象とする；
- CER を(市場価格にスライドする形で)購入する；
- マイクロユティリティー活動が促進するための資金調達手法を検討する、

という形でのバングラデシュ BOP 層に間接的に寄与する活動を行う、もしくは検討している。

PEAR としては、普及させようとする技術は、大量でなければ意味がなく、またビジネスとしても成り立たないため、バングラデシュでは、大量普及が可能な主体³である Grameen Shakti とパートナーシップを組むというアプローチを採っている。

1.3. この BOP ビジネスの背景と考え方

□ バングラデシュのエネルギーの概況

LDC のバングラデシュ⁴は、天然ガス資源国であるにも拘わらず、全体で天然ガスにアクセスできる人は 4%程度⁵に過ぎず、グリッド電力にアクセスできる人も 40%程度にすぎない。すなわち、バング

³ 一般に、先進国企業による途上国 BOP 層を相手としたビジネスは、薄利多売型である必要があり、その販路を自社開発するか、現地パートナーと組むか？という選択肢がある。人件費の高い日本人が多数必要なモデルや、大量販売が不可能な NGO を販売・普及チャンネルに選択するモデルでは、最初から本質的課題を抱えているモデルといえることができるであろう。

⁴ Human Development Report 2011 によると、HDI で 146 位(187 カ国中)、一人あたり GDP が PPP ベースで 1,416 ドルとなっている。1 億 5,000 万人の人口を擁し、都市国家を除くと世界で最も人口密度が高い(km²あたり千人程度)。

⁵ バングラデシュにおいては、天然ガスは発電用燃料、自動車やリクシャーの燃料、合成窒素肥料の原

ラデシュ農村では、ほとんどがバイオマス系燃料で調理を行い(図 25)、電気にアクセスできない場合には灯油ランプを照明に用いている(第 II 章参照)。

また、供給されている地域においても、頻発する停電やガス供給が制限されるなど、エネルギー供給の質は低く、安定的とは言えない。

このようなガスや電気にアクセスできる世帯の比率が低い状況は、経済と社会、とくに農村地域の開発の障害になっており、バングラデシュ政府は発電設備容量の拡大と、老朽化し効率の下がった発電所のメンテナンスやリハビリ、加えて配電網の拡張などを行っている。

しかしながら、電力もガスも全体の供給力不足があることと、配電・配ガス網延伸は経済性が低下し、また政府の資金不足の面から、バングラデシュでは分散型再生可能エネルギー源による電化・ガス化も重視され、優先課題に位置づけられている。

分散型の再生可能エネルギーの普及として、後述のように、家庭用に関しては、政府系非銀行金融機関である IDCOL が SHS およびバイオガスダイジェスターの普及プログラムを行っている(第 II 章-2 参照)。このプログラムにおける IDCOL の主な役割は、機器の販売・設置・普及を行う NGO 等への長期融資の提供であり、これら団体・機関を IDCOL は Partner Organizations (POs)と呼んでいる。

□ Grameen Shakti の概要説明

Grameen Shakti (<http://www.gshakti.org/>)は、この PO の中で圧倒的の最大手である。バングラデシュの貧困地域開発のための Grameen グループの一員として、地方のエネルギーアクセスの問題解決を目的に 1995 年に設立された。Shakti はエネルギーを表す。規模的には、グループの中で Grameen 銀行に次ぐ大きさを持つ。

Grameen Shakti は、上記のバングラデシュ農村の現状を踏まえ、BOP 層が再生可能エネルギーの便益を自立的に享受できるように、農村において、主として戸別家庭用エネルギーシステム

- 太陽光発電によるソーラーホームシステム(SHS),
- バイオガスダイジェスター(BD),
- 改良かまど(ICS)

の普及を行い、ここ数年の活動において(とくに ICS と SHS に関して)大きな実績⁶を上げてきた。そ

料など、さまざまな用途に活用されている。しかしながら、東部の大都市圏を除くと家庭にはほとんどガスが供給されていない。その主たる理由は、天然ガス供給ネットワークはガス田のあるジャムナ川東部でかつ家庭用は大都市圏のみというインフラ不足、新ガス田開発が進んでいないことによる供給力不足である。このまま新ガス田が開発されなければ、2015 年には埋蔵量が枯渇すると言われている。

⁶ Grameen Shakti は、2012 年 5 月時点で、86 万戸に SHS を導入、月に 2 万戸程度のペースで導入し

の実績のキーのひとつとなるのは、独自のマイクロクレジット⁷を組み込んだ農家の支払い方法であり、SHS の場合 4 つのオプション、バイオガスダイジェスターの場合 1 つのオプションがある(第 II 章-3 参照)。

ただ、バイオガスダイジェスターや SHS は、一セットあたり数万円程度の支出が必要で、投資採算性およびその他のメリットが大きいことがわかっているが、また上記のマイクロクレジットによって初期費用負担を軽減できたとしても、BOP 層の中の下層にまで行き渡らせることは難しい。

□ マイクロユーティリティー活動への着目

一方で、SHS とバイオガスダイジェスターにおいて、ボトムアップ的に、導入した小規模商店(SHS の場合)や農家(バイオガスダイジェスターの場合)が、余剰分のエネルギーを(より貧しい)近隣商店や農家に販売するケースが生まれてきた。マイクロ型の電気やガスの供給事業である。

本提案の BOP ビジネスは、天然ガスが供給されていないオフグリッド農村において

- 原料となる鶏糞や牛糞のある農家が
- ビジネスとして
- 「マイクロユーティリティー」事業を行う

ことを、よりシステムティックな形で導入農家にとってのビジネスモデル化し、より大規模かつ広範囲に再生可能エネルギー(バイオガス)が導入/利用され、かつ導入農家の新たな現金収入手段となることを、Grameen Shakti と協同でサービス化する。

また、それによって、

- 近隣の単独でダイジェスターを導入できない農家もバイオガスの恩恵を受ける

ことが可能となる。

このモデルでは、複数農家への供給が可能となるため、

**ビジネスを通した(新たな所得を生み出す)、レバレッジの効く(まわりも恩恵を受ける)
新しいタイプの農村開発モデル**

でもある。

ている(ICS も同程度の導入スピード。バイオガスダイジェスターは 500 個/月程度)。家庭用バイオガスダイジェスターは 2 万戸、ICS は 46 万戸に既に導入。ICS は改良かまど(improved cookstove)で、エネルギーマイクロユーティリティー事業の枠外。

⁷ Grameen Shakti は、Grameen 銀行とは財政的に独立し、そのマイクロクレジットスキームも、現金収益を見込む Grameen 銀行のものとは性格を異にしている(生活改善、エネルギーコスト削減を見込む)。

なお、このモデルのバイオガスダイジェスターは、マイクロ面で、ダイジェスターのオーナーとユーザーの双方に、安価で使いやすい熱エネルギーを生み出すだけでなく、上記のように現金収入の道を拓く。また、薪購入費用が不要になるという金銭面のメリットを持つ。女性・子供を中心に、バイオマス収拾や調理の労働や要する時間が短縮される、屋内大気汚染が緩和される、そして良質の有機肥料を得ることができるというように、有形無形の多面的な便益をもたらすことができる(第 V 章参照)。

□ CDM 化

このように、多面的にすばらしい特質を持つバイオガスダイジェスターの普及であるが、Grameen Shakti にとって、従来型のシングルユースシステムを含めて、それぞれ月に 2 万台設置されてきている SHS や ICS と比較すると、バイオガスダイジェスターは月に 500 台ペースと、まだ普及スピードが上がらず、苦戦している。

これを加速する一つの手段として、PEAR はこの事業を CDM 化し、バングラデシュの事業側に排出権収入という形で資金を注入することで、Grameen Shakti の活動がよりスムーズに拡大することを狙う。CDM 化はマイクロユーティリティタイプ単独ではなく、従来型のシングルユース型のバイオガスダイジェスター導入⁸に統合化する形で行う。また、プログラム型⁹で行う CDM は、コーディネーターが IDCOL となり、PEAR は IDCOL から CERs (CDM クレジット) を購入し、IDCOL はその収益を、Grameen Shakti などの参加団体に還元することとなる。CDM 化は、シングルユース型も含む、Grameen Shakti 以外の団体の活動も含むという意味で、かなり大きなカバレッジを持ったものとして、デザインされている(第 IV 章参照)。

また、CDM は、先進国企業である PEAR にとって、このバングラデシュでの活動にビジネススペースで参画する重要なチャンネルでもある。通常の BOP ビジネスであれば、そのバイオガスダイジェスター普及活動から収益を上げることがビジネスの本体となり、Grameen Shakti が実施するのはまさにこのタイプである。一方で先進国企業である PEAR は、そこから直接収益を得るのではなく、この活動を CDM 化し、先進国の市民や企業が

- 貧困地域開発への国際協力；

⁸ バングラデシュでの既存のバイオガスダイジェスターや SHS 普及活動の大部分は、政府金融機関である IDCOL の下でのプログラムで、世界銀行等の支援がある(SHS は CDM 化のための審査中でもある)。Grameen Shakti はその実施主体の最大手である。本調査の対象は、その IDCOL プログラムの「外」で追加的な活動を主対象としているが、CDM 化という目的においては、マイクロユーティリティでない従来型のダイジェスターのシングルユースも含んだ形で行う。

⁹ プログラム CDM もしくは CDM PoA とは、多くの小さな活動をまとめてひとつの CDM プロジェクト活動とするチャンネルである。小さい規模で始めて、徐々に拡大していくことが容易になるため、ダイジェスター普及などの活動の CDM 化に向いている。プログラムのコーディネーター(CME)が必要で、本 PoA においては、IDCOL がその任を担う。

- 気候変動問題への貢献

の 2 つの大きな問題に直接関与できる機会(サービス)を提供することによって、先進国の市民や企業に対してビジネスを行う(このスタディーでは CDM 以外のチャンネルも検討している)。これによってバングラデシュ国内の普及活動に資金注入を行うことができる。

I-4. この BOP ビジネスの構造

本調査では、SHS とバイオガスダイジェスターの双方のマイクロユーティリティモデルのビジネス可能性の調査を行う。

調査の結果、SHS に関しては、いままでの主流であった 50 W_p クラスに加え、近年、10 W_p、20 W_p の小型のシステムが販売開始されてきた。とくに 20 W_p のシステムの需要が 2009 年以降急増し、マイクロユーティリティモデルと競合状態にある。購入型より自己所有への要求が高いため、今後 SHS のマイクロユーティリティモデル(商店対象のみで、距離の問題から家庭は対象となりえない)が大量に普及する可能性は低いと判断できる。

このことから、本報告書では、マイクロユーティリティモデルは、とくに断らない限り、ビジネス的にはバイオガスダイジェスターに特化する(ダイジェスターの写真は図 21, 22, 33, 技術面は Annex 5 の PoA-DD 参照)。

なお、バイオガスダイジェスターを用いた発電(自家消費および販売)の可能性も調査の範囲として入っているが、CDM 化はガス体のまま熱エネルギーとしての利用に集中することとする。これは、熱と電気の場合、CO₂ 排出削減のロジックが異なるため、ひとつのプログラム CDM の仕組みに載せることは難しいためと、また発電用は、(計画)停電時用が主であり、販売はほとんど行われていないなど、ポテンシャルが限られるためとなっている。

この BOP ビジネス全体のバリューチェーンは、上記のように先進国にも及ぶが、「バングラデシュ国内の部分」に関係する主体と、それぞれの位置づけは、以下のようなものとなる：

-  **PEAR**
[マイクロユーティリティ農家のビジネスモデルデザイン. CDM 化. CER の購入者]
-  **Grameen Shakti**
[設備導入/設置. マイクロユーティリティビジネス指南. マイクロファイナンス提供. CDM コーディネーターおよび関連モニタリング・データベース構築]
-  **マイクロユーティリティサービスを行う農家**
[バイオガスダイジェスターによるエネルギー供給ビジネス実施. エネ消費者(自家消費分)かつ供給者]
-  **マイクロユーティリティサービスを受ける最貧層農家**

[エネルギーの消費者]

- ✚ 公的機関(先進国側, バングラデシュ内(IDCOL)¹⁰)
[Grameen Shakti のマイクロファイナンスの原資供給, 補助金供給など]
- ✚ 先進国企業
[マイクロユーティリティ関連事業への投資等]

先進国内バリューチェーンまで含めたビジネス全体の概要イメージは, 図 2 に示した形となる.

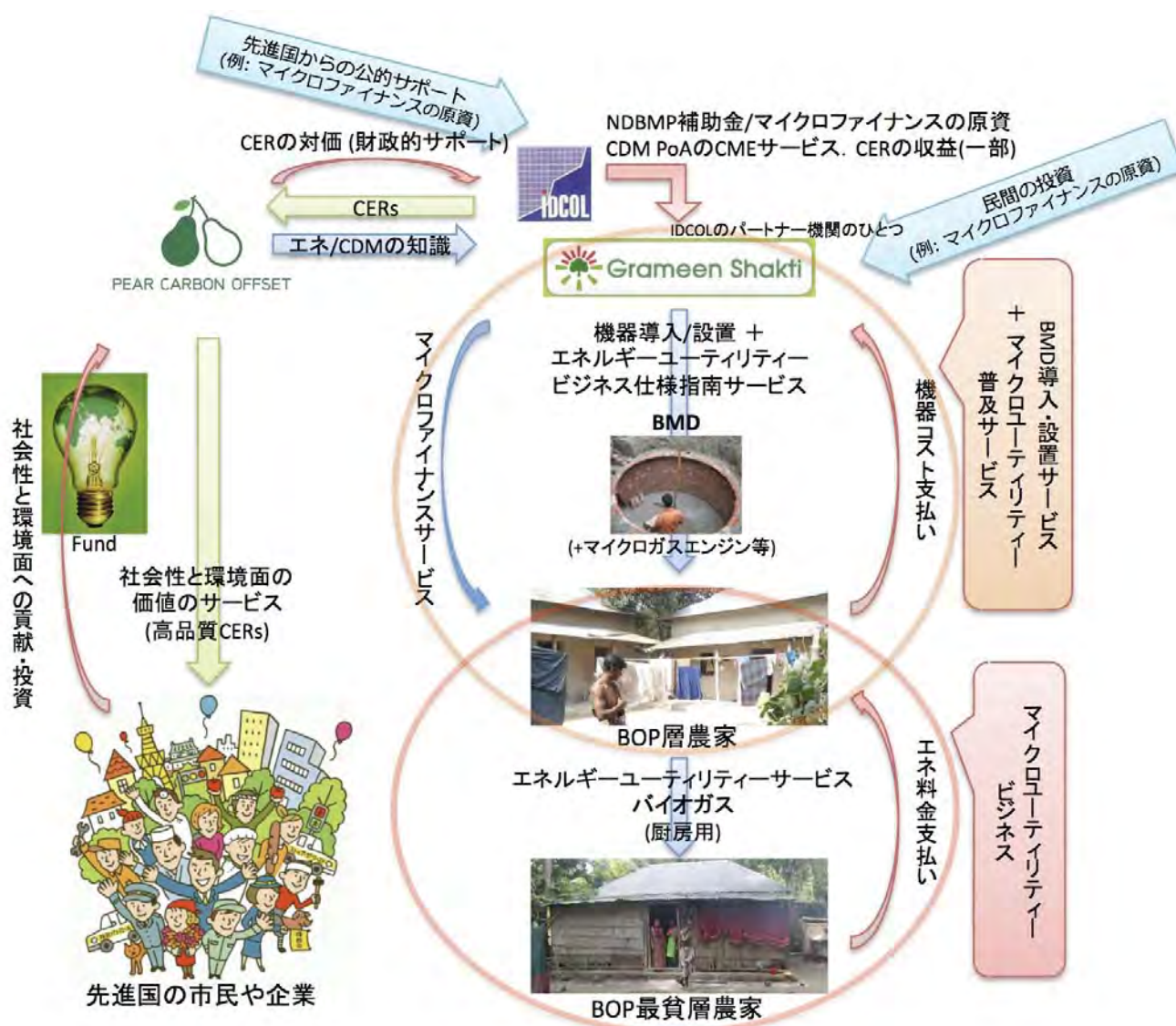


図 2: ビジネスモデル全体のイメージ

¹⁰ IDCOL は, プログラム CDM のコーディネータ(CME)となり, CER 収入を Grameen Shakti 等に分配する.

図の右側が、Grameen Shakti によるバングラデシュ国内での「エネルギー・マイクロユーティリティー普及サービス」、および それを活用した BOP 層農家による「エネルギー・マイクロユーティリティービジネス」であり、左側が PEAR による「先進国向けのサービス」である。CER 収益は、IDCOL を通じて Grameen Shakti の活動に寄与することとなる。

なお、本調査においては、CDM を通じた排出権側のビジネス(図の中央上部)以外に、この活動が促進されるような民間の投資による Grameen Shakti の活動への資金調達(図の右上部矢印)の可能性に関しても、調査検討を行っている。

1-5. エネルギー・マイクロユーティリティー「普及」サービス

現在、中小規模養鶏農家などにおいて、バイオガス「余剰分販売」が自発的に動いてきている。

われわれがここでターゲットとするエネルギーのマイクロユーティリティーは、単なる余剰分販売という側面だけでなく、導入農家の「現金収入のためのビジネス」としての側面を強調し、その拡大普及を目指す。

どのようにしたらビジネスとしてより効果的に実施することができるか、という点を、PEAR が主体となり企画立案し、リーフレット(巻末に添付)の作成などを通じて、Grameen Shakti がそれをもとに、「マイクロユーティリティー普及サービス事業」を展開する。それによって、BOP 層の中でも比較的資金に余裕があり、バイオガスの原料を提供できる農家がエネルギー・ユーティリティーサービスをビジネスとして容易かつ合理的に行うことができ、ビジネスのインセンティブに基づいた自律的なエネルギーアクセスの拡大が見込まれるようになる。

ここでのキーのひとつが、CDM 化¹¹であり、「プログラム CDM」のアプローチを適用することで、バイオガスの熱利用の場合、ユーザー農家一戸あたり 3 トン強程度の CER (CDM の排出権)が期待できる。この収益をうまくスキームに組み込むことで、よりスムーズに、マイクロユーティリティー活動を通じた家庭用バイオガスダイジェスターの導入と、その恩恵にあずかる農家を拡大することができる。CO₂ 削減効果は、非再生可能バイオマス¹²消費代替効果として、バイオガスダイジェスター導入農家(オーナー農家)と、そこからのガス供給を受ける農家(ユーザー農家)の双方、すなわちエネルギー消費段階から発生する。

収益面では、新たにバイオガスユーザーとなる農家は、それまでの薪購入費用が約半分で済むようになる。バイオガス供給を行うマイクロユーティリティー事業実施農家は、薪購入費用が不要にな

¹¹ バイオガスは、非再生可能バイオマス(減少している森林からの薪炭材)利用代替となる。プログラム CDM とは、小さな活動をパッケージ化する CDM のアプローチ。CDM としての登録後に(軽微な審査のみで)活動を追加していくことが容易な仕組みとなっている。

¹² 非再生可能バイオマスとは、持続可能でない状態の森林から伐採された薪であり、森林が減少傾向にあるバングラデシュではほぼすべての薪がこれに属する。

だけでなく、ガス販売益によって、かなり短期間でダイジェスター導入費用を回収できる。また、Grameen Shakti は、そのマイクロユーティリティー普及サービス(ダイジェスターや SHS システムの販売/リース/融資/メインテナンス) + (IDCOL を通じた)PEAR からの CER 収益を自らの活動の拡大再生産に充て、日本側の PEAR は CER を先進国の主体に販売する¹³ことで、収益を得る。

なお、調査期間における交渉によって、CDM のバングラデシュ側の管理主体は、政府系開発金融機関である IDCOL になることになった(後述)。Grameen Shakti は、IDCOL から(自らが導入した活動量に応じて)CER 販売の収益を受け取ることになる。

また、本調査においては、カーボン価値以外のとくに先進国民間企業における資金注入の可能性も検討している。

1-6. 農家によるエネルギー・マイクロユーティリティービジネス

マイクロユーティリティーのアプローチでは、やや資金力とバイオガスの原料をもつ BOP 層(バイオガスダイジェスター導入農家)は、エネルギー供給事業としてのビジネス展開ができ、エンパワメントに繋がる。すなわち、農村コミュニティの中で、ビジネスベースで自立し、かつ最貧層まで普及する再生可能エネルギーシステムを構築することができる。

これによって、導入農家のみならず、BOP 層の中でバイオガスダイジェスターを導入することのできない近隣農家も、ガス(や電気)の恩恵¹⁴を受けることができる。

バイオガスを用いたマイクロユーティリティー ビジネス

エネルギーには、熱と電気があるが、何のソースを用いてどのような形態でサービスを提供するかは、いくつかの可能性がある。バイオガスの場合、通常のチューブによるガス供給という方法に加え、明かりの需要に対しては、バイオガスランタンという手段もある。規模が少し大きくなればマイクロ型のガスエンジンやディーゼルエンジンで発電も可能である。

これらを、エネルギー技術(エネルギー供給の「質」の概念も重要)、ファイナンス等の専門知識をベースに現地状況を加味しながら、ビジネスとしてある程度メニュー化して提供し(加えて Grameen Shakti によるマイクロクレジットのオプションもメニュー化)、農家が適切な選択ができる仕組みを用意することを想定している。バイオガスの燃料たる糞尿を近隣農家から買い入れ、規模拡大をするというオプションもありうる。自分の家庭用で必要な分を超えた容量のバイオガスダイジェスターの設置が

¹³ その意味では、グローバルな環境と発展途上国の社会開発の双方への寄与を背景に、カーボンオフセットのための良質の排出権(CER)を販売するという一種のフェアトレード的性格も併せ持つと言える。

¹⁴ かなり貧しい農家であっても、生活する上での必需品として、(量の多少はあるものの)照明用に高価なケロシンを用いたり、厨房用燃料として重労働や現金でバイオマスを調達/購入している。経済的には SHS やバイオガスダイジェスターは、明らかに従来型と比較してメリットがあるが、最貧層はその初期費用を賄えない。したがって、彼らに安価なバイオガスや電気を供給(販売)することは、ビジネスとして成立しうるうえ、供給される側にとってもメリットが大きい。

期待できる。

バイオガスマイクロダイジェスター(地中)



バイオガス



バイオガス・ネットワーク
(マイクロユーティリティー網)

バイオガス



従来型の非効率なかまど

転換



便利で衛生的な
バイオガスコンロ

図 3: バイオガスの場合のマイクロユーティリティーのイメージ

加えて、エネルギーを核にして、それ以外のサービスとの組み合わせのビジネス応用例を工夫することも可能で(図 4), そのようなアイデアの創意工夫がなされることが期待できる(例: ガスコンロ+水道付き共同キッチンサービス, 飲用水の浄化サービス, インターネットサービス, TV/ビデオ上映サービス, 冷蔵/冷凍サービス, シャワーサービス, 冷房図書館サービス). これがさらなるエンパワーメントで, このような近隣への関連/応用ビジネスのためのメニュー, グッドプラクティス集作成やマニュアル整備も, 次のプロセスとして想定される.

上述のようにエネルギー以外のユーティリティーサービスへの展開も含めたマイクロユーティリティービジネスのオーナーや実施主体として, 個人のみならずより大規模な協同組合や共同所有形式も検討したが, マネージメントの面などから, バングラデシュにおいては実現性は低いとして, このフーズビリティスタディーではそれ以上検討を行わない. エネルギー以外のユーティリティーサービス事業の可能性も, 本調査では踏み込むことをしない.

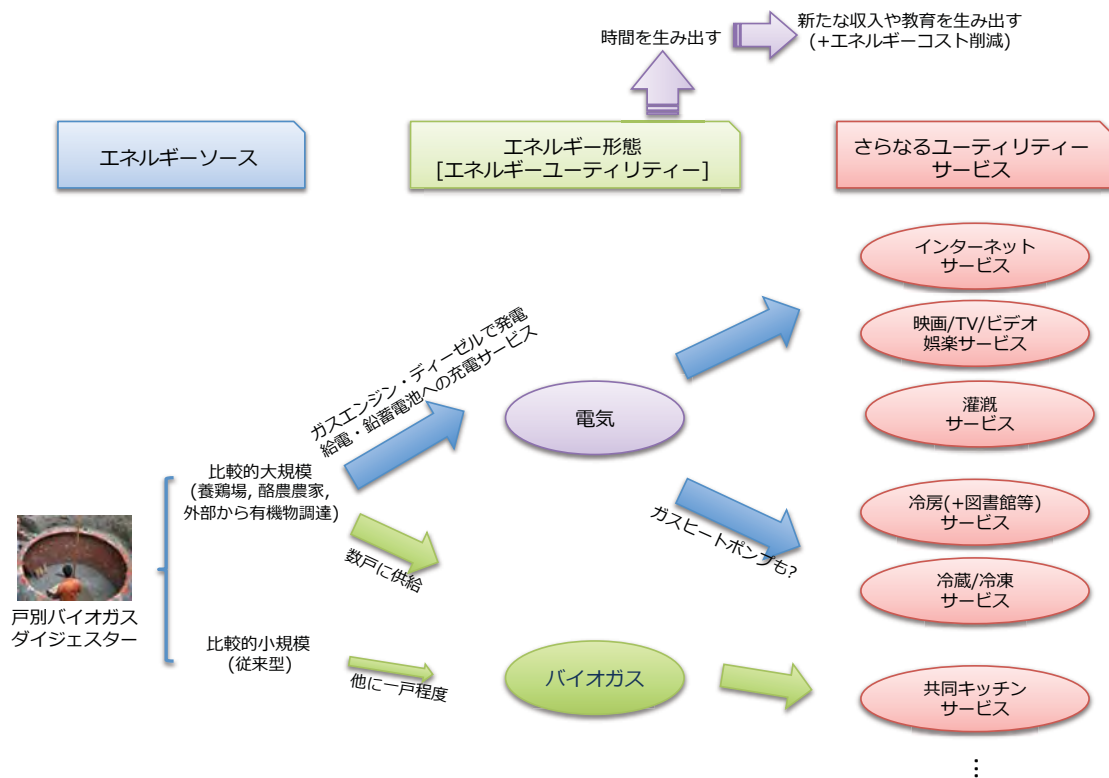


図 4: エネルギー・マイクロユーティリティビジネスの形態とさらなる派生サービスの例

I-7. 事業実施地域

本マイクロユーティリティ普及活動は、バングラデシュ全域で行う(図 5)。

下記は協同する Grameen Shakti のオフィス分布図。2012 年 5 月現在で 1,464 のオフィスを全国に展開、事業規模の拡大に伴って着実に増え続けている。従業員も 11,000 人にのぼる(ほとんどが技術者)。5 万の村をカバーして、地場に根ざした活動を展開している。



図 5: バングラデシュ全域に展開する Grameen Shakti のオフィス

I-8. 主対象となるマイクロユーティリティの種別

本調査で対象となっている活動はやや複雑であるため、ここで分類をしておこう。

マイクロユーティリティ活動として可能性があるものは、SHS を用いた電気の供給と、バイオガスダイジェスターを用いたガス供給である。

SHS の方は、シングルユーザータイプは家庭用が主であるが、農家間の距離が離れているため、マイクロユーティリティは稠密状態の小規模商店タイプのみが可能性がある。ただ、前述のように調査の結果 10 W_p, 20 W_p の小規模タイプ SHS との競合などから、専用の条件の良いファイナンススキームを GS が用意しているにも拘わらず、現状の 2,100 台強から大きく増えていく可能性は低いことが判明した。したがって、ビジネスとしての可能性は本調査では追求することは行わない。

一方で、バイオガスダイジェスターを用いたマイクロユーティリティは、ボトムアップ的に動いてきている一軒の農家が所有してバイオガスを供給するタイプが、もっとも有望であることが判明した。またこれは CDM との親和性も高い。発電利用などの可能性もあるが、電気の販売という形態は現状ではほとんどみられず、現時点ではガスのまま供給するタイプを、ビジネスの対象とする。また、マイクロユーティリティビジネスを行う農家は、バイオガスの原材料である糞尿がなければならぬが、ポテンシャルの大きさから考えて、中小規模の養鶏農家を中心に調査を行った。

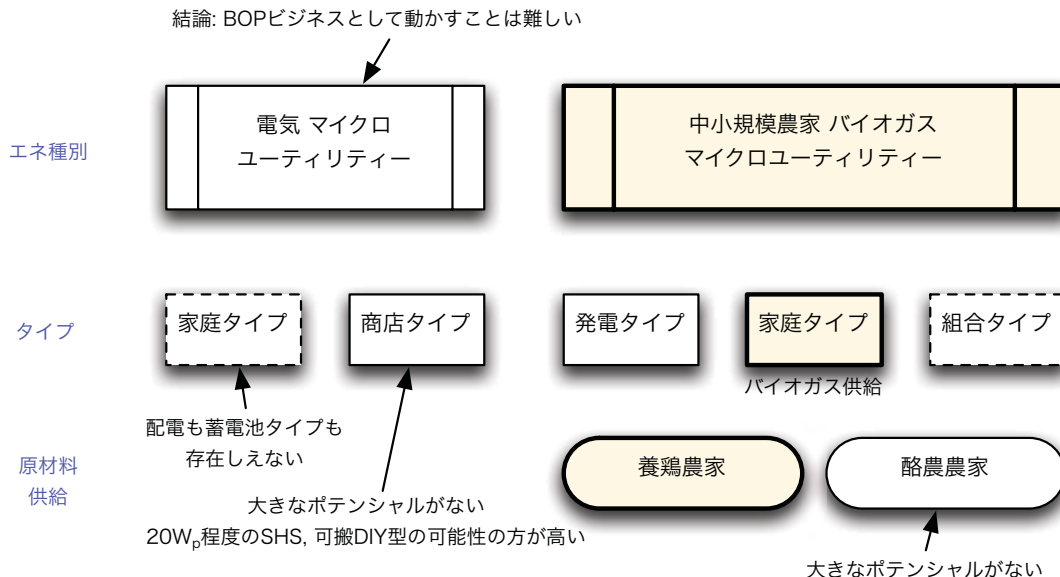


図 6: マイクロユーティリティ種別とビジネスの主対象

すなわち、ビジネスの主対象となるマイクロユーティリティの種別は、以下である：

中小規模養鶏農家による近隣農家向けバイオガス供給事業

導入される SHS もしくはダイジェスターの機器の容量という点で分類してみると、以下の図のようになる。

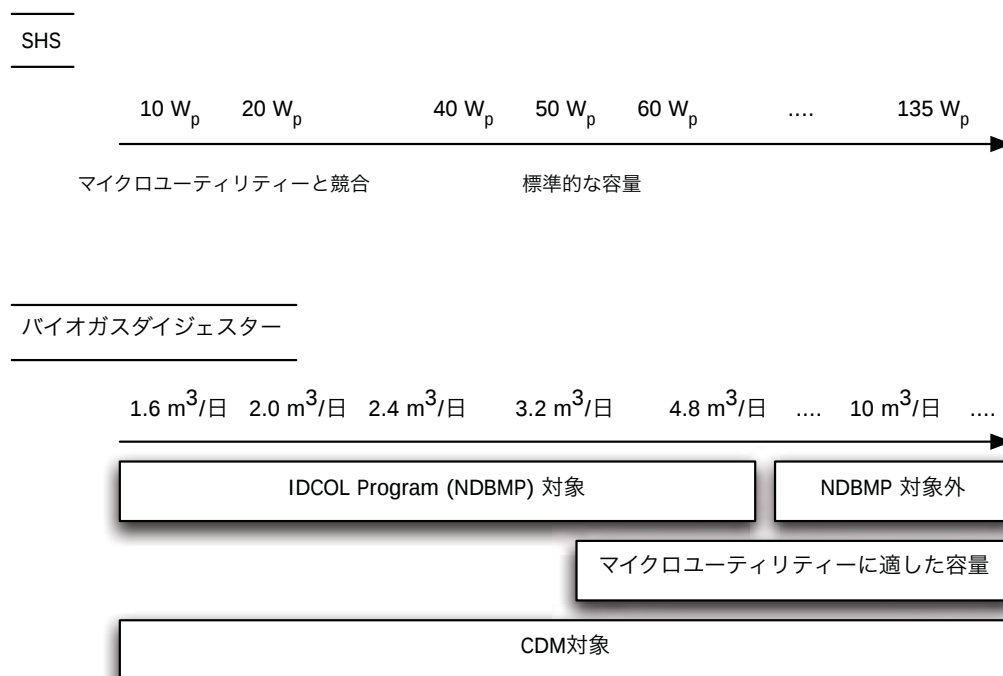


図 7: エネルギー生成機器容量による分類

CDM のコンテキストでは、上図のようにすべての容量が対象でかつ、シングルユース+マイクロユーティリティの両方を含むことになる。加えて、Grameen Shakti だけでなく、その他の(主としてシングルユース型の)IDCOL の管轄¹⁵にあるすべてのダイジェスターも含む。

I-9. 本報告書の構成

また、報告書の構成と個々の要素の関係性は以下の図のようになっている。

第 II 章は、ビジネスの基本である「実態把握」の結果である。マイクロユーティリティというモデルに関して、機器のオーナーとユーザーという視点から、既存および潜在的な農家に対して、アンケート調査を行い、実態把握を行った。ここでは、SHS とバイオガスダイジェスターの両方が対象となっている。加えて、その背景となるとくに養鶏農家の現状に対して、いくつかの視点から現地調査を行った。

¹⁵ IDCOL は、当然自己の家庭用バイオガス普及プログラムである NDBMP を管轄するが、加えて、CDM のコーディネーターでもあるため、4.8 m³/日を超える(=NDBMP でカバーされない)ダイジェスターによる活動も、監督することとなる。

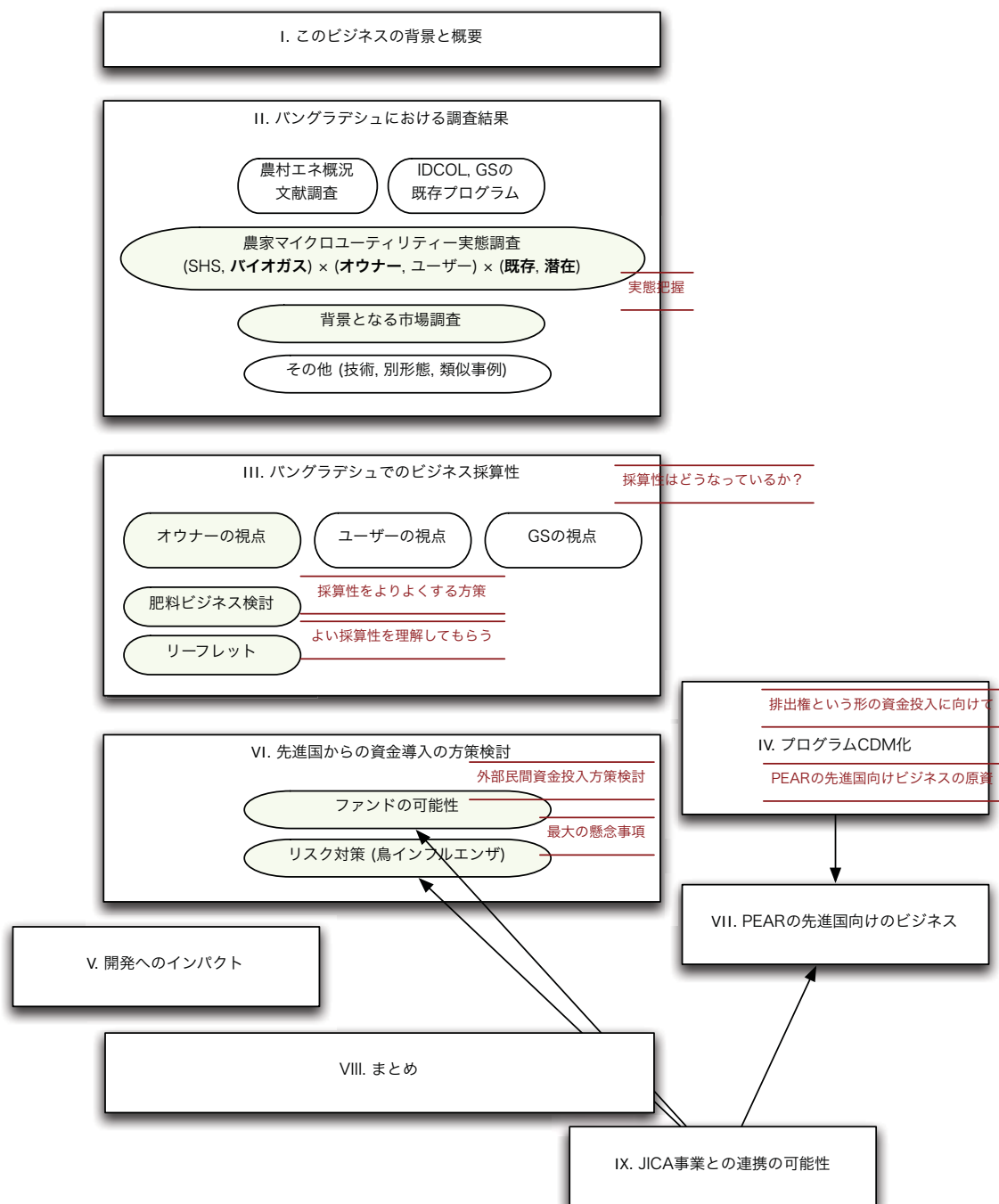


図 8: 本報告書の構成と個々の要素の関係性

続いて第 III 章では、バングラデシュでの活動の主体となるマイクロユーティリティのオーナー、ユーザー、そして普及活動を行う Grameen Shakti の各主体の視点から、マイクロユーティリティにかんして主として採算性という視点から検討を行った。また、普及促進のための手段として、バイオガスダイジェスターオーナーの採算性をよくする手段のひとつとして、肥料ビジネスの可能性検討、GS の販売促進のためのツールであるリーフレットの作成なども行っている。

一方で、普及を促進させるという点からのアプローチである CDM に関しては、第 IV 章で扱っている。CDM は、PEAR の先進国向けのビジネスの原資となるものでもある。ここでは、京都議定書の下でプログラム CDM として登録されるために必要とされるかなりテクニカルな点を説明しており、また、CDM はマイクロユーティリティ以外も含むなど、本調査報告書の流れからは異質な色彩がある。

第 V 章は、ビジネス面から離れて、JICA の支援事業として重要な側面である、当該事業のさまざまな側面からの開発へのインパクトに関して、文献調査を行った。これはとくにマイクロユーティリティに特化したものではない。

第 V 章までは、バングラデシュ内に関するものであるが、マイクロユーティリティ活動を促進させるため、先進国から外部民間資金を導入する方策を、第 VI 章で検討した。民間資金の場合、リスクの評価が重要になるが、本調査で鳥インフルエンザに関するリスクがもっとも大きいことが判明し、それに対する対策を検討している。

第 VII 章は、先進国企業である PEAR が、バングラデシュの事業や類似の事業を用いて、いかに先進国向けのサービス事業を行うか？という点を検討した。とくに、クラウドファンディングの手法を使う場合のアプローチ方法を対象としている。

これらを、第 VIII 章は、まとめとしている。

その結果として、第 IX 章では、JICA の民間連携としてどのようなことが考えられるかを考察してみた。

とくに本報告書においてキーとなるのは、バイオガス・マイクロユーティリティ事業を行う農家であるため、それを中心に多面的な調査を行った。図 9 は、このバイオガスダイジェスターのオーナー農家に関して、本調査が、とくに金銭的面から、どのような視点から検討を行ったか？ということを概観したものである。

左側の「薪購入費用不要」、「ガス販売益」、「肥料販売益」(販売を行う場合)は、便益の種類を表している。これが農家にとっての金銭的インセンティブとなる。

では、どうやって導入するか？という観点が真ん中の「自己資金」と「外部資金」に関する点で、自己資金だけ導入できる農家はよいが、さらに外部資金が導入できれば、普及はよりはずみがつく。その外部資金の可能性のある種類が、右側の「CER」、「外国企業からの資金」、「IDCOL からの資金」、「GS からの資金」であって、「？」は現時点では明確ではない¹⁶ものである。

¹⁶ CER も明確ではないが、CDM 化(CDM PoA として CDM 理事会に登録されること)の可能性は高

とくに企業からの資金導入をはかるためには、受け皿であるファンドをどう組成するか、またリスクをどうコントロールするか？という視点が重要であり、それらの面に関して、検討を加えている。

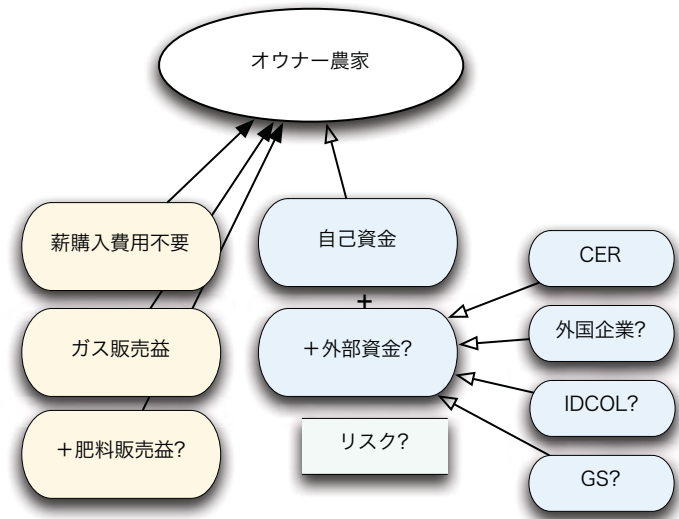


図 9: バイオガス・マイクロユーティリティー事業を行う農家への多方面からの検討

II. バングラデシュにおける調査結果

II-1. 概況調査 (バングラデシュでの農村のエネルギー消費実態概況)

ここでは、まず背景情報として、バングラデシュ農村のエネルギー消費実態をみてみよう。

以下は、世界銀行の“Restoring Balance—Bangladesh’s Rural Energy Realities” (Working Paper 181) (2010)の Bangladesh Institute of Development Studies の 2004 年のサーベイをベースとした文献の結果である(元情報はやや古いが、バングラデシュにおける農村エネルギー消費実態に関する包括的サーベイは 25 年ぶり)：

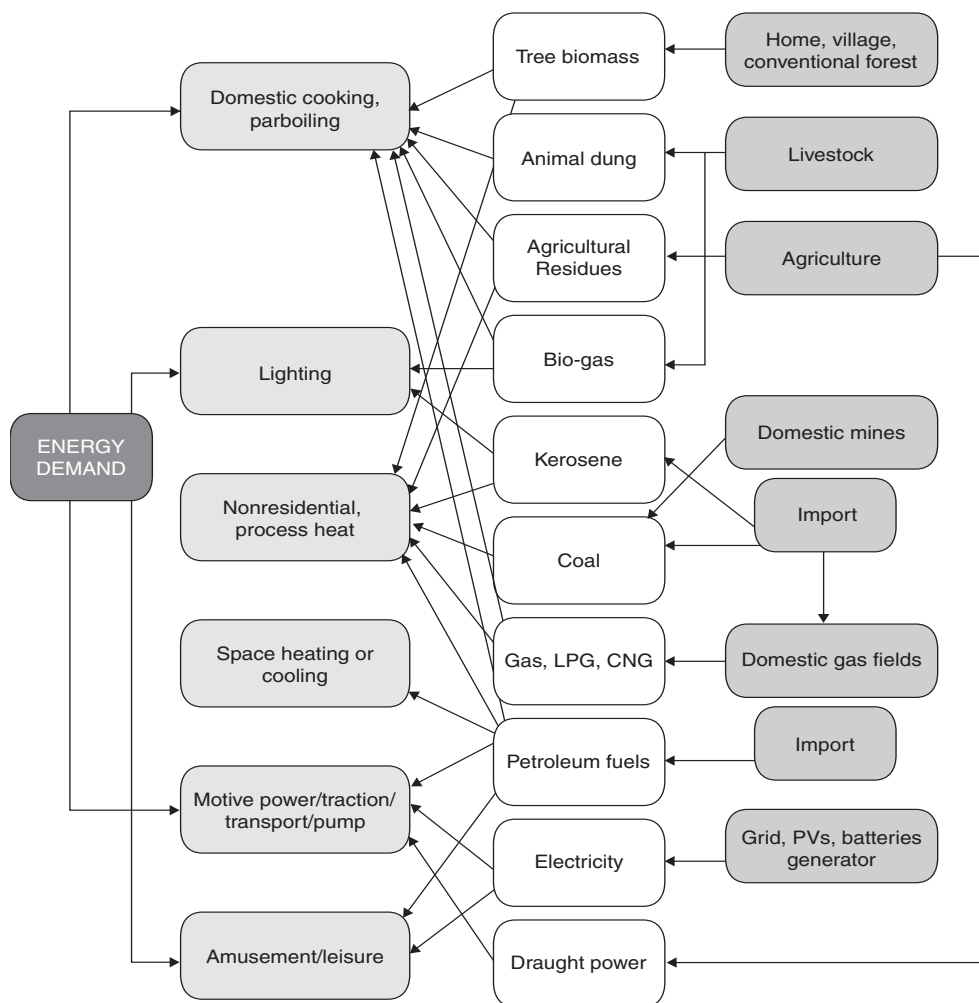


図 10: バングラデシュ農村のエネルギー供給と需要のフロー

農村のエネルギー供給と需要に関するフローは、上図のとおりであるが、消費量および支出内訳は以下の通りとなる：

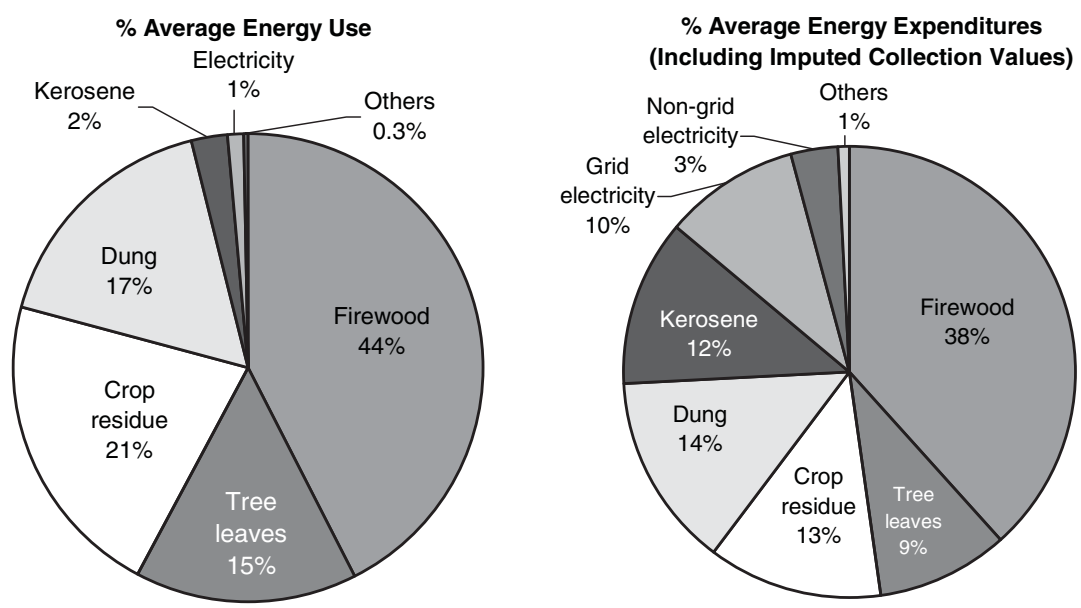


図 11: 地方の家庭のエネルギー消費量と消費支出内訳

このうち、ケロシンと電力(グリッド電力を指す)は、照明用、その他のほとんどすべてのバイオマス燃料は、調理用である。



図 12: 市場で販売されている薪

なお、支出等の絶対値は、現在の値とは貨幣価値が異なるので単純比較はできない。主として相対的な傾向が意味を持つ。現在、森林減少傾向に伴い薪の価格は長期的に上昇傾向にある。¹⁷

所得水準ごとの、年間のエネルギー支出の所得による差異は、以下の通りである：

表 1: 所得水準ごとの世帯あたり年間のエネルギー支出 (Tk/世帯/年)

Income Category (thousands of Tk)	Tree		Crop		Cow		Grid		Non-grid	
	Fuelwood	Leaves	Residue	Dung	Kerosene	Electricity	Electricity	Other		
<25	928	419	538	562	440	167	90	18		
25-50	1,688	498	582	745	570	304	146	15		
50-75	2,455	469	692	711	667	553	190	23		
75-100	2,877	500	811	730	706	664	254	42		
>100	3,016	454	779	875	822	1,288	293	194		
All	1,962	470	641	716	608	488	172	44		

もっとも貧しい家庭は、所得の 15% (3,000 Tk 程度) をエネルギー購入に充てていて、この「割合」は所得水準が上がるにつれ、小さくなる。

一方で、バイオマス収拾に要する「機会費用」を、所得別に収拾時間で表したものは、以下となる。一家族で 200 時間となるうち、女性の費やした時間がもっとも大きく、ほぼ年間 150 時間(最貧層)～100 時間(富裕層)となっている。

表 2: 所得水準ごとの世帯あたり年間のバイオマス収拾時間 (時間/世帯/年)

Income Category (thousands of Tk)	Biomass Source			
	Fuelwood	Cow Dung	Tree Leaves	Crop Residue
<25	44.4	38.8	112.2	2.1
25-50	74.5	26.0	120.4	1.3
50-75	75.5	13.9	119.9	1.0
75-100	51.2	15.9	106.5	0.8
>100	31.9	19.7	98.1	0.7
All	60.6	24.6	114.3	1.3

調理時間に関しては、以下のようになっている。照明と異なって、バングラデシュの地方にはガスグリッドが存在せず、これはほぼすべてバイオマスによる調理を表している。

¹⁷ 後述するように、われわれの行ったアンケート調査では、薪購入に、一家庭あたり月におよそ 1,000 Tk の支出がなされている (1 Tk (タカ) はおよそ 1 円に相当する)。

表 3: 所得水準ごとの世帯あたり年間の調理時間 (時間/世帯/年)

Income Quintile (thousands of Tk)	Total Cooking Hours
<25	4.2
25–50	5.9
50–75	7.0
75–100	8.0
>100	9.2
Average	6.4

照明用エネルギーは、グリッド電力の来ている 30% (地方電化庁 REB の下の電化組合 PBS が供給) 以外¹⁸は、ケロシンを用いている (ケロシンを他用途に使うことはほとんどない)。

下の表は、所得別のグリッド連系比率と電力消費量であるが、所得が高いからグリッド連系率が高いのではなく、電気をかなり自由に使える地域の所得が高くなる、あるいは所得の高い人は電力グリッドのある地域に住む傾向にあると読むべきであろう。

表 4: 所得水準ごとのグリッド連系比率と世帯あたり電力消費量

Annual Income (thousands of Tk)	Connection Rate (%)	Household Consumption (kWh)*
<25	15.0	32
25–50	23.2	76
50–75	33.7	167
75–100	38.2	180
>100	54.2	455
All quintiles	29.0	144

ケロシンランプと電灯の、照度×点灯時間は以下のような関係にある：

表 5: 所得水準ごとのケロシン家庭と電灯家庭の世帯あたり一ヶ月の照度供給量

Income Quintile (thousands of Tk/year)	Kerosene Lamps (klm-hr/month)	Electric Lights (klm-hr/month)
<25	2.99	130.30
25–50	4.00	218.22
50–75	4.71	353.11
75–100	4.97	329.73
>100	5.86	509.32
All	4.26	324.97

年間のコスト支払いは、以下の表で表される。

¹⁸ 配電網が来ているところでも、電力供給は不安定であるため (計画停電も日常化している)、ケロシンランプはバックアップ用に用いられている。

表 6: 所得水準ごとのケロシン家庭と電灯家庭の照度あたりコスト支払い

Income Quintile (thousands of Tk)	Kerosene (Tk/liter)	Kerosene (Tk/klm-hr)	Electricity (Tk/klm-hr)	Relative Price of klm-hr (K:E)
<25	21.2	46.1	0.71	64
25–50	21.1	39.1	0.54	72
50–75	20.9	27.7	0.43	64
75–100	20.9	35.5	0.40	88
>100	20.9	30.5	0.33	92
All	21.0	34.9	0.47	74

電気を用いた照明機器とワット数は以下の通りである:

表 7: 所得水準ごとの電灯家庭の照明機器

Income Quintile (thousands of Tk)	Households with Electric Lighting (%)	Total Wattage/ Household	% Using Bulbs	No. Bulbs/ Household	Bulb Wattage	% Using Fluorescent Lamps	No. Compact Fluorescent Lamps	Compact Fluorescent Lamp Wattage
<25	15.0	16	14.8	0.3	16	0.6	0.01	0.5
25–50	23.2	35	23.1	0.6	33	2.7	0.04	1.4
50–75	33.7	69	33.7	1.1	62	9.2	0.16	6.1
75–100	38.2	79	38.7	1.4	69	12.4	0.31	10.0
>100	54.2	156	53.9	2.7	137	24.3	0.55	20.0
Average	29.0	58	28.9	1.0	52	7.3	0.15	5.2

電力へのアクセスの有無による年間のエネルギー家計支出は以下のようになる(単位:タカ):

表 8: 所得水準ごとの電気へのアクセスの有無によるエネルギー支出 (Tk/世帯/年)

Income Category (thousands of Tk)	Households without Electricity		Households with Electricity	
	Kerosene Expenditure	Other Energy Expenditure	Kerosene Expenditure	Other Energy Expenditure
<25	467.8	2,466.0	281.9	3,054.7
25–50	645.9	3,613.8	319.2	3,865.4
50–75	794.4	4,715.2	415.6	4,179.2
75–100	883.6	5,886.1	418.8	4,095.9
>100	1,133.8	5,944.9	559.9	5,270.3
All	688.9	3,905.0	408.8	4,227.2

その他, S. Komatsu, *et al.*, “Are micro-benefits negligible? The implications of the rapid expansion of Solar Home Systems (SHS) in rural Bangladesh for sustainable development” Energy Policy, 2011. 等も, 非金銭的価値を含めたコスト便益分析を行っている。また IDCOL も, プログラムごとに最近の状況を調査し報告書にまとめている。

II-2. バングラデシュ政府の政策, IDCOL プログラムの現状とドナーの状況

□ バングラデシュ政府の政策

バングラデシュ政府は、2000年2月に策定した政策において、2020年までに全国の電化を達成することを目標としている。この目標を達成するために、従来から実施してきた配電網の延長による電化に加えて、SHS によるオフグリッド電化を推進している。配電網の延長による電化は、Rural Electrification Board (REB)が政府の責任機関となり、その支援のもとに全国の電化組合(PBS)が電化事業を実施している。これに対して SHS によるオフグリッド電化は、国有のインフラおよび再生可能エネルギー投資金融機関の Infrastructure Development Company Limited (IDCOL)¹⁹が責任機関となり、その金融および技術的な支援のもとに Grameen Shakti (GS)等の 30 の Partner organizations (POs)が電化事業を実施している。IDCOL は 2014 年までに PO を通じて 250 万台の SHS を設置する計画である。また、政府は SHS の普及を促進するため、2000 年 4 月に SHS に対する輸入関税を撤廃している。

再生可能エネルギーの開発については、政府は 2008 年 11 月に策定した再生可能エネルギー政策に基づいて導入を進めている。この政策は 2015 年までに再生可能エネルギーによる電力供給を 5%に、2020 年までに 10%に引き上げることを目標としている。このなかで太陽光発電については大きなポテンシャルがあると評価している。バイオマスについては、資源に恵まれており大規模な発電への利用が可能であると評価している。バイオガスについては、調理用燃料としての利用と都市およびその近郊における電力不足時の供給力として利用可能であると評価している。一方、風力発電は海岸部およびに島嶼部に資源が限定されており、水力発電についてもチッタゴン周辺を除くと資源が乏しいと評価している。

□ IDCOL の方法論とプログラム

IDCOL は、市場経済を重視した支援モデルを実施する政府系営利目的企業である。返済能力の乏しい最下層世帯は事業対象と考えず、主に産業分野で幅広く事業を展開している。IDCOL の再生可能エネルギー部門は、政府系金融機関や国際協力機関から、低金利で調達した資金を、SHS や BD の販売事業を実施する Partner Organization (PO)に提供する。補助金と低利融資を組み合わせた「パッケージ」として提供することにより、再生可能エネルギー技術の効率的な普及を目指している。PO の自立を促す目的で、原則として、補助金額は段階的に減らしていく方針を定めている。

バングラデシュの SHS の潜在的な需要は、約 600 万世帯あり、現在までに、IDCOL モデルにより 100 万世帯に SHS が設置された。2014 年までに、現在 30 強ある PO を通じて、累積 250 万台の SHS を設置する予定である。近年 IDCOL は、従来の 20 W_p システムに加えて、より小規模の 10 W_p

¹⁹ <http://www.idcol.org/>.

の SHS を融資対象に追加している(通常の導入ケースは 50 W_p 程度)。一方、ソーラーランタンは IDCOL 融資対象としては規模が小さすぎると考え、除外している。また、IDCOL は SHS を「共有する」仕組みはバングラデシュでは文化的にも経済的にも成功しないとみなして、マイクロユーティリティモデルを特別に支援する計画をしていない。また現在の補助金制度の下では、戸別に小規模の SHS を導入する方が、相対的に補助率が高くなり有利であるため、マイクロユーティリティモデル導入には、消極的である。IDCOL は、今後の方向性として、生活水準の向上を求める経済力の高い層を対象とした、交流型の太陽光発電ミニグリッドの普及を打ち出している(従来型 SHS は直流型)。

バイオガスダイジェスターに関しては、IDCOL によると、バングラデシュの家庭用バイオガスダイジェスター(BD)の潜在的な需要 300 万世帯のうち、IDCOL モデル(National Domestic Biogas and Manure Program; NDBMP)によって、2012 年 1 月までに約 22,000 世帯に BD が設置されている。2012 年までに、IDCOL モデルにより、33 の PO を通して累積 37,000 台の BD を設置する予定である。

2012 年はじめに策定された 2013–2016 年の新しい計画では、(上記 4 万台弱を含み)2016 年末までに、全部で 15 万台(追加的に 128,000 台)の BD を設置することとなっていて、PO ごとに計画をブレイクダウンしている(GS はこの 4 年間に約 5 万台)。

家庭用 BD はファイナンス上、IDCOL にとって魅力が低いと考えられている。その理由としては、融資金額が小規模(一番売れている型で 19,000 Tk/台)で費用対効果が低いこと、SHS に比べ BD の担保価値が低く不良債権化率が高いことなどがある。一方、大規模養鶏場におけるバイオガスダイジェスターは商業化の可能性が高いとみられていて(発電用)、IFC 資金でそのためのファンド組成が成されることとなっている。全国に 10 万以上の中小規模養鶏場があり(規模別分布は後述)、農村でのガス供給または電化への貢献が期待されているが、現在 IDCOL には中小規模を対象にした計画はなく、SHS に比較すると重点は置かれていない。

□ ドナーの状況

世界銀行は地方電化を継続的に支援している。2002 年から始まった Bangladesh-Rural electrification and renewable energy development プロジェクトは、配電線延長による電化に加え、SHS によるオフグリッド電化を対象に加えている。このため、プロジェクトの実施機関も REB とともに IDCOL が対象に加えられている。IDCOL は民間企業およびマイクロファイナンス機関が行う太陽光発電および再生可能エネルギーのプログラムの調整を行うことになっている。プロジェクト規模は 2 億 9,800 万ドルで、そのうち世界銀行が 1 億 9,098 万ドルの融資を、GEF が 820 万ドルの無償資金を供与している。このプロジェクトは 2008 年 6 月までの計画であったが、2012 年 12 月まで計画期間が延長されている。

世界銀行はこのプロジェクトに引き続き、Additional financing II for rural electrification and

renewable energy development を行うことにしている。このプロジェクトは、全国的な発電能力不足等のために配電線延長による電化事業がスローダウンしている状況を踏まえて、主たる対象事業を SHS による地方電化とし、IDCOL を実施機関とすることになっている。プロジェクト総額は 2 億 5,500 万ドルで、このうち世界銀行の融資額は 1 億 7,200 万ドルである。計画では 63 万台の SHS 導入とミニグリッド(60 の灌漑用太陽光発電システム、バイオガス発電 5 箇所、バイオマスガス化発電 1 箇所)を予定している。

ADB は 2008 年 10 月から IDCOL を実施機関として、Public-Private Infrastructure Development Facility プロジェクトを開始している。プロジェクト総額は 1 億 6,500 万ドルで、このうち、SHS およびバイオガスダイジェスター普及プログラム向けの融資は 3,300 万ドルである。ADB は融資のほかに 330 万ドルの無償資金を供与することを 2011 年 5 月に承認している。この無償資金は SHS 購入者への補助金(US\$25/SHS)等を使用される予定である。

ドイツの KfW は SHS およびバイオガスダイジェスターの普及事業に無償援助を行っている。戸別バイオガスダイジェスター(容量が 4.8 m³/日以下)の普及については、KfW が SNV(オランダ)の援助を引継ぎ、設置費用の 80%の低利融資と 1 台当たり 9 ユーロの補助金を供与している。2012 年までに 6 万台の住宅用バイオガスプラントを設置する予定である。KfW は今後、バイオガスダイジェスターに対する援助を拡充する意向である。

同じくドイツの GIZ は、比較的大型のバイオガスダイジェスターに焦点を当てて技術協力している。バイオガスダイジェスターの普及においては、養鶏場と酪農場を優先している。現在、酪農場にバイオガスダイジェスターを設置して 24 kW のバイオガス発電を行うパイロットプロジェクトを実施している。また、ピコソーラーランタン(3-5 W)普及のため、市場調査および品質調査(特にバッテリー)を行っている。ピコソーラーランタンの輸入関税の免税化についても調査を行っている。

オランダの援助機関 SNV (<http://www.snvworld.org/>)は、とくに(バングラデシュを含む)途上国における家庭用バイオガスの有用性を認め、(バイオガス先進国である中国やインドを除く)世界のアジアとアフリカの途上国において、バイオガス普及プログラムを行ってきた。2011 年前半までに、SNV の始めたプログラムの下で各国で導入したバイオガスダイジェスターや平均のコストは以下の通りである。バングラデシュは、ネパール、ベトナムに次いで導入が進んではいるが、その人口規模に比較するとまだまだこれからである。バイオガスダイジェスターの導入コストはかなり低い方であることがわかる。

また、ADB は、Energy for All プログラムの中で、SNV といっしょに、家庭用バイオガスを促進させようとしている。

表 9: SNV のサポートしているバイオガスプログラムにおけるダイジェスター導入量²⁰

Country	Programme took off in	2010	2011 (official)	Cumulative up to 2011 (official)	Average investment costs (USD)
Asia					
Nepal ¹	1992	22,516	19,246	250,476	663
Vietnam ²	2003	24,511	23,309	123,651	621
Bangladesh	2006	5,688	5,049	20,756	488
Cambodia	2006	3,744	4,826	14,972	430
Lao PDR	2006	937	439	2,405	448
Pakistan	2009	520	860	1,447	505
Indonesia	2009	1,581	2,970	4,613	660
Bhutan	2011	-	40	40	
Africa					
Rwanda	2007	627	785	1,846	1,339
Ethiopia	2008	731	1,641	2,500	800
Tanzania	2008	1,021	1,444	2,571	710
Kenya	2009	837	2,399	3,239	947
Uganda	2009	583	1,276	1,902	741
Burkina Faso	2009	111	609	721	808
Cameroon	2009	49	33	105	858
Benin	2010	22	20	42	1,211
Senegal	2010	14	225	239	898
Total		63,492	65,171	431,525	
¹ Including plants financially supported by WWF since 2007; total 7,915					
² Including plants under ADB and WB supported programmes since 2010; total 9,793					

II-3. Grameen Shakti の活動の現況

□ SHS (戸別太陽光発電システム) 普及プログラム

(1) IDCOL の SHS 普及プログラム

GS の SHS 普及活動は IDCOL の SHS 普及プログラムに基づき実施されている。IDCOL の SHS 普及プログラムは下記に示す関係機関の役割分担による実施されている。

- 政府: プログラム実施に必要な資金の確保
インセンティブ制度の実施(輸入関税の免除等)
- IDCOL: PO に対する SHS 費用とキャパビル費用低減のための補助金
PO に対する低利融資

²⁰ SNV, Domestic Biogas Newsletter, Issue 6 – March 2012. (コストは Issue 5 – September 2011 より)。

技術支援(トレーニング, 啓蒙普及活動等)
プログラム実施状況のモニタリング

- PO: 地域と顧客の選定および SHS 設置
(partner organization) マイクロクレジットの供与
アフターセールスサービス(メンテナンス)
- 援助機関: 無償資金および低利融資の供与
技術協力
- メーカー/供給事業者: SHS および構成部品の PO への販売

IDCOL の SHS プログラムの仕組みを下図に示す. 技術基準委員会は大学, 政府および IDCOL の技術専門家で構成され, 技術基準の作成および製品の適合性の審査等を行う. PO 選定委員会は, IDCOL, 政府機関の代表で構成され, PO の資格審査を行う. 運営管理の各委員会は全ての PO のプログラム責任者および IDCOL 代表で構成され, プログラムの運営状況のモニタリングと運営管理を行う.

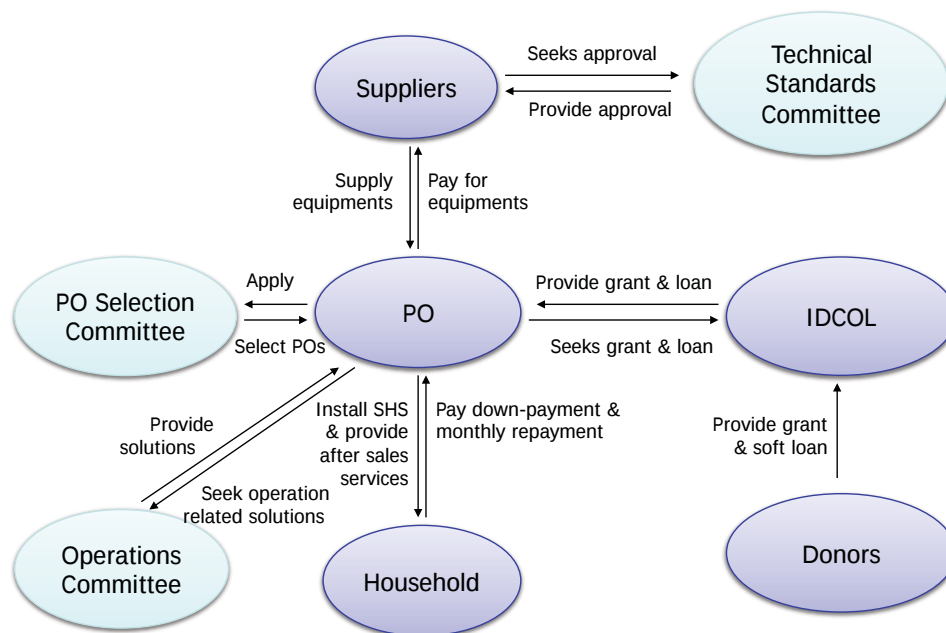


図 13: IDCOL の SHS 普及プログラムの概要

IDCOL の SHS 普及プログラムは, SHS の商業ベースでの普及を目指しており, 商業ベースでの普及を実現するために, SHS 購入者および PO に対する補助金を普及台数の増加とともに低減させる仕組みを導入している. PO に対する補助金は PO の育成強化のために PO に対して支払われるものである. この補助金額の推移を下表に示す.

表 10: SHS に対する補助金の推移(一台あたり)

普及段階	SHS補助金		
	合計	SHS購入者補助金	POに対する補助金
最初の2万台	\$90	\$70	\$20
次の2万台	\$70	\$55	\$15
次の2万台	\$50	\$40	\$10
次の8万8,160台	€38	€30	€8
次の3万5千台	€36	€30	€6
次の23万5千台	€34	€30	€4
次の10万台	€28	€25	€3
次の7万2千台	€22	€20	€2

IDCOL は PO の SHS 購入者向けのマイクロファイナンス資金の 80%を PO に融資し、残りの 20%の資金は PO が自己資金で融資を行う。IDCOL の PO に対する融資条件は、融資期間が 6–10 年、返済猶予期間が 1–2 年、金利が 6–8%, 返済周期は半年ごととなっている。下表に典型的な大きさである 50 W_p の SHS をモデルとした資金バランスの事例を示す。

表 11: 50 W_p の SHS の資金バランス事例

	Tk	US\$
SHS費用合計	30,000	435
自己資金(10%) (頭金)	3,000	43
SHS購入者補助金 (US\$50の場合)	3,450	50
POの融資総額	23,550	341
IDCOLからPOへの融資 (80%)	18,840	273
POの自己資金	4,710	68
POに対する補助金 (US\$10の場合)	690	10

為替レート: US\$1 = Tk 69

(2) Grameen Shakti の SHS 普及プログラム

Grameen Shakti (GS)は 1996 年に、地方における再生可能エネルギー普及等を支援するために設立された非営利法人である。

SHS に対する融資制度は、当初は頭金 50%で残りの 50%を 6 ヶ月の分割払いで返済する仕組みであったが、その後、頭金 25%で残りの 75%を 24 ヶ月の分割払いで返済する仕組みに変更された。

現在の融資制度は下記のとおりとなっている。

- オプション 1: 頭金 15%で、残りの 85%を 36 ヶ月の分割払いで支払う。(固定金利 8%/年)
- オプション 2: 頭金 25%で、残りの 75%を 24 ヶ月の分割払いで支払う。(固定金利 6%/年)
- オプション 3: 頭金 35%で、残りの 65%を 12 ヶ月の分割払いで支払う。(固定金利 5%/年)
- オプション 4(マイクロユーティリティーのみ対象): 頭金 10%で、残りの 90%を 36 ヶ月の分割払いで支払う。(金利ゼロ)
- オプション 5: 100%を現金で支払う。4%の値引き。

GS の IDCOL のプログラムによる SHS 設置台数は 2012 年 5 月時点で 86 万 4,149 台に達しており、IDCOL プログラムによる SHS 設置台数の約 6 割を占めている。下図に GS の累積設置台数の推移を示す。2002 年に世界銀行等の支援で IDCOL の SHS 普及プログラムが開始されて以来、SHS 設置台数は飛躍的に伸びており、現在、毎月約 2 万 1 千台を設置している。2015 年時点の計画値は 500 万台の設置となっている。このような急激な SHS 普及を支えているのが全国 1,232 箇所に設置された GS のブランチオフィスである。ブランチオフィスは、SHS のマーケティング、設置、維持管理、ローンの返済金の回収等を行っている。

一方で、後述のグラミン・テクノロジーセンターは、技術者の育成センターで、GS の設置する SHS システムのチャージコントローラー、蛍光灯等の組み立て、設置・維持管理技術の訓練、啓蒙活動等を行っている。

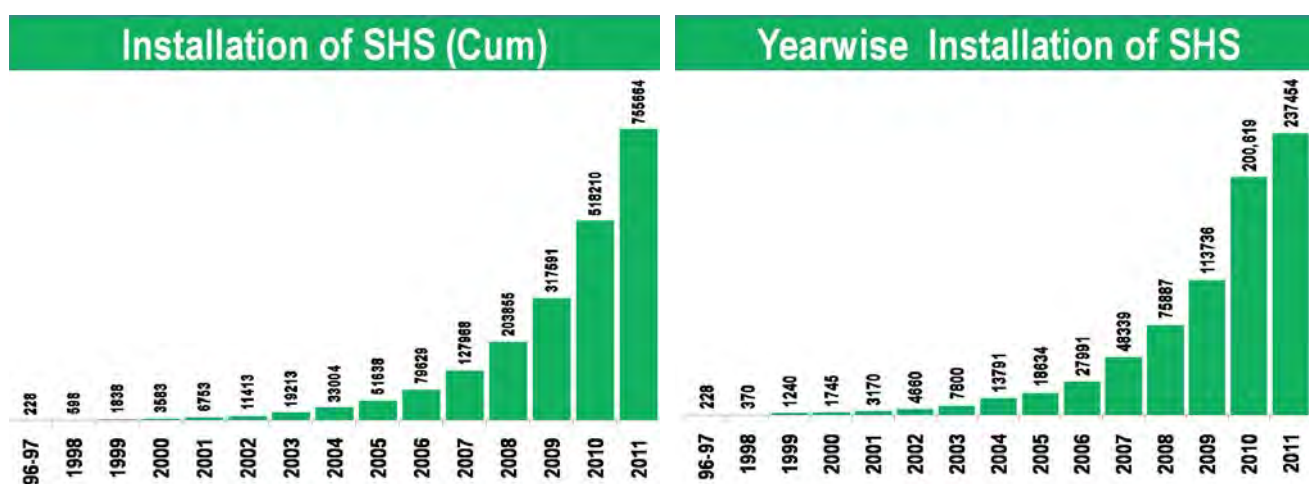


図 14: SHS 普及台数の推移(積算と年間設置台数)

現在、GS が提供しているオフグリッドエリアの SHS は下表の通りである(毎年価格は変わるが、地方による差異は設けていない)。SHS は当初は比較的裕福な家を対象とした 40-50 W_p のシステム

が中心であったが、その後、20 W_pシステム、さらには 10 W_pシステムと低価格の小型システムが追加された(直近の状況は、Annex 3 参照)。

表 12: SHS システム価格表

SL. No.	Load	Package Included	Using Time / day	Package Price (Tk) (Off-Grid)
1	11 x 7 watt tube light and a 17-20" TV (Black/White)	A 135 watt panel, 11 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	72,900
2	11 x 7 watt tube light and a 17-20" TV (Black/White)	A 130 watt panel, 11 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	72,000
3	10 x 7 watt tube light and a 17-20" TV (Black/White)	A 120 watt panel, 10 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	69,200
4	8 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 85 watt panel, 8 x 7 watt CFL, a 130AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	44,800
5	7 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 83 watt panel, 8 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	44,500
6	7 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 80 watt panel, 7 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	42,200
7	6 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 75 watt panel, 6 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	40,500
8	5 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 65 watt panel, 5 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	36,000
9	5 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 63 watt panel, 5 x 7 watt CFL, a 100AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	35,700
10	5 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 60 watt panel, 5 x 7 watt CFL, a 80AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	34,400

11	4 x 7 watt tube light and a 17" TV (Black/White)	A 50 watt panel, 4 x 7 watt CFL, a 80AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	29,500
12	3 x 7 watt tube light and a 14" TV (Black/White)	A 40/42 watt panel, 3 x 7 watt CFL, a 55/60AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	23,600
13	2 x 5 watt CFL or a 5 watt CFL and a tube light	A 20/21 watt panel, 2 x 5 watt CFL or a 3watt CFL and a tube light, a 30AH deep discharge battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	13,100
14	2/3 LED (18/36) light or a 5 watt CFL	A 10 watt panel, 2/3 LED light or a 5 watt CFL, a 18AH battery, a charge controller, a frame and cables	4 Hours	9,800

GS は SHS の普及のために、2005 年から全国の未電化地域周辺にグラミン・テクノロジーセンターを設置しており、現在、センターの設置数は 46 に達している。同センターでは SHS の構成部品（チャージコントローラー、蛍光灯、携帯電話充電器等）の組み立てや、学校等における SHS の普及啓蒙活動、SHS の設置・運転維持管理訓練を実施している。同センターはとくに雇用機会に恵まれない地方の女性に雇用の機会を創出することを目指しており、女性のエンジニアが地域の女性に SHS の設置工事や維持管理業務等の職業訓練を実施している。この職業訓練を通じてスキルを身につけ、独立した女性テクニシャンも多い。



図 15: Grameen Technology Center の女性エンジニアおよびテクニシャン



図 16: Grameen Technology Center でアセンブルしている機器

(3) SHS マイクロユーティリティ

GS は、未電化地域の「商店街」において、1つの SHS から近隣の商店にも照明用の電気を供給するマイクロユーティリティに対し、条件の良いファイナンス(頭金 10%, 金利なし)を提供している。

地方の商店街の商店は隣接して立地していること、照明の利用は各 1 個で、営業時間もほぼ同じであること、通りから中が見渡せるために電気の使用状況が外部からわかるという特長がある。このため、1つの SHS を隣り合う商店で使用しても配線のための追加的な費用や電力ロスがほとんどないこと(屋内配線と同じ程度)と電力使用量が各商店ともにほぼ同一であり公平感が確保されることからマイクロユーティリティの導入に適している。2011 年 10 月時点でマイクロユーティリティの導入数は 2,050 台以上となっている。通常は 50 W_p のシステムが用いられている。



図 17: GS 製チャージコントローラーのマイクロユーティリティでの使用例(分電)



図 18: マイクロユーティリティで電気を供給されている床屋

なお、「家庭」に関しては、近隣家庭への距離の問題から、SHS によるマイクロユーティリティは行われていない。また、バッテリーチャージングサービスという形態のマイクロユーティリティも、バングラデシュではないようである。バイオガスを用いた発電による家庭向けマイクロユーティリティは、今後の可能性はあると想定されるが、今回の調査では、実態は明らかになっていない。

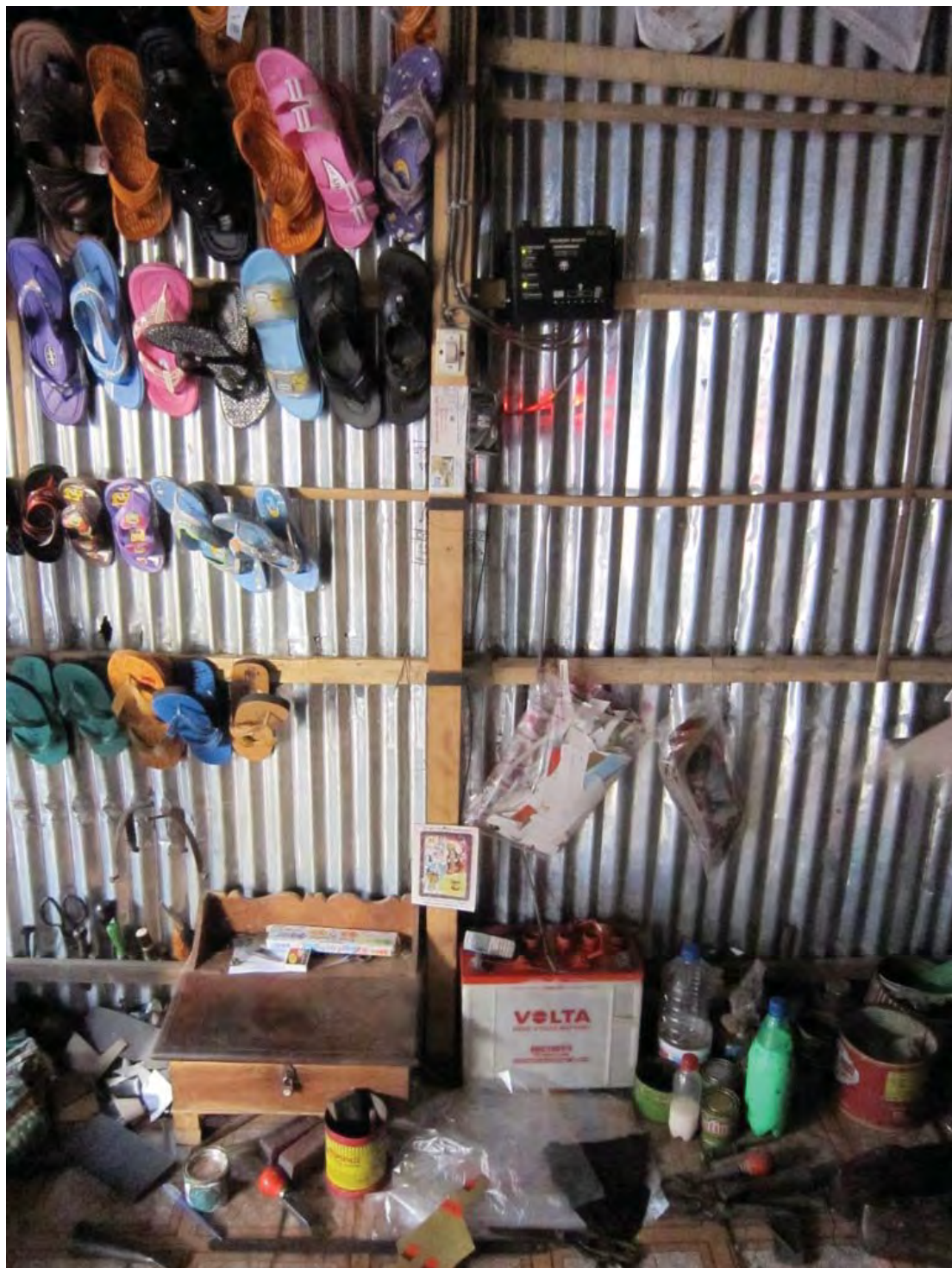


図 19: マイクロユーティリティーで電気を供給している GS 製チャージコントローラー事例
現在, 世界銀行, IDCOL とともに, CDM 化(プログラム CDM)の最終審査段階にある. CDM の coordinating/managing entity は, IDCOL となっている.

□ バイオガスダイジェスター 普及プログラム (III-3 も参照)

Grameen Shakti の 3 つの主要な活動で、SHS と ICS は月に 2 万台程度の設置ペースで拡大を続けている。それに比較して、バイオガスダイジェスターは、500 台程度とまだこれからという段階ではある(2012 年 5 月時点で積算では 22,662 台)が、図 19 に示すように拡大再生産を続けている。2015 年時点における計画値は 20 万 5 千台導入となっているが、最近はやや伸びが鈍化している。

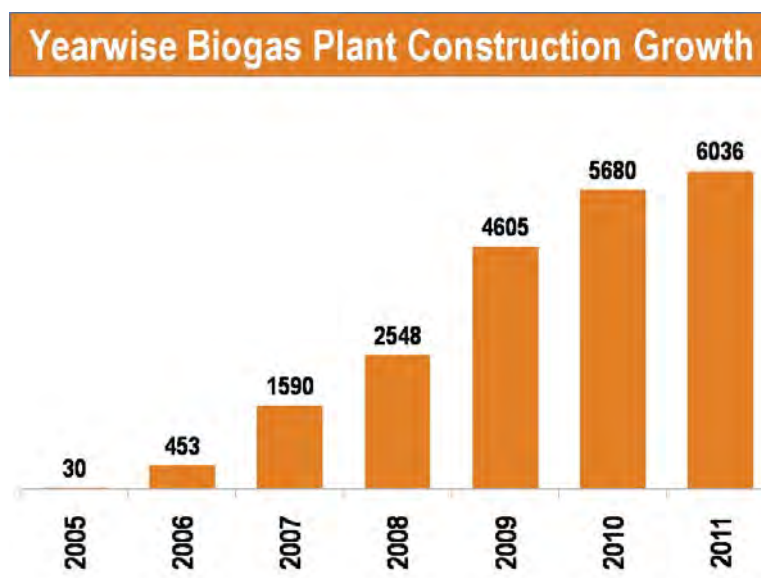


図 20: バイオガスダイジェスター普及台数の推移(年間設置台数)

BOP 層の一般家庭で用いる「熱エネルギー」(そのほとんどが調理用)供給に関する対策としては、後述のようにバイオマス量を約半分にできる ICS と、バイオガスダイジェスターの 2 つがあり、現在では農家の所得水準等によって、低所得家庭には ICS、余裕やフィードストックのある家庭にはバイオガスダイジェスターが勧められてきた。ICS は廉価での成功モデルであるが、一方で、より利便性が高く、燃料コストがゼロになるバイオガスの有用性はより望ましいものである。マイクロユティリティーモデルは、より低所得者層へもバイオガスの便益を拡げるモデルであるため、Grameen Shakti は、できるだけ拡大したいと考えている。

いままで主として用いられてきた IDCOL の家庭用バイオガスダイジェスタープログラム(NDBMP)の下で設置されているダイジェスターは、 4.8 m^3 /日のバイオガス生産容量以下のものであり、その価格はおよそ以下のようなものとなっている。²¹ その主力は 2.4 m^3 /日のものである。

²¹ バイオガスダイジェスターは、地面の掘削や石工による工作作業が必要であり、また主原料であるセメント等の価格は、地域や時期によって異なる。したがって、ここでの値段は参考値であり、実際は個々の農家の状況に応じてケースバイケースで決められる。

表 13: バイオガスプラント価格表

Size (capacity) (m ³ /d)	Working hours of one single burner	Daily cow dung required (kg)	Daily poultry droppings required (kg)	Approximate plant construction cost (Taka)	Technical & supervision fee (Taka)	Maintenance fee (Taka)	Total Plant construction cost (Taka)	Subsidy (Taka)	Down Payment (15%)	Monthly Installment (Taka)
1.6 m ³	3-4 Hours	43 kg	23 kg	20000 Taka	5000 Taka	700 Taka	25700 Taka	9000 Taka	2505 Taka	686 Taka
2.0 m ³	4-5 Hours	54 kg	28 kg	23000 Taka	5000 Taka	700 Taka	28700 Taka	9000 Taka	2955 Taka	809 Taka
2.4 m ³	5-6 Hours	65 kg	34 kg	27000 Taka	5000 Taka	700 Taka	32700 Taka	9000 Taka	3555 Taka	974 Taka
3.2 m ³	7-8 Hours	87 kg	45 kg	35000 Taka	5000 Taka	700 Taka	40700 Taka	9000 Taka	4755 Taka	1302 Taka
4.8 m ³	10-12 Hours	130 kg	68 kg	42000 Taka	5000 Taka	700 Taka	47700 Taka	9000 Taka	5805 Taka	1590 Taka

Grameen Shakti は、(マイクロユーティリティに適した)4.8 m³/日を超えるダイジェスターの設置も行っているが、その数は少ない。

初期費用負担を軽減するための融資制度(マイクロクレジット)は一種類で、以下のようになっている:

- 頭金 15%で、残りの 85%を 24 ヶ月の分割払いで支払う。(固定金利 8%/年)

これは、IDCOL プログラムに入っていないケースに対しても適用される。また、Technical & Supervision Fee を支払えば(最初の半額、完成時に半額)、自分で建設も可能となっている。



図 21: 建設中のバイオガスダイジェスター

バイオガスダイジェスターは、煉瓦とセメントで建設する従来型のタイプであり、設置には二週間以上の期間を要する。また、大幅拡大のためにはそのための特別な技能を持ったエンジニアの育成が不可欠であり、それらがネックになる可能性がある。したがって、ファイバーグラスやプラスチックバッグのような工業製品化されたバイオガスダイジェスターの導入も検討しており、ファイバーグラス製に関しては、中国の専門家のレポートに基づき、IDCOL プログラムの技術基準委員会の認可がおりようとしている状況にある。

下の写真は 4.8 m^3 を超えるダイジェスターで、マイクロユーティリティーを実施中のものである(チューブで多数の近隣家庭に搬送)。ダイジェスター本体は、手前の地下に埋設されている。



図 22: マイクロユーティリティ用に多数のチューブが接続されているダイジェスター

Grameen Shakti の HQ では、ダイジェスター単位 (=オーナー単位) での管理がなされており、導入ダイジェスターの種別や導入年月日、ファイナンスの種別などがデータベース化されていて、新規導入ダイジェスターに関しては、毎月、IDCOL への関連情報が報告されている (IDCOL も NDBMP 全体に関して、各種パフォーマンスのチェックのできるマネージメントシステムを稼働させていて PDCA サイクルもまわっている)。

言い換えると、供給される側のバイオガスのユーザー情報は Grameen Shakti では把握しておらず、現在はマイクロユーティリティ専用の融資制度もないため、マイクロユーティリティの (すなわちガス販売の有無やユーザー戸数などの) 実態把握はなされていない。CDM 化にあたっては、後述のように、ユーザーに関するモニタリング項目導入とデータベースの拡充が不可欠となる。これらは、Grameen Shakti と、マネージメントシステムの拡張を検討中である。データベースの拡張事項は、第 IV 章のモニタリング計画とマネージメント体制関係、とくに表 21 参照。

From Date:		01/Dec/11		To Date:		31/Dec/11		Payment Type: Credit					
Project Name: IDCOL				Total Sale:	264	Construction Cost:	9,794,225.00	Net Cost:	7,418,225.00	DP:	1,379,548.00	Loan Amount:	6,038,677.00
Region Name: Bagerhat				Total Sale:	2	Construction Cost:	74,375.00	Net Cost:	56,375.00	DP:	19,067.00	Loan Amount:	37,308.00
Unit ID: 112 Unit Name: Chitolmari				Total Sale:	1	Construction Cost:	38,455.00	Net Cost:	29,455.00	DP:	8,837.00	Loan Amount:	20,618.00
Sl No.	Client ID	Client Name	Address	Completion Date	Plant Size	Total Cost	Net Cost	Down Payment	Loan Amount	Subsidy			
1	B0112-0054	Mr. Nazrul Islam	Baramon Bagdea, Shingati, Fakirhat, Bagerhat	30/Dec/11	2.4 m3	38,455.00	29,455.00	8,837.00	20,618.00	9,000.00			
Unit ID: 231 Unit Name: Kachua				Total Sale:	1	Construction Cost:	35,920.00	Net Cost:	26,920.00	DP:	10,230.00	Loan Amount:	16,690.00
Sl No.	Client ID	Client Name	Address	Completion Date	Plant Size	Total Cost	Net Cost	Down Payment	Loan Amount	Subsidy			
2	B0231-0008	Mr. Anower Hossen Gazi	Hazrakhal, Hazrakhal, Kachua, Bagerhat	20/Dec/11	2.4 m3	35,920.00	26,920.00	10,230.00	16,690.00	9,000.00			
Region Name: Banskhali				Total Sale:	1	Construction Cost:	47,435.00	Net Cost:	38,435.00	DP:	5,766.00	Loan Amount:	32,669.00
Unit ID: 451 Unit Name: Gunagori				Total Sale:	1	Construction Cost:	47,435.00	Net Cost:	38,435.00	DP:	5,766.00	Loan Amount:	32,669.00
Sl No.	Client ID	Client Name	Address	Completion Date	Plant Size	Total Cost	Net Cost	Down Payment	Loan Amount	Subsidy			
3	B0451-0017	Ritan Chakraborti	Sesuria, Bolchari, Banskhali, Chittagong	27/Dec/11	2.4 m3	47,435.00	38,435.00	5,766.00	32,669.00	9,000.00			
Region Name: Bhurungamari				Total Sale:	2	Construction Cost:	66,239.00	Net Cost:	48,239.00	DP:	7,463.00	Loan Amount:	40,776.00
Unit ID: 87 Unit Name: Bhurungamari				Total Sale:	2	Construction Cost:	66,239.00	Net Cost:	48,239.00	DP:	7,463.00	Loan Amount:	40,776.00
Sl No.	Client ID	Client Name	Address	Completion Date	Plant Size	Total Cost	Net Cost	Down Payment	Loan Amount	Subsidy			
4	B0087-0083	Mr. Rafiqul Islam	West Sar Gopalpur, Phulkumar, Bhurungamari, Kurigram	30/Dec/11	3.2 m3	35,420.00	26,420.00	3,963.00	22,457.00	9,000.00			
5	B0087-0085	Mr. Alub Ali	Vitorubi, Newashi, Nageshwari, Kurigram	30/Dec/11	2.4 m3	30,819.00	21,819.00	3,500.00	18,319.00	9,000.00			
Region Name: Bianibazar				Total Sale:	1	Construction Cost:	43,700.00	Net Cost:	34,700.00	DP:	5,205.00	Loan Amount:	29,495.00
Unit ID: 667 Unit Name: Shahbajpur				Total Sale:	1	Construction Cost:	43,700.00	Net Cost:	34,700.00	DP:	5,205.00	Loan Amount:	29,495.00
Sl No.	Client ID	Client Name	Address	Completion Date	Plant Size	Total Cost	Net Cost	Down Payment	Loan Amount	Subsidy			
6	B0667-0023	Mr. Abdur Khaleq	Karompur, Shahbajpur, Baralekha, Moulvibazar	31/Dec/11	2 m3	43,700.00	34,700.00	5,205.00	29,495.00	9,000.00			

図 23: データベースで管理されている個々のダイジェスター情報の一部



図 24: バイオガスコンロを使用して調理している農家の主婦

□ 改良かまど 普及プログラム (ICS)

改良かまど普及プログラムは、バイオガスと同じく調理用熱エネルギーを対象としたプログラムで、その安価であるという特徴もあるため、とくにバイオガス・マイクロユーティリティのユーザーと重なるという点で、将来、ユーザーの面でも、Grameen Shakti のプログラムという面でも、CDM の面でも相互作用する可能性があるため、どのようなプログラムかみてみよう。

改良かまどは、従来型の効率の悪い(約 10%程度)三点支持式かまど(下の左の写真)を代替するものとして開発され(効率はほぼ 2 倍)、世界で様々なタイプが用いられている。初期コストが低く、必要とされる技術も高くはないものの、使用するバイオマスが半分で済むため、簡便で利用しやすい方法として LDC 農村で導入がすこしずつ進んできている。

Grameen Shakti は、従来は粘土製(右の写真)の ICS を主としていたが、大量普及のため現在は自社製のコンクリート製にシフトしてきている(構造はほぼ同じ)(世界にはさまざまなタイプがある)。



図 25: 旧来型の三点支持型かまど(左)と改良かまど(粘土製)(右)

ICS の価格は以下の通りで、バイオガスダイジェスター等に比較してかなり廉価な対策となっている(ちなみに、従来型のかまどの場合、一家庭あたりの薪購入費用はおよそ Tk 1,000 強/月となっている)。

- Single mouth Tk 760

- Double mouth (medium) Tk 890
- Double mouth (large) Tk 1,090

ICS も, SHS と並んで大きな成功モデルで, 月に 2 万台程度の設置が行われてきている. IDCOL のプログラム傘下にあるわけではない.

現在, 資金を拠出している J.P. Morgan の下で, プログラム CDM 化されている(登録番号 4971²²). CDM のルールにより, ICS の既設農家が, より便利なバイオガスダイジェスターに転換した場合は CER を得ることが難しそうであるが, 現在 ICS 化を差し引いた形でクレジットできないか検討中である.

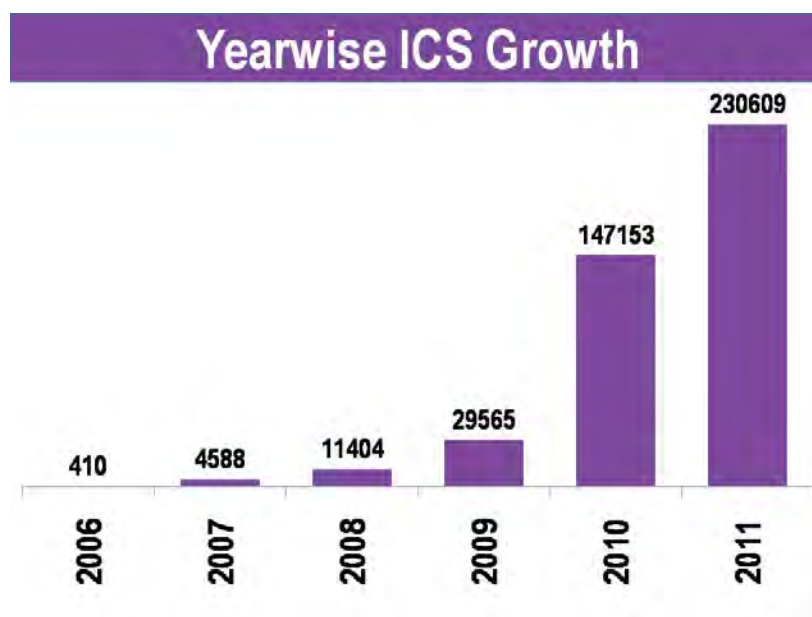


図 26: ICS 普及台数の推移(年間設置台数)

上記の図で表されているように急速な導入が進んでいて, 現在は月に約 2 万 1 千台の設置が行われており, 2011 年 5 月までの累積では 49 万 6,244 台が設置された. 2015 年時点の計画値では, 500 万台の導入が想定されている.

□ Grameen Shakti のマイクロクレジット・スキーム

一セット数万タカの値段のする SHS やバイオガスダイジェスターは, BOP 層農家にとって, 容易に支出できるものではない. この問題への大きな解決策として, Grameen Shakti は, 導入農家に対し, 上述のように 12 ヶ月から 36 ヶ月の期間にわたる月賦制の融資スキーム(マイクロクレジット)を用意している.

²² http://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/poa_db/SE7XIMKF8NYVOTL16BW3U45C9ZDGAP/view

Grameen Shakti のマイクロクレジットは、Grameen 銀行などの行っている現金収入獲得のためのマイクロクレジットとは性格が異なり、エネルギーコスト削減に寄与する活動向けではあるが、新たな現金収入を生み出すものではない。

また、IDCOL に対する先進国援助機関からの資金を原資としており、その意味で、独立採算制でもないため、市中金利より低い金利水準に抑えられている。

現在、SHS の資金回収率は 98%、バイオガスダイジェスターは 90%となっている。この差の主たる理由は、SHS の方が技術的サポートなどで顧客満足度が高いためと GS は分析している。

また、

$$\text{貸出金利} > \text{調達金利} + \text{貸倒リスクプレミアム}$$

という形²³をとっていない(そのように貸出金利を設定していない)ため、マイクロクレジットだけでは赤字が確実となっていて、これを GS は余剰資金の預金利息で穴埋めしている。GS 全体での黒字体質と、社会的便益の最大化を優先する、利益の最大化を追求しない、という面から考えれば、回収率として 90%を超えているならば、金融システムとして目標を達成しているという言い方もできるかもしれない。

II-4. マイクロユーティリティー・実態サーベイ調査

マイクロユーティリティーのビジネスとして拡大しうるかどうかに関して、バングラデシュのニーズとシーズの実態を知るため、

$$(\text{SHS, バイオガスダイジェスター}) \times (\text{既存, 潜在的}) \times (\text{オーナー, ユーザー})$$

に関して、サーベイ調査を行った (SHS については既存のマイクロユーティリティー所有者とユーザーに限定して調査を実施)。

サーベイの内容は、Grameen Shakti と検討し、個々の家庭や商店を訪問する形で、以下のような方法で行った。なお、サーベイ報告書は、Annex に添付してある。

□ SHS: 問題意識と調査項目の設定

SHS マイクロユーティリティー (SHS-MU) の所有者およびユーザーの SHS 容量、ユーザー数、利用動機、経済的な便益、満足度、今後の課題等を明らかにすることを目的に、現在 SHS マイクロユーティリティーを所有している者およびそのユーザーを対象にインタビュー調査を実施した。サンプル数は、所有者及びユーザーともに 100 軒を対象とした

²³ 貸出金利: 8%, 調達金利: 6%, 貸倒リスクプレミアム: 10% (バイオガスダイジェスター)。

調査対象地域については、チッタゴン州とクルナ州の 2 州とした。チッタゴン州は山岳地帯が多く未電化地域が多いこと、クルナ州は川で分断され未電化地域が多いことから、SHS-MU システムが多い(調査票は Annex 参照)。

□ SHS: サーベイ結果とビジネスモデル構築へのインプリケーション

SHS-MU の所有者の回答者は 82 で、回答率は 82%である。平均サイズは 55.7 W_p であり、50 W_p システムの利用が圧倒的に多い。サイズ選定の理由は、7 割弱の回答者が照明ランプの数と回答している。これは商店における電力利用は照明が主であるためである。SHS-MU の所有者及びユーザー共に照明ランプの使用数は各 1 個である。ユーザーの数は平均 3 軒で、所有者の照明を含めると SHS-MU は平均 4 灯を利用しており、所有している SHS の平均サイズ 50 W_p の利用可能な照明数と整合している。ユーザーに課している毎月の電気料金は平均で 146 Tk である。この結果、SHS 所有者は毎月、3 軒のユーザーから合計で約 450 Tk の電気料金収入を得ている。

また、SHS 保有者は、SHS 導入前には灯油ランプを使用しており、月平均の灯油代は平均 324 Tk となっている。このように SHS-MU の所有者は SHS 導入に伴い、自ら消費していた灯油代 324 Tk の代替分とユーザーから得る毎月の電気代 450 Tk の合計で約 800 Tk の経済的便益を毎月受けることができる。50W_p の SHS の 3 年間のローンの返済期間中の毎月のローン金額約 740 Tk であり、SHS-MU 所有者にとって、ローン返済額よりも上記の経済的便益が大きいと、導入時の頭金(約 3,000 Tk)の支払いを除くと、SHS-MU 導入にとまなう月々の経済的な負担は生じない。ローン返済完了後は、毎月の電気代収入約 450 Tk が SHS-MU の所有者の純現金収入となる。

GS との維持管理契約については、約 4 割が契約しているが、6 割は契約していない。これはローン返済期間中については GS の担当者が毎月 SHS 所有者を訪問するため、維持管理契約を結んでいないと回答した者が多いものと推定される。SHS-MU の持続的な経営のためにはローン返済後も維持管理契約を結び、GS の技術的な支援を継続的に受けることが重要であるため、ローンの返済完了者を対象に、維持管理契約を結ぶように GS が所有者に PR を行うことが必要である。

SHS-MU のユーザーの回答者は 60 で、回答率は 60%である。全てのユーザーは電気を店舗の照明に利用しており、さらに約 1/3 のユーザーは所有者の了解を得て携帯電話の充電にも利用している。SHS-MU の利用以前に支払っていた灯油ランプの月平均の灯油代は平均 249 Tk である。これに対して SHS-MU が SHS-MU 所有者に支払っている電気代は定額で約 150 Tk/月であるため、SHS-MU ユーザーは電化費用を負担せずに毎月約 100 Tk の照明代を節約することが出来ている。SHS-MU ユーザーは現在のサービスに満足しているが、自ら SHS を購入することにも 7 割のユーザーが関心を有している。

このように SHS-MU は、所有者およびユーザー双方にとって経済的な負担が少なく、灯油ランプを SHS の電気に替えることが出来る優れた仕組みである。所有者の SHS-MU 開始以前の月額灯油代は 324 Tk とユーザーの月額灯油代 249 Tk と比較すると約 70 Tk 多い。このことから、比較的、

資金負担能力がある店舗所有者が SHS-MU の所有者になり、近隣の商店に電気を供給しているものと考えられる。

一方、今回の調査では SHS-MU のユーザーも「自身で SHS を所有する」ことに関心を有していることが判明した。GS が提供する SHS システムも、近年は 10 W_p、20 W_p システムと小型で低価格の SHS が追加されている。近年の GS の SHS のサイズ別設置台数の推移を見ると、下図に示すように小型の 20 W_p システムの台数が急増している。このような傾向を考慮すると、今後は SHS-MU と小型の SHS システムが競合するようになるものと想定される（これは後述するバイオガスのケース—代替的なガス供給オプションがない—とは大きく異なる）。このことはユーザーにとっては選択肢が増加することを意味し、SHS の利用拡大には好ましいことである。

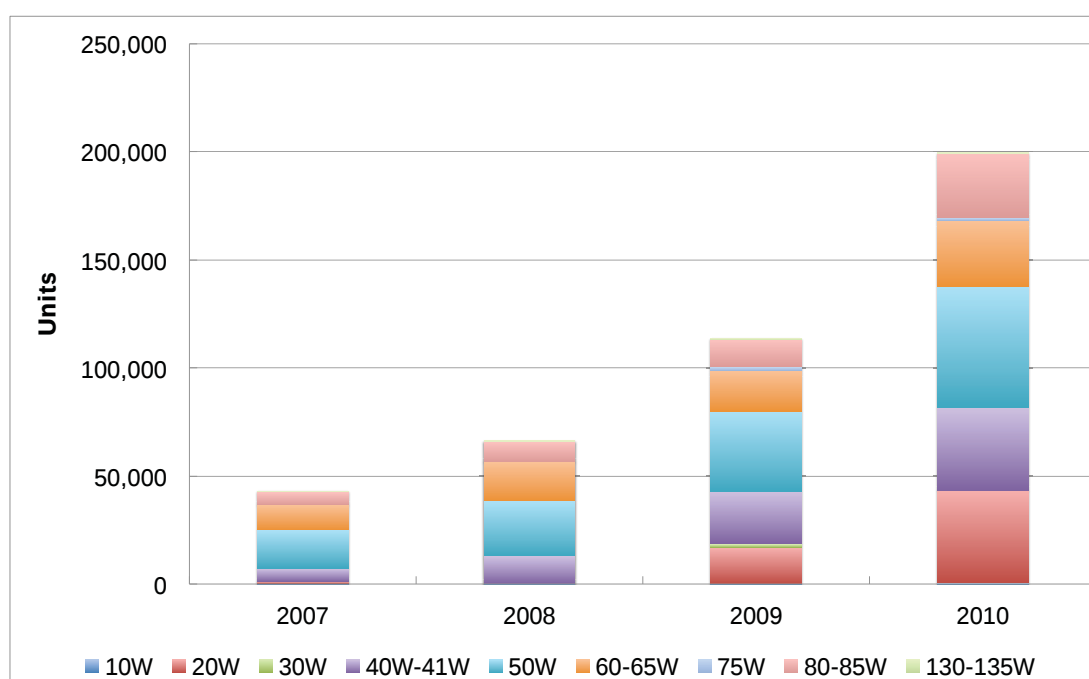


図 27: 規模別 SHS 導入状況の推移

バイオガスダイジェスター：問題意識と調査項目の設定

バイオガス・マイクロユーティリティ（B-MU）の所有者およびユーザーのバイオガス消費量、ユーザー数、利用動機、経済的な便益、満足度、今後の課題等を明らかにすることを目的に、現在バイオガス日産量 4.8 m³ 以上のバイオガス・ダイジェスター（BD）を所有している者およびそのユーザーを対象にインタビュー調査を実施した。

これに加え、B-MU の潜在的所有者として有望な中小養鶏農家（500–10,000 羽程度）およびその近隣住民（潜在的ユーザー）に、原料となる鶏糞の扱い、BD に関する興味・知識、燃料費、バイオガス購入への意欲等について、インタビュー調査を実施した。

サンプル数は B-MU 所有者が 145、B-MU ユーザーが 333、養鶏農家が 216、近隣世帯が 1,230

である。

調査対象地域は、ボグラ州とタンガイル州の 2 州とした。選定理由は、タンガイル州は「養鶏のメッカ」と呼ばれ、全国的にみても養鶏場が集中していること、ボグラ州は養鶏場が多いことに加え、GS が BD 普及にとくに注力していることから(過去の販売台数の約 2 割)、B-MU が多いためである。

□ バイオガスダイジェスター：サーベイ結果とビジネスモデル構築へのインプリケーション

B-MU 所有者の 98%は養鶏農家で、今回の調査対象では、平均約 1,500 羽の鶏を飼育している。1,500 羽規模であれば、理論的には日産量 10 m^3 の BD が設置できるはずだが、実際は 4.8 m^3 の BD の設置数が 94%と圧倒的に多いことがわかった。これは IDCOL からの支援が 4.8 m^3 以下の BD に限定されていることが主因と考えられる。

ガジプル州で実施された別件のインタビュー調査²⁴でも同様の傾向がみられ、潜在規模の 80%を超える BD を設置しているのは、全体の 2 割に満たない。これは、 4.8 m^3 以下の BD でないと IDCOL から補助金をもらえないことに起因すると考えられる。余った鶏糞は液肥(メタン発酵の副産物)と一緒に単純廃棄されるケースが多いことから、B-MU のユーザー数を増加させるためのみならず、住環境保全の観点からも、B-MU 所有者が養鶏場から出る鶏糞をすべて有効利用できる規模の BD を導入することは、重要な課題である。

バイオガスの用途は、調理用のみが 8 割、調理用および発電が 2 割(オングリッド地域でも停電が多い)で、発電のみのケースは 1%程度である。平均で 3 軒の農家にバイオガスを有料供給している(平均約 500 Tk/月/世帯)。GS に対するローン返済額が 1,590 Tk/月で、ユーザーからの合計支払いとほぼ一致することから、B-MU 所有者の燃料費は、BD 導入前の平均月 1,000 Tk から、実質ゼロになる。ローンは通常 2 年で完済するため、3 年目以降のバイオガス販売収入と自家燃料費削減分の合計が、B-MU 所有者の所得増加分となる。

液肥に関しては、8 割がその経済価値を理解し、販売したいと考えているものの、魚の餌や肥料として利用される以外、4 割は廃棄している。自家消費であれば問題にならないが、商業化にあたっては、乾燥技術および物流網の確立、市場開拓などが課題になる。養鶏場の運営では、鶏糞から発生する悪臭は養鶏農家や近隣住民にとって、大きな悩みとされるが、B-MU 所有者の 9 割が、BD 導入後、悪臭が改善されたと回答している。B-MU の販促にあたり、このような生活環境改善の便益についても、積極的にアピールすることが必要である。

B-MU のユーザーの大半は BD から 50 m 以内の距離に住んでおり、バイオガスは、PVC チューブ

²⁴ Zaman, Sheikh. 2007. *The Potential of Electricity Generation from Poultry Waste in Bangladesh. A Case Study of Gazipur District*. M.Sc.-Thesis in Energy Systems and Management. University of Flensburg, Germany.

で BD からユーザー家庭に供給されている(図 21 参照). 100 m を超えるケースもあるが, ガス圧に関する苦情はないため, 送ガスの技術的問題はクリアしていると考えている(訪問家庭の最長のケースは 300 m であった). サービス開始に係る費用は, BD 所有者負担が一般的である(ガスコンロはユーザー負担). バイオガス料金は都市ガスの月 500 Tk と同水準だが, 都市ガスの初期接続費用が 2,000 Tk 程度であることを考えると, 天然ガスグリッドのある地域でも B-MU はユーザーにとって魅力的である. 月 1,000 Tk 程度の薪購入費用が, 500 Tk 程度に下がること, 薪に比べ調理時間が短い, 利便性などから, ユーザーの全員が満足しているとの回答を得た.

潜在的 B-MU 所有者である養鶏農家(500 羽以上)に対する調査では, ほぼ全員が BD 技術の存在を知っており, 9 割近くが BD 販売業者を通じて知ったことが明らかになった. 一方, 3 割の農家が導入しない理由として, 資金不足や経済性を挙げたことから, B-MU の経済性の理解が不十分である可能性が示唆された. 農家の理解と浸透を深めるためにも, より定常的な営業活動や, 融資制度の選択肢を増やすことなどが有効であろう.

半数以上の農家は鶏糞を単純廃棄していて, 養鶏農家の 8 割以上が近隣住民から苦情を受けたことがある. 経済性と同時に, 前述のように悪臭対策としてのメリットも強調することが, 普及につながると考えられる.

B-MU の潜在需要と技術の受容度を明らかにするために, B-MU のユーザーになりうる上記養鶏農家の近隣 1,230 世帯(潜在的 B-MU ユーザー)に, インタビュー調査を実施した. ほぼ全員がバイオガス技術のことを知っており, 近隣の養鶏農家が B-MU を導入した場合, その 97%がバイオガスの購入を検討すると回答した. 養鶏農家が B-MU を導入すれば, 燃料費が半減すると同時に養鶏場の悪臭が低減されることから, 近隣住民にとってのメリットは非常に大きい.

II-5. 背景となる市場の状況調査

□ アプローチ

バイオガスダイジェスターは, ダイジェスターに投入する原料(フィードストック)がなければ機能しない. 原料は, バングラデシュでは通常は牛糞, 鶏糞が用いられる(イスラム圏であるため中国で主である豚はほとんど飼っていない. また文化的理由により人糞も利用が難しい). 農業廃棄物等の他の有機性廃棄物を用いたダイジェスターの経験はほとんどなく, 今後の課題でもある.

現状では, 通常のバイオガスダイジェスターの場合, もっとも多い $2.4 \text{ m}^3/\text{日}$, $3.3 \text{ m}^3/\text{日}$ の容量のものに関しては(マイクロユーティリティーは通常は $4.8 \text{ m}^3/\text{日}$ 以上), 8 割が牛糞, 2 割が鶏糞となっている. ただ, マイクロユーティリティー事業という観点からは大半の酪農農家の規模が小さすぎるため(平均的な規模の農家だと 3 世帯に供給するのが限度), 今回の調査では養鶏農家を対象としてサーベイを行った.

いずれにせよ、マイクロユティリティビジネスは、中小規模の養鶏農家と酪農農家の状況に大きく影響される可能性があるため、以下にその状況の調査結果を記すものとする。

□ 養鶏農家の状況

バングラデシュの国民ひとり当たりの鶏肉摂取量は年間 0.8 kg、鶏卵摂取量は 1.0 kg と、それぞれ世界平均の 10.9 kg および 8.1 kg に比べ著しく低い。²⁵ また、動物性蛋白質摂取量も 11.8 g/日と、健康維持に最低限必要とされている 36 g を大幅に下回っている。これまでは、バングラデシュの生活水準の低さから、鶏肉、鶏卵に対する需要は限られていたが、近年、バングラデシュの経済は急成長しており、2010 年までの 5 年間で、平均世帯月収が 7,203 Tk から 11,480 Tk へと実に 59%も上昇した。²⁶ このため、現在では、鶏肉、鶏卵ともに供給が需要に追いついていない状況であり、当分の間、養鶏業界は二桁台の成長が見込まれている。

バングラデシュの養鶏農家は大別すると、以下の 3 種類に分類される

- 独立系農家： 小規模が多く、専門知識を有していない経営者も少なくない。
- 契約農家(contract poultry)： 飼料、ひよこを安定的に割安な価格で購入する見返りとして、鶏肉、鶏卵を市場より低い価格で、Bangladesh Rural Advancement Committee (BRAC)や Aftab Bahumukhi Farm Ltd (ABFL)などの流通業者(インテグレーター)に販売している。共同購入だけではなく、融資面や技術面でのサポートも受けられるため、独立系に比べ経営が安定している。
- 大規模農家： Day-old chicks (DOC)の 25%、飼料の 20%のシェアを持つ国内最大手である Kazi Farms Group や Paragon Group は、大規模の農場のみならず、孵卵場や飼料製造工場も運営し、バリューチェーンの上流から下流(販売網)までを垂直統合している。

表 14: バングラデシュの養鶏場の規模別分布²⁷

サイズ(鶏の数)	養鶏農場の概数
100–249	15,000
250–499	35,000
500–999	45,000
1,000–4,999	12,000

²⁵ Prabakaran, R. 2003. *Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia*. FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER 159.

²⁶ Bangladesh Bureau of Statistics. 2011. *Household Income & Expenditure Survey Key Findings and Results 2010*.

²⁷ BCAS. 2005. *Feasibility Study on Biogas from Poultry Droppings in Bangladesh*, in GTZ-Pure/Power Cell/Sustainable Energy Unit Project.

5,000–9,999	8,000
10,000–50,000	1,200
> 50,000	50
Total	116,000 程度

バングラデシュの養鶏農家を別形態で分類すると、

- ① 孵卵農家
- ② 採卵農家
- ③ 鶏肉農家

の3つに分類される。このうち、①は全国に200程度で数が少なく、③は鶏糞が6週間毎しか回収されず、メタン発酵に適していないため（衛生管理上、鶏舎床に敷き詰めてあるオガクズや籾殻が鶏糞に混ざっている）、B-MU事業の対象となるのは②採卵農家である。大半の養鶏農家が畜産局に登録しておらず、また、採卵・養鶏農家毎の規模別分布の統計がないため正確な数字は把握できていないが、B-MU事業に適している数千羽規模の採卵農家は全国に3,000-6,000軒ほど存在すると推定される²⁸。

当該調査対象の大半を占める1,000–3,000羽規模の独立系養鶏農家においては、変動費用は総費用の96%を占め、変動費用の8割以上を飼料代(56%)とひよこの購入代(28%)が占める。²⁹ ひよこ市場および飼料市場は、いずれも寡占化が進み、価格支配力は売り手側にあるため、独立系の養鶏農家にとっては、厳しい市況である。現にABFLの契約農家は、独立系に比べて23%低い価格で飼料とひよこを購入しており、これが鶏一羽あたりの利益が同規模の独立系農家より7割高い主な要因となっている。また、中小養鶏業者(2,000羽以下)を対象に実施された全国調査によると、販売業者の支配力が強く、95%が望むような高品質のひよこを購入することができず、87%が購入する飼料を選べない状況にある。³⁰

このように、バングラデシュの養鶏業界は、高成長が期待される一方、競争が激化してきているため、中長期的には、市場の整理統合が進み、独立系農家は淘汰され、契約農家と大手農家に集約されていくと考えられる。

²⁸ Bangladesh Bureau of Statistics. 2011. *Farm Poultry and Livestock Survey 2007-2008*.

²⁹ Begum, I.A. 2005. *Vertically integrated contract and independent poultry farming system in Bangladesh: a profitability analysis*. Livestock Research for Rural Development. Volume 17, Article #89. Retrieved October 24, 2011, from <http://www.lrrd.org/lrrd17/8/ara17089.htm>

³⁰ Shah, S., Sharmin, M., and Haider, S. *Problems of small to medium size poultry farms – Bangladesh perspective*. Agrovets Business Unit, Opsonin Pharma Limited, Dhaka-1000, Bangladesh.

以上から、中小養鶏農家は B-MU の潜在的所有者として期待できる一方、独立系の場合、淘汰されるリスクが高まっていることから、ローン提供には慎重になる必要があると考えられる。現に、GS の BD 向けローンは、不良債権化比率が想定をうわまる 10%前後で推移していることから、BD 購入者の与信管理は B-MU 事業形成のうえで無視できない課題である。

このリスクを緩和するひとつのアイデアとして、インテグレーターである BRAC や ABFL と業務提携し、傘下の契約農家に集中的に営業活動を行うことが考えられる。これらの企業は IDCOL の BD プログラムの PO ではなく、また、グラミン・グループは養鶏業には本格参入していないため、利益相反の問題は小さい。B-MU の追加的収入により、契約農家の財務基盤はより強固になり、GS にとっては相対的に収益率の高い契約農家を B-MU 所有者にすることで、BD ローンの不良債権化リスクを抑制できるので、双方にとっての相乗効果が見込める。

一方で、養鶏農家は鳥インフルエンザに代表される事業リスクにさらされており、一旦広まった場合、大きな打撃を受ける。もっとも、一年ほどで事業を再開するケースが多いようではある。

本調査中に、BRAC と ABFL に B-MU の事業構想を提案したところ、ABFL が事業提携に興味を示し、現在、提携内容について交渉中である。ABFL は、500 の中小養鶏場(1500–2500 羽)と生産契約を結んでおり、契約農家にマイクロファイナンス、共同購入サービスを提供していることから、B-MU との親和性は高く、短時間での事業の立ち上がりが期待できる。

□ 酪農農家の状況

前述のように、マイクロユーティリティーとしてポテンシャルがあるのは、養鶏農家(その中の採卵の農家)であるが、一方で従来型の IDCOL の NBDMP のもとで導入されているケースでは、8割が酪農農家である。マイクロユーティリティーも、日産量 4.8 m³程度のダイジェスターで行う場合には、それなりの数が見込まれるので、ここでその状況を見てみよう。

バングラデシュの酪農農家は大別すると以下の 3 つの種類に分類される。

- 牛を 1–3 頭多目的(牛乳生産、子牛生産、農耕用)で飼育している小規模農家。これらの農家で飼育されている多目的牛が全体の 65%を占める。これらの農家はどの酪農グループにも属しておらず、飼育に関する公式な訓練もほとんど受けていない。
- 乳牛を牛乳生産専門のために 1–5 頭飼育している農家。これらの農家は NGO、牛乳生産者組合または近代的な牛乳収集業者グループに所属している。NGO と組合は彼らにマイクロファイナンス、飼料、獣医サービスを提供している。
- 10–20 頭以上の牛を牛乳生産のために飼育している商業酪農家。これらの農家は酪農専業者であり、生産され牛乳は殺菌された生牛乳として販売される。

バングラデシュ国の牛乳の流通には、伝統的なシステム(informal system)と近代的なシステム

(formal system)の 2 つのシステムがある。伝統的なシステムが現在でも牛乳の流通の 90%以上を占めている。一方、近代的な牛乳の流通システムは、Bangladesh Milk Producers Cooperative Union Ltd. (Milk Vita), Grameen-CLDDP, Arong, Pran, Amo-Milk, Aftab Dairy, Tulip, Shelaidah, Bikrampur Dairy, Savar Dairy 等の少数の企業に限定される。この中で Milk Vita が過半のシェアを有している。これらの企業の牛乳生産量とその傘下にある酪農家数を下表に示す。

表 15: 主たる酪農農家の牛乳生産能力 (2007)

Dairy (established year)	Average milk collection (litters/day)	Smallholder milk suppliers
Milk Vita (1973)	200,000	150,000
Amomilk (1996)	10,000	5,000
Tulip Dairy (1998)	3,000	2,000
Arong-BRAC Dairy (1998)	80,000	70,000
Bikrampur Dairy (1998)	10,000	4,000
Ultra-Shelaidah Dairy (1998)	10,000	4,000
Aftab (1998)	8,000	4,000
Pran (2001)	40,000	30,000
Grameen-CLDDP (1999)	7,000	6,000
Rangpur Dairy (2007)	8,000	7,000
Akij Group (2007)	4,000	500
Grameen Danone (2007)	1,000	From CLDDP
Sava Dairy (1974)	3,000	From own farm
Army	Self-consumption	From own farm
Total	384,000	284,500

Smallholder milk producer: Person or household, often landless or without assets, engaged in milk production for economic return on surplus milk, usually owing up to three cows.

バングラデシュ政府は小規模酪農家を支援するため、1999 年から 5 頭以上の品種改良した乳牛を飼育する農家に補助金を出している。この助成措置のより小規模酪農家は増加したが、その廃業率は年率で 15%と高い。これらの農家は飼料や乳牛の健康管理等について十分な知識を有していない。NGO は小規模酪農家に対して短期のトレーニングを実施しているが、講師の能力不足等の理由から十分な効果を上げていない。政府は小規模酪農家の疫病に対する予防接種等に補助金をだしているが、予防接種等の実施体制が不足している。また、小規模酪農家に対する融資制度は限られており、その適用条件も厳しい。このようにバングラデシュ国の酪農産業は多くの課題を抱えている。

II-6. バイオガスを用いた発電用途の技術オプションと課題

バングラデシュでは、畜産農家は、ダッカ、チッタゴンなどの卵、ブロイラー、牛乳等の大消費地の周辺に多く立地しており、かつ、畜産業自体が電気を必要とするため、大半の農家は電化区域内に立地しており、電力は電力会社から購入している。しかしながら、現在、バングラデシュは深刻な

電力不足に陥っており、農村部では 1 日のうち 6 時間程度が停電している。このため、多くの養鶏農家が停電時の電力供給用にディーゼル発電の自家発電機を所有している。近年、一部の農家はバイオガスを調理用燃料として利用するとともに、このディーゼル発電機の燃料としてディーゼル油とバイオガスを混焼している。さらに最近は、バイオガス専焼の発電機の導入事例も生じている。

このため、B-MU の事業化可能性の検討に当たっては、ガス供給とともに、バイオガスの発電利用についても検討を行う必要がある。下記にバングラデシュにおけるバイオガス発電技術の動向と今後の課題を整理した。

□ バイオガスを用いた発電

バイオガスを用いた小規模な発電技術としてはエンジン発電機が一般的に使われている。バイオガス発電に使用可能なエンジンの種類と特徴は下表のとおりである。

表 16: バイオガスエンジンの比較

	ディーゼルエンジン転用 (圧縮点火)	ガソリンエンジン転用 (プラグ点火)	ガスエンジン (プラグ点火)
バイオガス利用のための設備改修内容	ディーゼル油を 10%程度以上混焼する場合には、大規模な改修は不要。 なお、ディーゼル発電機をプラグ点火のオットーサイクルエンジン発電機に転換する場合には大規模な改修が必要となり多額な費用が必要となる。	(ガソリン自動車用の)ガソリンエンジンをバイオガス専焼エンジンに転換する場合には大規模な改修は不要。ただし、効率の低下が生じる。	改修は不要。ただし、出力はバイオガスのカロリーが天然ガス、LPGと比較して低い分だけ定格出力から低下する。(バイオガスのカロリーは天然ガスの 70%程度、プロパンガスの 50%程度)
補助燃料	ディーゼル油 (10%程度以上必要 ³¹)	不要	不要
発電効率	25–35%	20–25%	25–30%
バイオガスが不足した場合の代替燃料	ディーゼル油	ガソリン 天然ガス、LPG	天然ガス、LPG
寿命	長い	短い (3000–4000 時間)	長い (30000 時間以上)

バングラデシュでは、畜産農家はダッカ、チッタゴンなどの卵、ブロイラー、牛乳等の大消費地の周

³¹ バイオガス実用技術, Heinz Schulz and Barbara Eder, 浮田良則監訳, オーム社。

辺に多く立地しており、かつ、畜産業自体が電気を必要とするため、大半の農家は電化区域内に立地しており、電力は電力会社から購入している。しかしながら、現在、バングラデシュは深刻な電力不足に陥っており、農村部では1日のうち6時間程度が停電している。このため、多くの養鶏農家が停電時の電力供給用にディーゼル発電の自家発電機を所有している。一部の農家ではこのディーゼル発電機の燃料としてディーゼル油とバイオガスを混焼している。



図 28: ディーゼル発電機におけるバイオガス混焼事例

上図に示す養鶏場(採卵)は6,500羽の鶏を飼育している。バイオガスダイジェスター(35 m³/日×2台)を4年前に設置し、10 kW のディーゼル発電機で、バイオガス 50%, ディーゼル油 50%の混焼を行っている。電力は、養鶏場、飼料粉碎機、住宅に停電時(約 6 時間/日程度)に供給している。この養鶏場は発電とともに、バイオガスを 48 軒の住宅にも供給している。



図 29: 自動車用ガソリンエンジンのバイオガスエンジンへの転用事例

近年のディーゼル油価格の上昇に伴い、バイオガス専焼の発電を目指す農家が出てきている。バイオガス専焼のガスエンジン発電については、GIZ が継続的に技術支援を行っており、現在、ダッカ郊外の酪農場においてバイオガスの前処理（脱硫および除湿）を行い、自動車用エンジンを改造したガスエンジンを用いてバイオガス専焼の発電を行うパイロットプロジェクトを実施中である。この前処理装置は鉄コイルを用いて硫化水素を除去し、シリカゲルで水分を除去している。前処理後の硫化水素濃度は 200 ppm 以下と見込まれており、ガスエンジンでのバイオガス利用の際の一

般的な基準を満足する水準³²となっている(上の写真参照。上段がバイオガス前処理設備, 下段写真が自動車エンジンを改造したバイオガスエンジン)。

GIZ のパイロットプロジェクトにおいて, 自動車用エンジンをバイオガスエンジンに改造した地元企業(Felix 社)は, 自動車エンジンを改造したバイオガスエンジン発電機とバイオガスの前処理装置の製造販売等を行っている。

また, 中国製のガスエンジン発電機を供給する地元企業も登場している。下図に, 中国製のポータブル非常用バイオガスエンジンを導入した事例を示す。この養鶏場(採卵)は, 2,000 羽の鶏を飼育しており, 6 年前にバイオガスダイジェスター(9 m³/日)を導入し, 近隣の住宅 10 軒にバイオガス供給を行っている。従来から停電時用に自家発電装置を有していたが, 最近, 中国製のガスエンジン発電機に切り替えている。この発電機はバイオガスの圧力低下時には LPG を補助燃料で使用する仕組みとなっている。



図 30: 小型の非常用ガスエンジンの利用事例

このように, バイオガスを燃料とする発電は徐々に導入されてきており, 発電技術もディーゼル油との混焼から, バイオガス専焼発電機に切り替わりつつある。

バイオガスエンジン発電の今後の課題は, 発電効率およびライフサイクル発電コストを考慮した機種を選定とエンジン排熱の有効利用である。バイオガス発電については, いままで IDCOL の融資

³² バイオガスシステムの現状と課題, 社団法人日本有機資源協会。

制度の対象となっていないことから技術基準が存在しないため、需要家が市場で出力と価格を基準にエンジン発電機を購入するか、既設のディーゼルエンジン発電機をガスエンジン発電機に改造している(今後、大規模養鶏場に対しては融資制度が導入される予定)。

市場で一般的に販売されているガスエンジン発電機、ディーゼル発電機は停電時に電力供給を行う非常用発電機であり、価格は安い、発電効率は低く、耐久時間も短い。下図にエンジン発電機の耐久時間と価格との関係を示す。

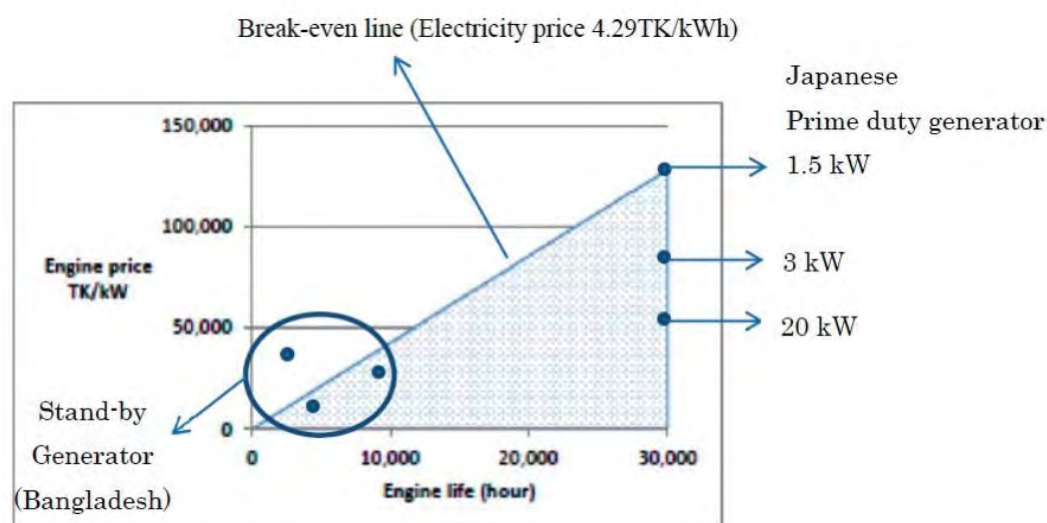


図 31: エンジン発電機の寿命と価格

今後、バイオガスをより効率的かつ有効に利用する観点からは、発電効率がよく、寿命が長い(ライフサイクル発電コストが安い)バイオガス発電機の導入を進めることが必要であり、以下の事項について検討を行う必要がある。なお、近年、再生可能エネルギー導入促進のためにフィードインタリフ制度を導入している国が増加しているが、対象となる発電規模は投資効果を勘案して数百 kW 以上としている事例が多く、バングラデシュの養鶏場の規模を考慮するとフィードインタリフ制度にはなじまないと考えられる。

- 発電設備利用率向上(24 時間運転)
 - 電力系統との連系. このためには系統連系の技術基準整備が必要.
 - ネットメーターリング制度の整備(電力会社に系統連系を義務付けるとともに、低負荷時に余剰電力を電力系統に供給し、高負荷時に電力会社から電力供給を受ける. 売電価格と買電価格は同額とする. ダッカ配電会社の住宅用電気料金は 101–400 kWh/month: 4.29 Tk/kWh, from 400 kWh/month: 7.89 Tk/month)
- 排熱を有効に利用したバイオスラリーの乾燥技術の確立(総合効率の向上)

バングラデシュではバイオスラリーを有機肥料として免許を取得して販売するためには、水分を 15%以下にする必要がある。このため、現在は、主に天日による乾燥が行われているが、雨期には乾燥しにくい、畜産農家から有機肥料加工・販売業者に引き渡す時点の水分量が安定しない等の課題を抱えている。このため、ガスエンジン発電機の排熱を有効に利用して年間を通じて畜産農家から出荷する時点で水分 15%以下に乾燥することができると、バイオスラリーの活用が進むものと予想される。天日乾燥のバイオスラリーの畜産農家から有機肥料加工・販売業者への販売価格は 4-5 Tk/kg であるのに対して、乾燥機を導入して水分を 15%以下にしている畜産農家の事例では販売価格は 8 Tk/kg となっている。

ガスエンジンの排熱の利用先としては、冬季のバイオガスダイジェスターの加温も考えられるが、バングラデシュの気候条件(冬季でも比較的温暖)、IDCOL のダイジェスターは中温発酵(発酵最適温度 37℃)であること、ダイジェスターが地下に設置されていること等を考慮すると、その必要性は乏しいものと考えられる。

わが国の民生用水冷式小型ガスエンジンを用いて発電および排熱の有効利用を図ると、総合効率は 85%程度(事例:定格発電出力 6.0 kW, 発電効率 26.8%, 排熱回収効率 56.2%, 総合効率 85.0%)まで高めることが可能である。下図にバイオガスエンジンの理想的な利用のイメージを示す。

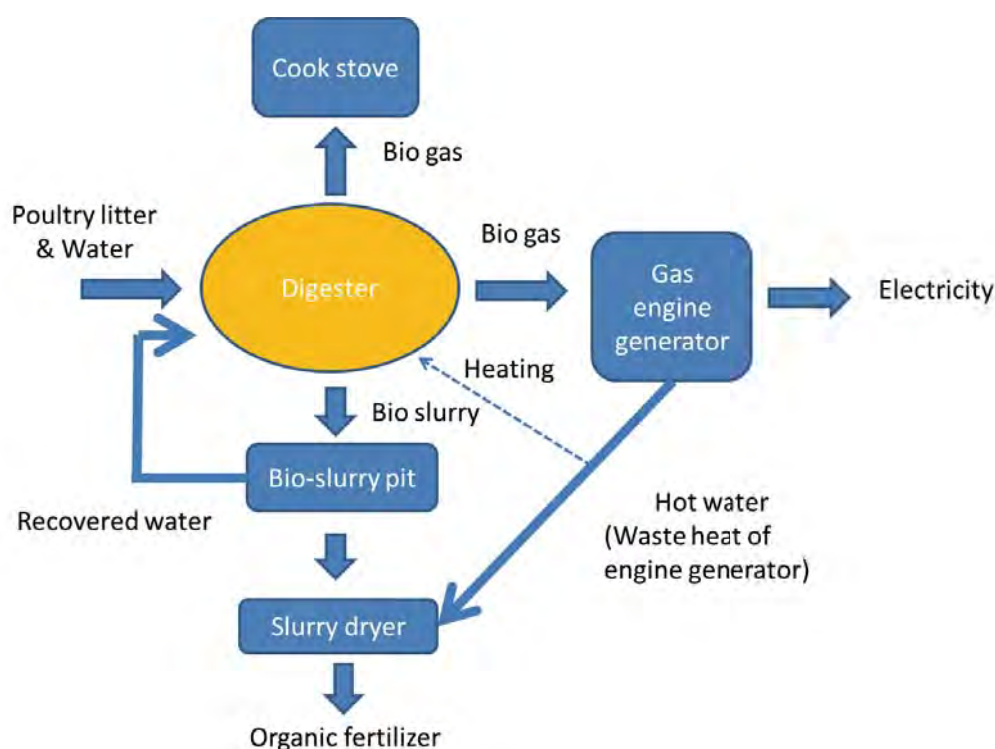


図 32: バイオガスダイジェスターの便益最大化のイメージ

II-7. 別形態の可能性

いままで、自己でダイジェスターを所有できない場合、ひとりが所有するダイジェスターからのバイオガスを他の家庭に供給するモデルを想定してきていた。その他のオプションとして、マイクロユーティリティを、協同組合などの「共同所有形態」で行うタイプが、バングラデシュにとってより望ましいかどうか、ローカルな事情に詳しい Grameen Shakti の関係者と協議を行った。

ここでのポイントは、

- 共同所有タイプの場合、マネージメントや料金回収システムが複雑になる
- 個人として所有したいという欲求がある
- 管理者側の責任感の強さ
- 村落の各農家の物理的位置関係がそれほど離れていないか
- 共同所有というあり方に関する社会風土が根付いているか

というような点であり、これらのポイントを克服できるのであれば、共同所有形態の可能性も高くなる。

議論の結果、ミニ/マイクロ水力のような技術的に家庭レベルまでブレイクダウンが難しいモデルでなければ、所有権を明確にし、ビジネスの形態を単純にした現在の方式の方が、ベターであろうということになった。

したがって、本調査においては、とくにダイジェスターの所有をシェアする他形態の可能性を深く追求することは行わなかった。

一方で、マイクロユーティリティとして、バイオガスダイジェスターの所有は(ある農家に)一元化するものの、牛糞などのフィードストックをユーザーが持ち寄って、その対価としてバイオガスを(安価で)供給してもらうモデルなどもありうるかもしれない。これも、牛糞などの可搬性の問題があるため、大きな展開は難しいと想定されるため、ここではとくに深く追求することは行わなかった。

II-8. 類似事例の調査

エネルギー分野で、かつ家庭レベルという小さな単位でのバイオガスのマイクロユーティリティという事例は、調べた範囲内では、まだ世界のどこにも存在しない。

電気では、カンボジアなどで、ディーゼル発電を用いたバッテリー充電サービスという形態のビジネスは存在する。バングラデシュでもグリッド電力を用いた充電サービスは存在する。

一方で、エネルギー以外の分野で、類似のマイクロユーティリティの考え方が用いられた事例は

いくつか存在する。

そのひとつは、バングラデシュの **Grameen Phone** であり、携帯電話普及モデル（通信というユーティリティービジネス）において、村の貧しい女性に借りたお金で携帯電話を買ってもらい（グラミン銀行のマイクロクレジットを活用）、その女性（テレフォンレディー）がその電話を村人たちに賃貸するモデルで、ビレッジフォンという一種の公衆電話ビジネスである。彼女は「電話屋」という新しい事業主になり、村では電話を買えない人も電話をかけることができるようになる。

その他、国レベルで広範に行われているものでないが、水（浄水）供給というユーティリティー部門においても、井戸を持つ農家が水をまわりの農家に販売するモデル事例なども散見される。井戸以外の雨水などを利用した水浄化モデルへの展開も可能かもしれない。

III. バイオガス・マイクロユーティリティー現地関係各主体の採算性

III-1. バイオガス・マイクロユーティリティー・オーナーの視点

下表のとおり、日産量 4.8 m³ 以下の場合、現時点の通常の B-MU でも、IDCOL の補助金の対象という面もあり、オーナーにとって非常に魅力的な商品設計になっている。

表 17: B-MU オーナーの年間資金バランス事例 (4.8 m³/日, 供給ユーザー3 世帯)

(単位: Tk/年)	BD 導入前 (A)	BD 導入後 (B)	所得の増減 (B-A)
B-MU オーナーの燃料費	-12,000	0	12,000
バイオガス販売収入 (500 Tk/月/世帯)	0	18,000	18,000
Grameen Shakti への返済額 (頭金 15%, 金利 8%/年, 24 回払)	0	-19,080	-19,080
B-MU・燃料費の収支 (1, 2 年目)	-12,000	-1,080	10,920
B-MU・燃料費の収支 (ローン完済以降)	-12,000	18,000	30,000

正の数: 収入, 負の数: 支出 を表す。

日産量 4.8 m³ を超える BD は GS の低利融資の対象にはなるが、IDCOL の補助金対象にはならない。しかし、BD の規模が大きくなるにつれ、立米あたりの初期投資は下がり、またバイオガス収入総額も大きくなることから、B-MU 事業としての採算性は 4.8 m³ 以下とほぼ同等になる。

表 18: バイオガスダイジェスターの大きさ(容量)と採算性の関係

BD日産量 (m ³ /日)	BD導入費用総額	立米当たりの費用	立米当たりの費用 (補助金控除後)
3.2	40,700	12,719	9,906
4.8	47,700	9,938	8,063
7.0	90,000	12,857	12,857
14.0	115,000	8,214	8,214
21.0	150,000	7,143	7,143

III-2. バイオガス・マイクロユーティリティ・ユーザーの視点

B-MU のユーザーにとって、B-MU からバイオガスを購入することは、月 1,000 Tk 程度の薪購入費用が 500 Tk 程度の出費になり、調理時間の短縮、室内空気汚染の軽減など、メリットは大きい。また、接続費用もほとんどかからないことから、B-MU 事業の倒産により不利益をこうむるリスクはない。

なお、本調査の対象となったユーザー（既存、潜在）は、基本的に購入した薪を調理に使用している。バイオガスに切り替えることによる、間接的便益（薪収集時間削減、労働時間延長など）の定量化は含んでいない。

III-3. Grameen Shakti のバイオガス・モデル(含 CDM)

バイオガス・マイクロユーティリティについては、4.8 m³/日以下の容量の家庭用 BD に対しては IDCOL が PO を通じて 9,000 Tk の補助金（そのまま直接農家にわたるわけではない）およびソフトローンを供与している。GS はバイオガス発生量が自家消費を上回る畜産農家には周辺の住宅へのガス供給を推奨し、実施例もある程度あるが、SHS と異なりマイクロユーティリティ事業向けの特別な低利融資制度等の支援措置は講じていない。以下に実際に周辺の住宅にバイオガス供給を行っている事例を示す(Kalihati/Tangail)。

バイオガスダイジェスターは、バイオガスの供給に加えて、コンポスト肥料より窒素分含有率の高い良質の有機肥料がとれる。BD 所有者は、この肥料を自家農場で活用して化学肥料の購入量を減らすことができる。自家消費を上回る液肥を、乾燥させ有機肥料として販売する場合には政府の肥料免許が必要であるが、GS は有機肥料販売の免許を取得している。これを使用して、GS の品質管理の下、現在、3 つの民間団体（営利企業 2 社および NGO 1 団体）が肥料を販売している。中小規模の養鶏場等の余剰肥料については収集運搬、乾燥設備の投資費用等の問題をクリアする必要があるため、GS は肥料販売に関与していない。



養鶏農家：2,000 羽のケージからの糞尿をバイオダイジェスター (14.2 m³/日) で処理 (2010 年 3 月建設)．発生したバイオガスを周辺の 17 戸にプラスチックチューブで供給．バイオガス処理装置の建設費は 8 万 Tk．家庭用バイオガスダイジェスター融資制度の対象規模 (4.8 m³/日) を超えるため，自費 (総投資額 80,000 Tk) で設置．バイオガスの販売価格は月額 300 Tk/戸．周辺の天然ガス価格は 500 Tk/月/戸．液肥は利用していない．

左上図はバイオガスダイジェスターと多岐に分かれたガス配管 (チューブ) を示す．左下図はバイオガス供給を受けている農家の台所．

図 33: 養鶏農家バイオガス・マイクロユーティリティとユーザー農家

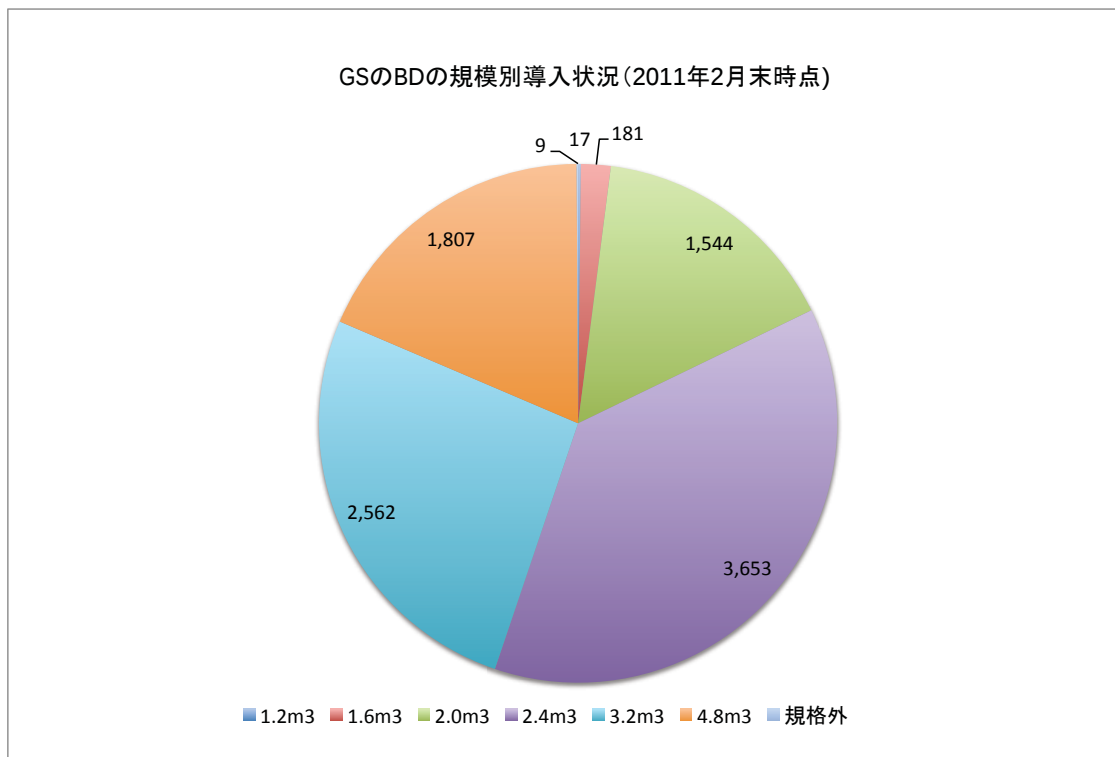


図 34: Grameen Shakti のバイオガスプラントの規模別導入状況

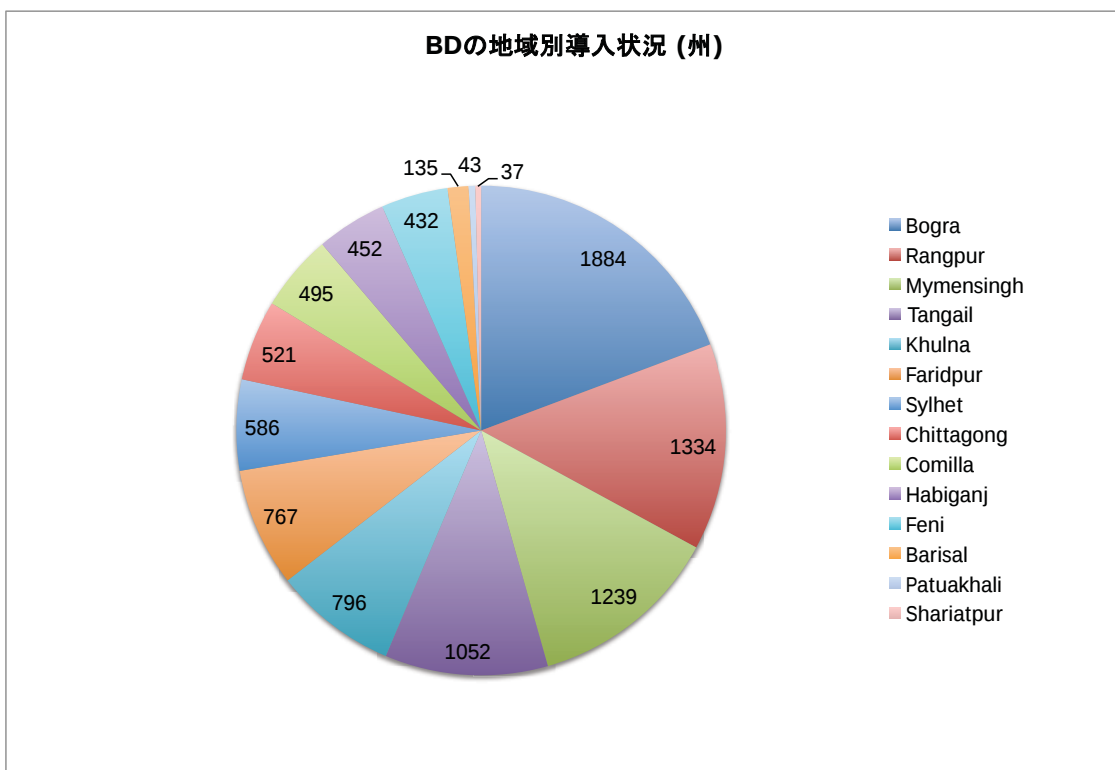


図 35: Grameen Shakti の地域(州)別バイオガスプラント導入状況

□ Grameen Shakti の現状のビジネスモデルの理解

BD 導入事業に関して、GS 側の資金バランスを計算してみると以下のようになる：

表 19: 4.8 m³ の BD の資金バランス事例

	Tk	US\$
BD 費用合計	47,700	691
自己資金(15%)(頭金)	5,805	84
BD 購入者補助金	4,000	58
PO の融資総額	38,158	553
IDCOL から PO への融資(80%)	30,526	442
PO の自己資金	7,632	111
PO に対する補助金	5,000	72

為替レート：US\$1 = Tk 69

GS の BD の価格設定は、基本的にコスト積み上げ方式であるため、構造的に赤字になることはない。しかし、営業拠点拡大のため、GS は先行投資を行っており、現状では若干の赤字である。BD 一個あたりの販管費は、BD の売上数により変動するが、ひと月の販売台数が 500 以上であれば、IDCOL からの補助金(5,000 Tk)と BD 所有者からの維持費(700 Tk)の合計内におおむね収まる。現在、BD 販売に特化している営業拠点が全国に 23 あり、100 名ほどの営業員が配置されていることを考えると、この販売数の達成は現実的である。

なお、今後期待される排出権収入や液肥販売収入を、B-MU 所有者に還元することも検討するが、すでに十分採算性がよいことや、IDCOL は補助金を漸減中で将来的になくすことを想定しているため、ビジネス上は、これらの追加収入で、GS の販管費をまかない、拡大再生産の促進に振り向けたほうがよいと思われる。

III-4. 肥料部分のビジネス化の検討

バイオガスダイジェスターは、エネルギーであるバイオガス生成もさることながら、バイオスラリー(液肥)製造装置という側面も持つ。バングラデシュでは、有機物由来であれば Organic manure, compost, farmyard manure, decomposed poultry litter/droppings, dried bioslurry 等、すべて Organic Fertilizer と見なされることから、仮に液肥の乾燥技術と販売網を確立したとしても、コストに見合った価格で販売できるかはわからない。このため、現時点では、どの事業も規模が小さく、乾燥手法、販売価格は業者によってまちまちである。

表 20: 有機肥料事業者例

事業者名	原料	ダイジェスター 規模 (m ³ /日)	乾燥方法	肥料購入 価格	肥料販 売価格
Fortuna Biogas (GIZ)	牛糞 230 頭	70 × 2 基	－	－	5 Tk/kg
Mridha Agricare	－	－	天日干し	4 Tk/kg	16 Tk/kg
Mawna Biogas	鶏糞 2,000 羽	9 × 1 基	天日干し	－	4 Tk/kg
MATI	－	－	コンポスト化	3 Tk/kg	20 Tk/kg*
Mazim Agro Industries	鶏糞 20,000 羽	70 × 2 基 30 × 1 基	発電機 排熱利用	－	8 Tk/kg

*グループ内価格

一方で、尿素系肥料の不足分を補うため、バングラデシュは年間 180 万トンの化学肥料を海外から輸入することを余儀なくされており、これにより年間 8 億ドルの外貨が流出している。³³ 人口増加と生活水準の向上と比例して、肥料の需要は今後、更に高まり、肥料価格が上昇することが予想されるため、液肥を原料とする有機肥料の事業化は活発になると考えられる。

バングラデシュ国内には、BD の普及率の高い中国やネパールのように液肥をそのまま使う農家がほとんど存在しないため、安価で効率的な乾燥技術を確立することに、B-MU の肥料ベンチャーの成否がかかっている。

III-5. バイオガス・マイクロユーティリティーモデルの農家向けリーフレット

上記のモデルにしたがって、バイオガスのマイクロユーティリティーを促進するため、Grameen Shakti の販売員がその利益を説明して回るためのリーフレットのドラフトを作成した(添付資料)。このリーフレットは、潜在的な B-MU オwner 農家に、何をアピールすべきか? という点を記したものとなっていて、次の 2 点が主要ポイントである:

- 「経済的便益」

前述の潜在的養鶏農家に対する調査では、3 割の農家が導入しない理由として、資金不足や経済性を挙げたことから、マイクロユーティリティーの経済性の理解が不十分である可能性があると思われる。農家の理解と浸透を深めるためにも、この面を定量評価した営業活動などが有効であると考えられる。

³³ Ahmed, S. 2011. *Urea Fertilizer for Bangladesh – Challenges and Opportunity*. Journal of Chemical Engineering, IEB. Vol. ChE. 26, No.1.

- 「生活環境改善効果」

また、既存のマイクロユーティリティ所有者の 9 割が、ダイジェスター導入後、そのメリットの重要なものとして、悪臭が改善されたと回答している。したがって、マイクロユーティリティビジネスの拡張にあたり、経済性と同時に、このような生活環境改善の便益についても強調することが、普及につながると考えられる。

また、将来的には、これをベースに、より詳細なケーススタディーなどを含んだ資料なども、GS ローカルスタッフ用に用意することが望ましい。

IV. プログラム CDM 化

IV-1. 課題とそれへの対応

第 I 章で述べたように、バイオガスダイジェスター導入を加速する一つ的手段として、PEAR はこの事業を CDM 化し、バングラデシュの事業側に排出権収入という形で資金を注入することで、Grameen Shakti の活動がよりスムーズに拡大することを狙う。また、その CER を用いて、先進国向けのビジネスを行うこととなる(第 VII 章)。

CDM 化はマイクロユーティリティタイプ単独ではなく、従来型のシングルユース型のバイオガスダイジェスター導入に統合化する形で行う。また、プログラム型の PoA として CDM 事業は、コーディネーターが IDCOL となり、PEAR は IDCOL から CERs (CDM クレジット) を購入し、IDCOL はその収益を、Grameen Shakti などの参加団体に還元することとなる。

CDM 化は、シングルユース型も含む、Grameen Shakti 以外の団体の活動も含むという意味で、かなり大きなカバレッジを持ったものとして、デザインされている。

なお、この章は CDM 固有のテクニカル面を多く含む。実際の PoA-DD (CDM 化のためのドキュメント) を、巻末の Annex 5 に添付するため、CDM 化としての側面に興味がある場合には、そちらを参照されたい。

□ CDM PoA としてのデザイン

バイオガスに関する CDM 化は、マイクロユーティリティだけでなく、単独の家庭用バイオガスダイジェスター導入も含めた形で、CDM 化を行う。すなわち、マイクロユーティリティ以外の従来型のダイジェスターひとつに、ユーザーがそのオーナー家庭という活動も含んでいる。

CO₂ 削減量は、「一家庭あたり非再生可能バイオマス消費削減量」をベースに計算する。したがって、バイオガスダイジェスターの数ではなく、バイオガスユーザーの数に比例する形となる計算手法を用いる。言い換えると、(オーナー家庭を含め) 10 軒にバイオガスを供給しているマイクロユーティリティの場合、10 世帯分の削減量となる。

CDM 化は、PoA (プログラム CDM) という形態で行う。それにあたっては、プログラムのコーディネーションを行う Coordinating/Managing Entity (CME) の役割が重要となる。当初、Grameen Shakti の行う活動のみを対象とした PoA を想定していたが、後ほど、IDCOL が (SHS プログラムの場合もそうであったが) CME の権利を主張してきて、最終的には、IDCOL が CME となることとなった。

CME は、CDM 理事会に対するフォーカルポイントでもあり、本 CDM では、PEAR は CME である IDCOL から CER を購入するという形態となる(購入契約をむすび全量を買取る)。

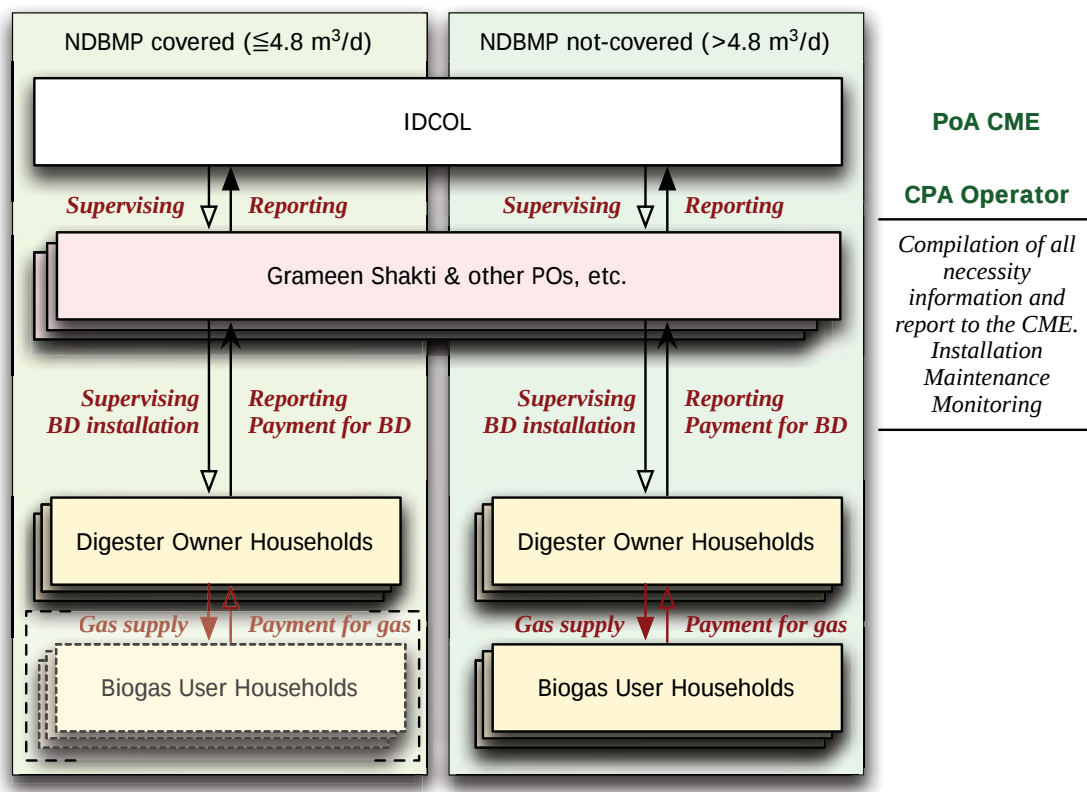


図 36: CDM PoA としての管理体制

本 PoA のカバーする部分は、IDCOL プログラム(NDBMP)全体と、それにカバーされていない 4.8 m³/日以上容量をもったダイジェスターとなる。すなわち、GS 以外の POs の活動³⁴も含まれる。一方で、発電用途にバイオガスダイジェスターを用いる場合、それによる CO₂ 削減量は本 PoA には含まれない。これは、削減量をカウントするロジックが異なる³⁵ため、それを含めるとかなり複雑になってしまうことと、本 PoA の対象となっている規模においては、バイオガスによる発電電力量はそれほど多くないという判断による。

また、プログラムはバングラデシュ全体をカバーし、徐々に導入されていく。したがって、PoA というプログラム傘下の個々の活動(Component Project Activity; CPA)の定義として、地理的なバウンダ

³⁴ IDCOL の PO 以外にもバイオガスダイジェスター設置を(少ないながらも)おこなっている NGO もいくつかあるが、IDCOL は彼らのマネージメントシステムのクオリティを落とすたくないため、PO 以外の NGO を含めることには消極的である(CDM に加わりたければ PO になるべしという立場)。

³⁵ 電気の場合、グリッド電力代替のケースと、ディーゼル発電代替のケース、そして照明用ケロシン代替のケースが混在していて、個々の家庭でこれを判別することがかなり難しい。バイオガスの場合では、非再生可能バイオマス代替のみと言える。

リーで定義するのではなく、ダイジェスターの導入した(オペレーションの開始した)「期間」で定義することとした:

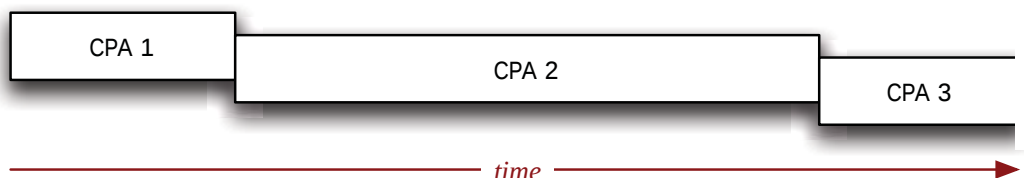


図 37: CPA の定義の考え方

また、CPA の設計書である CPA-DD は、基本的にはダイジェスターの設置が終わってから、その実績を踏まえて、作成するものとする。すなわち、個々のダイジェスターとユーザー農家のデータベースが完成した後、それを添付する形で CPA-DD を作成する。その場合でも、排出削減量はダイジェスター設置/稼働開始時点からカウントすることができる。

最初の CPA は、2011 年 12 月 13 日のバリデーション開始日 (=パブリックコメントを求めるため CDM の Web サイトにアップロードされた時点)から 2011 年 1 月 31 日までに導入されたバイオガスダイジェスターを対象。パイロット的な位置づけとして、CDM としての登録と、モニタリング等のマネジメントシステムがきちんと機能することを確認する目的である。

□ CDM 化にあたってのルール側の適用可能性

CDM のルールはそれなりに整備されてきているが、実際のプロジェクトに適用しようとする、不透明な場合や、適用しにくい場合が多々出てくる。本 PoA 実施にあたってのこれらのポイントに関して、われわれの目的に合うような修正となるように、SSC WG や CDM 理事会に対し、複数のコメントを提出している。PoA の追加性や家庭単位のサーベイの利用可能性、CPA の inclusion の際の適格性条件などに関しては、われわれの意見が反映され、それによって CDM 化が容易になった。

コメントを受付されていた非再生可能バイオマスに関するパブコメプロセス³⁶において、もっとも重要なのは、Regional default value for woodfuel consumption per person and household のデフォルト値の設定と、非再生可能バイオマスのポーションを決める方法であり、これに関してもコメントを提出した。後者はデフォルト値が設定され、前者に関しては 2012 年 6 月の SSC WG

³⁶ Call for inputs on standardized baselines in SSC methodologies for displacing non renewable biomass http://cdm.unfccc.int/public_inputs/2011/eb63_03/index.html. この CDM 化における最重要部分は、「非再生可能バイオマス」代替であるという論証で、方法論の計算式の中でも非再生可能バイオマス比率の f_{NRB} というファクターの値が重要となる。多くの文献と、前述の登録済みの ICS PoA と同じとすることで、この部分はクリアできる。ただ、 f_{NRB} の値に関しては、パブコメの対象であった SSC WG ドキュメントの手法が LDC ではほぼ使えないので、その部分の採用を阻止すべくコメントを提出した。

会合(そしてそれに続く CDM 理事会)で判断される見込みとなっていたが、まだ判断が下されておらず、削減量の大きさ評価という面で最大のリスク要因となっている。

□ 適格性要件 (Eligibility Criteria)

PoA のメリットは、CDM としての登録後に、活動(CPAs)を追加していくことができることにある。すなわち、PoA 開始時にすべての将来の活動を定義しておく必要がない。この CPA 追加の際に、それが可能かどうか？という判断を DOE(審査機関)が行う際のチェック項目を「適格性要件」と呼び、それをどのように設定するか？という点は PoA では非常に重要なものとなる。本 PoA のクライテリアの概要は以下のようなものである：

- ・ マイクロスケール CDM としての追加性論証方法が使えるように、各 CPA の規模を制限する必要があるが、このプロジェクトの場合、CDM のルール上、これがダイジェスターの数やユーザーの家庭数ではなく、バイオガスコンロのバーナーの数であるため、これをモニタリング・データベースのパラメタに入れた。定格出力から逆算して保守的に上限を 8,000 とした(現在のダイジェスター導入ペースは 500 箇所/月程度)。
- ・ CPA の区切りを、地理的ではなく、「期間」で設定することとした。また、CPA は inclusion 時点以前の活動分も(PoA 登録後なら)CER 対象となるため、きちんとしたデータベース完成後に CPA-DD を提出するという形式をとることとした。
- ・ IDCOL や Grameen Shakti の既存のデータベースやマネジメントシステムに、何をどう加えれば、CDM PoA としての必要事項を満たせるか最新の注意を払って PoA-DD を作成した。マイクロユーティリティモデルも加えるため、(既存の)ダイジェスターオーナー農家情報だけでなく、バイオガスユーザー(被供給)農家情報も含むように拡張しなければならない。
- ・ ダブルカウンティング予防策に関して留意すべき点は、バングラデシュでは同じく Grameen Shakti の行っている ICS (improved cookstove)の PoA が登録された。ただ、原理的には ICS ですでに削減された分を除けば、削減量は(すこし減るが)カウントできるはずである。これをモニタリングのチェック項目に入れた。

なお、これらのクライテリアに対して、その解説と、DOE が inclusion 審査の際になにをチェックすればそれが満たされたことになるか？という審査の方法を PoA-DD に指定しておいた。この PoA-DD で登録させることによって、審査にあたる DOE やアセッサー(評価者)が代わった場合でも、あとでクライテリアの誤解や複数の解釈が生まれるリスクを予防することができる。

□ ベースライン方法論関係

当該 PoA の CPAs に適用可能な方法論は、AMS-I.E.(非再生可能バイオマス代替)である。最重

要部分であるベースラインでの木質バイオマス消費量 B_y^{BL} を求めるために、「一家庭あたりの木質バイオマス消費量」のデフォルト値(アジア地域)を用いる。上記のように、このデフォルト値は、パブコメの対象となった文献に示されているものであり、できるだけ早期に CDM EB の正式ドキュメントとなるように働きかけているが、2012 年 6 月の SSC WG ではまだ決定されなかった。³⁷

結局、モニタリングするほぼ唯一で最重要パラメータ＝時間の変数としては、「オペレーションされているバイオガスダイジェスターを使っている農家数 $N_{HH,y}^{OP}$ 」をセットすればよいこととなる：

$$B_y^{PJ} = B_{HH}^{PJ} \cdot N_{HH,y}^{OP}$$

このパラメータは、365 日にブレイクダウンし、

$$N_{HH,y}^{OP} = (1/365) \cdot r_y^{OP} \cdot \sum_i n_{i,HH,y} \cdot ADJ_{ICS,i}$$

と表現される。 $n_{i,HH,y}$ はバイオガス利用農家 i ごとにダイジェスターがオペレーションされている日数である。 r_y^{OP} は、きちんと運用されているダイジェスターからガス供給されている農家の比率、 $ADJ_{ICS,i}$ は、改良かまど(ICS)を以前に使っていた農家に関する補正項である(ICS ユーザーからの転換の場合には、排出削減量が少なくなる)。

このパラメータ $n_{i,HH,y}^{OP}$ は、

- 初年度の導入時期を日割りで計算する

で表現し、 $ADJ_{ICS,i}$ と共に、設置時点でデータベース化していく。

一方で、 r_y^{OP} は、ダイジェスター導入後も使用される可能性のある木質系バイオマス(薪)の量と共に、

- IDCOL の Annual Biogas Users Survey において統計的に有意な方法で決定

することとした。

当初は、サンプリングではなく、全数きちんと把握する(導入期のインスペクションと、アフターケアであるメンテナンスシステムの手続きに組み込み、同時に記録をデータベースに組み込むように設計する)と想定していたが、IDCOL の管理体制の中での困難さと、既存のサーベイに組み込むことが容易であるため、統計的处理などやや面倒ではあるが、上述のサーベイで対応することとした。ただし、マネージメントシステム自体は非常に重要であり、今後も継続・強化される。

³⁷ 地域偏差をカバーするデフォルト値の設定の難しさを小規模 CDM WG は挙げている。ただ、京都議定書締約国会合 CMP 決定をベースに CDM 理事会の課したマンデートがあるため、遠くない将来にその値は決定されるものと期待される。PoA-DD においては、最初の検証時までにはそれが決定されれば大丈夫となるように記述しておいた。

□ モニタリング計画とマネージメント体制関係

PoA の下で追加されていく CPA は、前述のように、期間を設定して(半年程度)、その期間内に導入されたダイジェスターからのバイオガスを利用している農家が対象となる。

(最初の CPA を除くと)CPA は、inclusion 時期によらず、その対象となる活動は、(開始時に遡って)すべて CER の対象となる(ただし PoA としての登録以降)。したがって、CPA-DD 作成を急いで行う必要性はなく、ダイジェスター導入実績に基づいたデータベースへの組み込みが成されてからデータベースの農家やダイジェスター、バイオガスバーナーの数などのリストを添付して、CPA-DD を inclusion のために DOE に提出する。

キーとなるのは、この「管理」であって、前述のように、最大の PO である Grameen Shakti では既存のマネージメントシステム+データベースをすこし改変する必要がある(1,300 を超えるオフィスにおいて 4 層構造の管理システムができています)。加えて、他の NGO の活動も組み入れるため、CME である IDCOL へのデータの報告(毎月を想定)の中で管理していく。

このような複雑で多様な情報をきちんと管理する必要があるため、CDM でモニターする「変数」はできるだけ少ない方が望ましい。それを、前述のように、ユーザー農家数 $n_{i,HH,y}$ に集中させ(かつ CDM 固有のものとして、通常の事業運用の中に組み込む)、その補正項である非稼働ダイジェスターと BD 設置後の薪消費量に関しては、既存の Annual Users Survey に組み込むことで、対応する。もちろん、その他にローン支払い状況など、事業として、きちんとモニター、管理しなければならないものはある。

IDCOL は、CME としてこれらの情報をきちんと管理し、既存のデータベースを拡張する必要がある。これには、IDCOL は合意しており、その作業が進行中である。

なお、IDCOL は従来からの NDBMP を運営管理していく中で、きわめてしっかりしたマネージメントシステムを有しているため、根本的に大きな追加作業は必要ない。

また、毎年行われている Annual Biogas Users Survey にサーベイ手法を用いたモニタリング項目を追加することで、前ページの補正項を求めることにも、とくに本質的なバリアはない。

表 21: CDM に必要な情報

Categorization

Time-Variant (monitored)
Informed when changed
Fixed (invariant)

Database info

Activity implementer (e.g., PO's name)
Other info for non-PO implementer (name, representative, address, contact info)

Digester-wise info	unit/form	CPA-DD	Monitoring Report	Monitoring frequency
Digester-ID	IDCOL's digester ID	Y	Y	
Digester capacity	[m3/day]	Y	Y	
Owner's name		Y	Y	*1
Owner's address		Y	Y	
Owner's phone no.		Y	Y	
Starting date of construction	dd/mm/yyyy	Y	Y	
Starting date of operation	dd/mm/yyyy	Y	Y	
Installation inspection	[yes/no]	Y	Y	
Status of operation		assumed to be OK	Y	*2
Not-in-use period (from start)	dd/mm/yyyy-DD/MM/YYYY	assumed to be none	Y	
Not-in-use days (from start)		assumed to be none	Y	
Maintenance record	Main reason	assumed to be none	Y	
User household numbers (incl. owner's)		Y	Y	*1 + Monthly confirmation
Under NDBMP?	[yes/no]			This info is not for CDM.
Microcredit user?	[yes/no]			This info is not for CDM.
Main Feedstock type	Cow dung or Poultry litter			This info is not for CDM.
Number of cattle or chicken				This info is not for CDM.
Slurry/sludge use	[no/own/fish feed/sales]			"own"+"sales" can possible
Power generation coexist?	[yes/no]			This info is not for CDM.
User household-wise info (incl. owner's household) as the sub-category of the digester				
Household-ID	*3	Y	Y	Same as "user household nos"
Representative's name		Y	Y	ditto
Address		Y	Y	ditto
Phone number		Y	Y	ditto
Digester owner?	[yes/no]	Y	Y	ditto
ICS ex-user?	[yes/no]	Y	Y	ditto
Number of biogas cookstove burners		Y	Y	ditto

Major change

Separate "digester-wise" info to digester-wise and "household-wise" info (sub-category of digester)

*1 In case some change are made, the owner of the digester shall inform the PO.

*2 [Microcredit users] Monthly basis for the period of payment of monthly installments.
[Non-microcredit users and post-payment period] Mandatory to inform the PO for not-in-use period and its reason (specified in the contract).

*3 Linked to the Digester-ID

ER = 3.83 * (1/365) $\sum_{\text{household}}$ (number of properly operated days of the originated digester during the period) [t CO₂]

IV-2. PoA-DD, CPA-DD の作成とバリデーション

PoA-DD は, 現在, バリデーションの途中であり, ほぼ最終段階に近いものとなっている (Annex 5 として一般的な CPA-DD とともに添付).

Local Stakeholders' Meeting は, 10 月 3 日に Gazipur District の Mowna で実施した.



図 38: Local Stakeholders' Meeting の模様

DOE 選定は, Gold Standard 認証等条件を厳しくしたため, やや時間を要してしまったが, 2012 年 2 月 15–18 日にオンサイト・バリデーションを実施した。



図 39: オンサイト・バリデーションの模様

IV-3. GHG 削減量推計

前述のデフォルト値を用いると, ユーザー農家一家庭あたりの年間 CO₂ 排出削減量は

$$3.83 \text{ t CO}_2/\text{年/農家}$$

となる(詳細は添付の PoA-DD を参照). 現在の導入ペースは GS で月 500 軒程度である。

保守的に、このペースがそのまま継続した場合、ペースが一年で 1.5 倍ずつ増えていく単純想定の場合(現在の GS 計画値は 2015 年に 20 万 5,000 台)の試算を行うと、以下の通りとなる(ICS との競合で実際は CDM 用は途中で鈍化する)。簡単のため、2012 年 1 月から導入されたとする:

表 22: CO₂ 排出削減量シナリオ

	バイオガス利用農家数(累積)		年間排出削減量	
	一定ケース	導入ペース加速ケース	一定ケース	導入ペース加速ケース
2012	10,000	10,000	38,300	38,300
2013	20,000	25,000	76,600	95,750
2014	30,000	47,500	114,900	181,925
2015	40,000	81,250	153,200	311,188
2016	50,000	131,875	191,500	505,081
2017	60,000	207,813	229,800	795,922
2018	70,000	321,719	268,100	1,232,183
2019	80,000	492,578	306,400	1,886,574
2020	90,000	748,867	344,700	2,868,161
2021	100,000	1,133,301	383,000	4,340,542

[註] 加速ケースは 1.5倍/年の率と仮定。それでも IDCOL目標 (2016年に15万件導入) より保守的。

将来のシナリオに関しては、今後、より現実性を考えたシナリオを策定していくこととする。

スピードアップのために重要なポイントは、ファイバークラス製ダイジェスターの導入と、マイクロユティリティビジネスの拡大である。従来型のバイオガスダイジェスターは設置に二週間以上、またかなりの専門性を要することが、(GS が月に 2 万台設置している)SHS や ICS と比較して課題であった。ファイバークラスは、IDCOL の技術資格審査で認められたため、今後、大きな普及が見込まれる。

IV-4. ERPA

現在、PoA-DD, CPA-DD の最終段階の詰めと並行して、IDCOL と CER 購入契約(ERPA)締結に向けての準備を進めている。この PoA 実施において PEAR のサポートが必須であることは理解されており、また良好な関係も築いているため、とくに締結に向けての大きな課題はないと思われる。CER 購入単価は、CER の市場価格にスライドする形を想定している。

また、CER を用いて先進国向けのビジネスを行うため、Gold Standard という良質の排出削減量であることの民間の認証もとる手続きを同時に行っている。Gold Standard 認証取得にあたっては、大きな課題はみあたらず、たとえば ODA 資金が用いられた場合に関する Gold Standard 内での運用則に関しても、現状の日本以外の先進国の場合も、将来日本も加わった場合にも、ODA 利用が Gold Standard 認証獲得に、とくに問題ないことを確認している。

なお、CDM 化にあたっては、本 JICA 調査はバリデーション審査までを包含できないため、(財)地

球環境センター(GEC)が事務局を行っている環境省の CDM FS 調査の資金を活用し、平成 23 年度に「バングラデシュ・家庭用バイオガスダイジェスター普及プログラム CDM 実現可能性調査」として、バリデーションを実施した。³⁸ 審査自体は登録されるまであとすこし継続され、2012 年 8 月頃には登録申請、その 2 ヶ月後程度、すくなくとも今年中には、登録されることが期待される。

38

http://gec.jp/main.nsf/jp/Activities-Feasibility_Studies_on_Climate_Change_Mitigation_Projects_for_CDM_and_JI-FS201104.

V. 開発へのインパクト

ここでは、本調査で対象とする活動が、バングラデシュの開発にどのようなインパクトを持つか？ということを評価する。なお、ここでの活動はバイオガスダイジェスター導入全般に関するもので、マイクロユティリティーに特化したものではない。

V-1. 概要

提案する BOP ビジネスには、以下のようなメリットがある：

■ ローカルなエネルギーサービスに関するメリット

- (1) 農村の BOP 層に対するエネルギー供給総量が増える。これは、新しいプログラムであるということとともに、マイクロユティリティー化＝ビジネス化することで、より大規模で導入しようとするインセンティブが導入農家に対して働くことによる(導入量がブーストされる)。
- (2) BOP 層の下層にいたるまで、再生可能エネルギーによるエネルギーサービスの恩恵を受けることができる。従来型のプログラムでは、バイオガスダイジェスターや SHS は、その初期投資資金を賄える農家しか導入できなかった。³⁹
- (3) 省エネ意識の具現化。バイオガスダイジェスター/SHS 設置農家⁴⁰は、販売(現金収入)部分を増やすため、省エネを行おうとする。バイオガス/電気購入農家も、現金支出を伴うことや見える化の影響で、省エネ意識が高まる。

■ ローカルなエネルギー以外のメリット

- (1) エネルギーコストの削減。照明用のケロシンや調理用のバイオマス購入の費用が削減される。ネットでは SHS やバイオガスダイジェスター導入費用はエネルギーコスト削減でペイバックされるが、初期導入コストがネックとなって導入が進まない現実がある。
- (2) 現金収入とビジネスのエンパワーメント。夕方以降に照明を用いることで、ビジネ

³⁹ 熱エネルギーに関しては、そのような農家に対して、ICS (改良かまど)が次善の策として採られている。なお、Grameen Shakti は、農家の自己資金の程度に応じた独自のマイクロファイナンススキームを工夫し、導入を促進してきている。

⁴⁰ 日本でも、SHS 導入家庭、とくに電力会社へ余剰分を販売している家庭では、新たにこの省エネ意識が強く芽生え、それを実行している実態が観察されている。

ス(店舗等)や家内労働可能時間が増え、現金収入増に繋がる(女性の家内手工芸ビジネス機会の創出なども現実に観察されている)。

また、マイクロユーティリティー自体が現金収入をもたらすビジネスであり、SHSやバイオガスダイジェスターを導入する BOP 層農家にとってのインセンティブとなる。加えて、そこで新しい創意工夫を行うことが期待される(創意工夫の例は前述のかこみ参照)。

- (3) 教育、通信、娯楽等. いままで電気を使うことができなかった BOP 層農家が、利便性の高い電気エネルギーを使うことで、さまざまな便益を享受できる。とくに照明による教育/学習時間の創造効果が期待できる。
- (4) 時間の創造、労働負荷の軽減. 厨房用のバイオマスの収集には、かなりの労働と時間を必要とする。また、便利なガスコンロを用いることで、従来型のバイオマスカマどに比較して、調理時間が 1/2-1/3 程度に短縮され、その分の時間を(たとえば現金収入の得られる別の仕事に)充てることができる。また上述のように照明は夜間に現金収入を生む仕事を行うことができる時間を創出する。
- (5) 屋内大気汚染緩和. 固形燃料やケロシンを屋内で燃焼させる場合には(とくにバングラデシュでは、非常に効率の悪い 3 点支持粘土製かまどで、水分含有量の多いバイオマスを不完全燃焼させているケースが多い)、ブラックカーボンによる深刻な健康被害の元凶となる。バイオガスや蛍光灯に転換することで、その心配がなくなる。なお、この屋内大気汚染の影響を受けているのは、調理を行う女性と、子供たちとなっている。
- (6) 有機肥料の獲得. バイオガスダイジェスターは副産物として良質の有機肥料が得られる。農作物の質の向上、化学肥料の購入費用が不要になる、健康被害、農地の連作障害などの悪影響が回避されるなどの便益がある。

■ 国家レベルもしくはグローバルなメリット

- (1) CDM 化で表現されるように、CO₂ 削減効果によって、グローバルな気候変動緩和に寄与することができる。さらには、低炭素で自立型農村社会経済開発のモデルとなる。
- (2) 国産エネルギー比率を向上させることで、バングラデシュのエネルギーセキュリティ向上に寄与することができる。
- (3) 民間による自律的な活動で、政府の開発目標達成に寄与ことができ、財政的に困窮しているバングラデシュ政府資金の有効活用に寄与する。
- (4) バングラデシュでは、薪炭材需要の伸びと共に、森林が減少しつつある(バイオマス燃料のその地方での入手困難性から、バイオマスの市場性が高まってきている)。バイオガスへの転換は、とりまなおさず、その分の森林破壊が食い止められることを意味する。

- (5) このビジネスモデルは、CDM を通じて、とくに LDC の社会開発という側面を強調する形で、先進国の企業や市民とのリンケージをつける(投資を促す)。それによって、人々の関心を喚起すると共に、新たな資金の流れをつける。

V-2. 個々の農家レベルでのインパクト

バイオガスダイジェスターは、地方におけるエネルギー供給を図るオプションとして、戸別レベルでの農家に対しての有益であることがよく知られている。バイオガスで非再生可能バイオマスの代替効果によって、燃料購入代金や労働負荷の緩和、屋内大気汚染緩和、良質の液肥が入手できるなど、「家庭レベル」での生活向上・生産活動拡大を導くことになる。

これらの農家にとっての実感を「相対的」にみてみよう。

バングラデシュでの調査では、バイオガスダイジェスター導入にいたる動機は以下となっている：

表 23: バイオガスダイジェスター導入の動機⁴¹

Motivating Factors	No. of HHs*
Economic benefits (saves time and energy)	35
Environmental benefits (saving of forest, clean surrounding etc.)	30
Subsidy	17
Health benefits	12
Non-availability of other fuel sources	9
Motivation from other plant owners	9
Motivation from service provider	7
Social benefits/Prestige	6
Fertilizer of higher nutrient value	5
Proper use of cattle dung	4
Pressure from neighbors (in the case of poultry)	3
Use digester as septic tank	2
Fish feed	1
Adopt the new technology and make the village ideal living place	1

* more than 1 response from some respondents

一方で、バイオガスダイジェスター導入後のメリットは以下のように感じているようである(20 点満点での評価)：

⁴¹ Prakash C. Ghimire, “Final Report on Technical Study of Biogas Plants Installed in Bangladesh”, submitted to National Program on Domestic Biogas in Bangladesh (SNV and IDCOL), Dec. 2005.
http://www.idcol.org/Download/Final_Survey_Report_Bangladesh.pdf

表 24: ユーザーが感じているバイオガスダイジェスターのメリット ⁴¹

Merits	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Kurtosis	Skewness
Easy and comfortable cooking	19.66	2.45	12	20	0.06	(0.16)
Environment friendly/Protection of forest	17.46	3.85	10	20	0.18	(0.54)
Saves time and workload	17.30	4.24	9	20	0.16	(0.42)
Nutrient rich fertilizer	12.14	5.32	8	20	(0.27)	(0.22)
Economically beneficial	11.78	5.24	8	20	(0.56)	0.18
Health benefits	8.58	4.37	6	20	(0.24)	(0.12)
Fuel saving	8.46	5.76	6	20	0.42	0.64
Comfort in cleaning cooking vessels	8.34	4.98	6	20	0.14	(0.87)
Utilizes waste materials	8.02	5.95	4	20	0.64	0.76
Readily available cooking fuel	7.24	5.12	2	20	1.10	1.20
Eliminates the problem due to wet-firewood during rainy season	5.26	4.16	1	20	0.23	0.98
Encourages livestock development	4.72	5.68	1	20	1.10	(0.98)
Easy to handle/operate	4.14	4.34	1	20	0.76	1.2
Enhances prestige in society	4.00	6.55	1	20	(0.08)	0.89
Clean kitchen and cooking environment	4.00	5.23	1	20	0.48	0.74
Safe to use	3.98	5.80	1	20	0.34	(0.06)
Helps to enhance quality of rural life	3.98	5.31	1	20	1.1	0.65
No need of storage place for firewood	3.98	5.26	1	20	1.20	0.45
Reduces foul odor from poultry farm	3.80	6.12	1	20	0.86	0.97

(1) 労働時間短縮面でのメリット

バイオガスダイジェスターを導入することによって女性が農家における雑用負荷から緩和できる。これは、女性が負担する様々な家事にかかる時間の短縮で明らかとなった。IDCOL が行った調査によるとバイオガスダイジェスターを導入により農家における労働時間が一日平均 1 時間 21 分も短縮できた。バイオガスダイジェスター導入により農家で様々な労働時間の変化(短縮あるいは増加)を下記の表で表す。

表 25: 労働における時間の変化

Activity	Average time saving/min/day*
Cooking of Meal	40
Collection of Water	(6)
Plant Feeding	(10)
Collection of Fuel	32
Cleaning of cooking vessels	27
Caring of Cattle	(2)
Average time saving	81 minutes (1 hour 21 minutes)

* Numbers inside bracket indicated time added

時間短縮効果の金銭面の定量評価(家内手工業に利用したと仮定)に関しては、今後の調査課題

(2) 大気汚染緩和面でのメリット

農家の厨房は、バイオマスの燃焼により発生する PM₁₀ など有害物が一番集中する場所で、女性と子供達がこのような屋内大気汚染の直接被害者になっている。一方、バイオガスダイジェスターからのバイオガスを調理用に利用することで、屋内大気汚染が大分緩和でき、女性と子供達の健康

への被害源の解消ができる。

定量評価に関しては、今後の調査課題。

また、環境面では、悪臭の緩和というメリットも意味が大きい。

(3) 経済面でのメリット

前述したように、現在、GS は IDCOL の National Domestic Biogas and Manure Program から、バイオガスダイジェスター1台を販売するにつき9,000 Tkの補助金に加え(うち4,000 Tkは農家に直接還元)、マイクロクレジットを利用し農家に対して下記のようなファイナンス方式でバイオガスの普及プログラムを実施していて、以下の2つの支払いオプションがある：

- A. 農家がコストの15%を前払い、残りの85%をマイクロクレジットとして8%の金利で、返済期間2年に支払いする(24回の分割払)。
- B. 農家がコストの全部を自己負担する。この場合、サービスおよび管理費の半分が前払いとなり、残りの部分はバイオガスダイジェスターが完成後に払われる。

農家への経済面でのインパクトに関して、標準的な3.2 m³/日のバイオガスダイジェスターの導入場合を例とすると以下の通りとなる(註：これはマイクロユーティリティーモデルではない)。化学肥料代替効果はここでは計算に入れていない。

表 26： 計算の前提条件

分類	主要項目	条件
基礎条件	バイオガスダイジェスター容量	3.2 m ³ /日
	プロジェクト期間	10 年
	CDM クレジット期間	10 年(更新なし)
	CER	3.83 トン/年/戸 ⁴²
設備投資関連 ⁴³	無償補助金	9,000 Tk (130 US\$)/基
	自己調達貸出金	31,700 Tk (459 US\$)/基
収益関連	CER 価格	10 US\$/トン CO ₂ e
	木質バイオマスの平均コスト	1,000 Tk (14 US\$)/月/戸 ⁴⁴ (平均)

為替レート：US\$1=Tk 69

⁴² CER の半分だけが農家に還元されるという仮定。

⁴³ Grameen Shakti: バイオガス提供容量 3.2 m³/日のダイジェスターのコストは約 40,700 Tk。

⁴⁴ 本調査による(1,000 Tk/月程度)。

農家への経済面でのインパクトを分析するにあたって、財務ベンチマークにはグラミン銀行の貸出金利⁴⁵を採用し、IRR との比較を行う。

表 28: 採算性の計算結果

ファイナンス方式 A	現在価値純収益(US\$)	内部収益率(税後)	投資回収期間(年)
CER 収益なし	352	56%	3.0
CER 収益あり	432	67%	2.7

ファイナンス方式 B	現在価値純収益(US\$)	内部収益率(税後)	投資回収期間(年)
CER 収益なし	329	36%	2.6
CER 収益あり	409	41%	2.3

V-3. バングラデシュ国としてのインパクト

表 22 の普及加速シナリオの前提に立てば、2021 年末までに、100 万戸を超える農家が、バイオガスの恩恵を受けることができるようになる。潜在的需要が 300 万戸とするなら、ほぼ 1/3 をカバーすることとなる。

マイクロユーティリティモデル自体では、II-5 の推計にしたがって、5,000 戸の養鶏農家がマイクロユーティリティシステムを導入した場合、たとえば各農家が平均 10 戸に供給したとすると、5 万戸程度が、追加的にバイオガスの恩恵を受けることとなる。

⁴⁵ 出典：グラミン銀行ホームページ。16%を採用。

表 28: プロジェクト・デザイン・マトリクス

PDM(プロジェクト・デザイン・マトリクス)

事業名: エネルギー・マイクロユティリティ展開CDM事業準備調査

事業対象地域: バングラデシュ

受益者層(パイロット事業のターゲットグループ): バングラデシュ全域

プロジェクト要約 (Narrative Summary)	指標 (Objectively Verifiable Indicators)	指標データ入手手段 (Means of Verification)	外部条件 (Important Assumptions)
上位目標(Overall Goal): BOPビジネス実施によって達成される開発インパクト - 対象地区の貧困層の生活が向上する。 - 対象地区において持続可能なエネルギー供給が実現する。 - 再生可能エネルギーの導入によって温室効果ガス(GHG)が削減することにより、グローバルな気候変動の影響緩和に寄与することができる。	- 世帯収入の増加 - 温室効果ガス(GHG)削減量	N/A	N/A
プロジェクト目標(Project Purpose): 当該BOPビジネスの目標 農村のBOP層(最貧困層を含む)がマイクロユティリティビジネスを通じ、安定的なエネルギーのアクセスを獲得する。	- マイクロユティリティ導入農家数。 - マイクロユティリティ導入農家から供給農家へのエネルギー販売件数及び量。	(対象地方、関係機関への) 統計 インタビュー アンケート ヒアリング	- CDM化による排出権(CER)が安定的に確保できる。 - その他の資金(先進国の社会投資家、企業、国際機関等からの投資・融資等)についても安定的に調達できる。
成果(Output): BOPビジネスの実現により直接的に達成される成果(BOPビジネスとして達成すべきコンポーネント) - 農村にて、最貧困層まで普及する、再生可能エネルギー(バイオガス)の供給体制が確立される。 - 事業(全体又は一部)がCDM化される。	- マイクロユティリティ導入農家数。 - マイクロユティリティ導入農家から供給農家へのエネルギー販売件数及び量。 - CDMに基づくクレジット量	(対象地方、関係機関への) インタビュー アンケート ヒアリング	CDM化に関する前提条件が整う(制度の存続、先進国におけるボランタリー/コンプライアンスマーケットからのファンド調達など)。
活動(Activities): BOPビジネス開始後のビジネス活動 - Grameen Shaktiによるエネルギーマイクロユティリティ普及サービス事業の拡大 - マイクロユティリティ導入農家による最貧困農家へのエネルギー供給ビジネスの展開 - 農村におけるエネルギーマイクロユティリティビジネスを活用したCDM事業モデルの展開 - バイオスラリーの有機肥料としての利用の拡大	投入(Inputs)		前提条件(Pre-conditions): - BOP層農家が事業実施に理解、協力する。 - Grameen Shaktiが、BMDのCDM化をIDCOLから認定される。
	日本側	現地側	
	- PEARIによるビジネスモデル開発 - PEARIによる戸別バイオガスダイジェスターから、近隣家庭にガス供給を行うマイクロユティリティ事業マニュアル(料金モデル設定等のメニュー化)の作成 - PEARIによる上記事業のCDM化に関するバリデーション審査プロセスの開始	- Grameen ShaktiによるBMDの設備導入/設置 - Grameen Shaktiによるマイクロユティリティビジネス指南(トレーニング) - Grameen Shaktiによる(機器コスト支払いのための)マイクロファイナンス・サービスの提供	

VI. 先進国からの資金導入の方策検討

VI-1. バイオガス・マイクロユーティリティモデル促進のために

バイオガス・マイクロユーティリティモデルを促進させるためには、IDCOL のプログラムの外の活動(ダイジェスター容量 $>4.8 \text{ m}^3/\text{日}$)⁴⁶に関して、何らかの金銭的インセンティブを付与していくことが重要である。現在 GS は、IDCOL の NDBMP に準じた形で独自のマイクロファイナンスを付けているが(補助金はない)、規模が大きく拡大する場合に応じることは難しいようである。

IDCOL は、現在、IFCからのサポートによって、大規模養鶏農家のとくにバイオガス発電に関して、ファンドを組成しようとしている。これには本調査の対象となる中小規模養鶏場は小さすぎて対象とされない。しかしながら、IDCOL は口頭で、家庭向けの熱エネルギー供給という形で、かつ GS が束ねてある程度の規模としてそのマネージメントも行うなら、対象とすることも可能であると可能性を示した。今後の検討課題項目である。

一方で、BOP「ビジネス」の観点から、先進国企業からの投資資金を(場合によっては開発銀行の投資もうけて)ここに注入する可能性も考えられる。以下、この可能性を検討することとする。

VI-2. 商品調達/ファンド組成の可能性と方法

□ バリューチェーンの考え方

B-MU 事業の資金調達の可能性と方法を検討するため、

- ① 養鶏業を含めたバリューチェーンの分析,
- ② 金融商品化するキャッシュ・フローの特定および分析,
- ③ 対象投資家の選定,
- ④ ビークルおよびスキームの特定,
- ⑤ 商品設計およびマーケティング手法

⁴⁶ なお、IDCOL プログラム内でも、 $4.8 \text{ m}^3/\text{日}$ 、 $3.2 \text{ m}^3/\text{日}$ の容量のものに関しては、マイクロユーティリティを実施している農家もいくつかある。

の検討を行った。

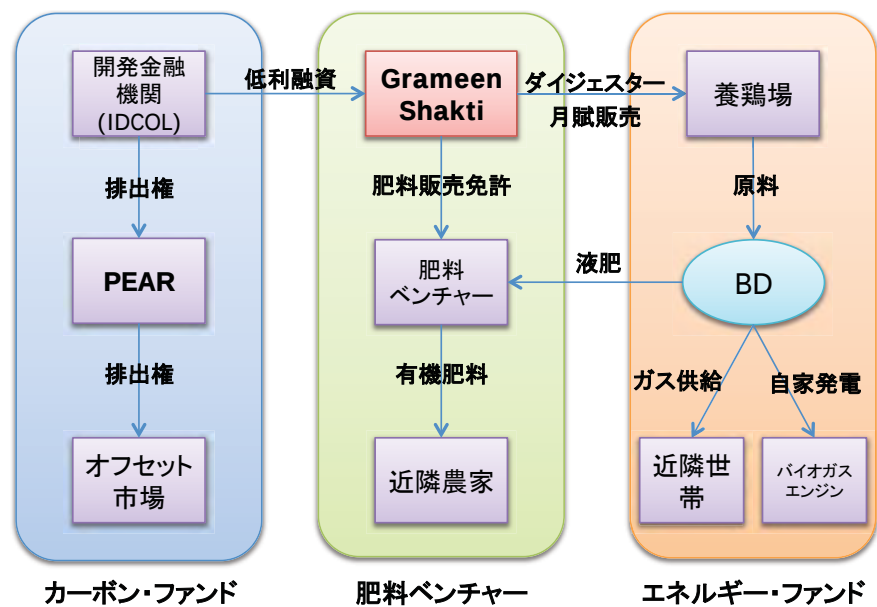


図 40: バリューチェーンの概念図

表 29: 現金調達の前資産について

BD 1基あたり (14.2立米)	養鶏業 (採卵場、2000羽)	有機肥料 (肥料ベンチャー)	ガス供給・自家発電 (エネルギー・ファンド)	排出権(CER) (カーボン・ファンド)
年間収益・期間	2,800,000円 (2000羽*200個/年*7円/個) 1サイクルは18カ月	133,120円 (256kg肥料/週*52週*10円/kg) 20年間(BD耐用年数)	48,000円 (500円/世帯*8世帯*12カ 月) 20年間(BD耐用年数)	13,680円 (3.8t/世帯*9世帯*400円/t) 7年間(延長可能)
経費項目	飼料代、ひよこ代、光熱費	収集、乾燥、販促、免許使用料	修繕・保守、集金	モニタリング、排出権発行費
初期投資	2,000,000円	100,000円程度を想定	115,000円	該当なし
主な 利害関係者	ひよこ・飼料業者	肥料販売免許保有業者 BD所有者	グラミン・シャクティ BD所有者	開発銀行(IDCOL)
調査内容	・ 中小養鶏場でのBDの認知度は、ほぼ100%で、85%がBD購入に前向き(全国1万カ所) ・ 中小養鶏場の53%が鶏糞を捨てている ・ 価格変動が激しいため一概には言えないが、現状の純利益率は1-2割程度と推定される ・ 統計は無いが、毎年、鳥インフルエンザにより多くの養鶏場が閉鎖している模様 ・ バングラデシュでは、ワクチンや抗生物質の使用は法で禁じられている ・ 政府はバイオセキュリティ向上によると鳥インフルエンザ対策を推奨している	・ 販売免許が必要 ・ BD所有者の4割が液肥を捨てている(液状で使うのが厄介なため)。残りは基本的に自家消費 ・ 液肥の廃棄が、環境問題を引き起こす危険性が指摘されている ・ 天然ガスの枯渇と、人口増による急激な需要の増加から、化学肥料価格は高騰している ・ 法的には牛糞、コンポスト等と同じ扱いになるため、差別化が重要 ・ 乾燥技術は研究段階 ・ 中国のような有機肥料を使う文化がないため、啓蒙活動が不可欠	・ 実際にバイオガスを販売しているBD所有者が多数存在する ・ 月額500タカであれば、需要は高く、都市ガスのある地域でも、採算が取れている ・ 半径100m以内は、簡易設備で供給可 ・ GSは開発銀行以外の資金調達先を探している ・ BD購入世帯の貸倒率は全体の1割程度(大半が零細酪農家)	・ BD所有者は、BD購入時に排出権の所有権を開発銀行に譲渡する ・ 発行量が少ないことから、コンプライアンスではなく、オフセット市場で高価格販売するための戦略が必要

上記の図が示すように、B-MU 事業のバリューチェーンは大きく3つに分けられる。それぞれのキャッシュ・フローは、発生時期や内包するリスクが大きく異なっているため、B-MU 全体を対象とする投資ファンドにすると複雑になり、投資家層を著しく限定すると考えられる。

このことから、本調査では下位事業毎に投資スキームを個別に組成することを検討した。具体的には、バイオガス供給・発電に係る資金調達は「エネルギー・ファンド」、有機肥料に係る資金調達は「肥料ベンチャー」、排出権に係る資金調達は「カーボン・ファンド」と定義した。

表 30: 投資ビークルの一覧表

呼称	任意組合	匿名組合	合同会社	有限責任事業組合	投資事業有限責任組合
略称	NK	TK	LLC	LLP	LPS
準拠する法律	民法	商法	会社法	有限責任組合法	投資事業有限責任組合法
成立方法	各当事者が出資をして、共同で事業を営むことを約することによって成立。	匿名組合員が営業者のために出資をし、その営業により生ずる利益を分配すべきことを約する契約により成立	総社員が定款を作成し、出資の払い込み等を完了し、設立の登記を行うことにより成立。	各当事者が出資をして、共同で事業を営むことを約することによって成立。	各当事者が出資をして、共同で事業を営むことを約することによって成立。
出資者の数	2名以上	2名に限定	1名以上	2名以上	2名以上
法人格(財産取得)	なし	なし	あり	なし	なし
登記、設立手続き・費用	不要	不要	要 登録免許税6万円	要 登録免許税6万円	要 登録免許税3万円
出資の目的	金銭その他の財産及び 労務出資も認められる	金銭その他の財産に限定	金銭その他の財産に限定	金銭その他の財産に限定	金銭その他の財産に限定
事業の目的 (投資先の制限)	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	事業者に対する投資事業等のみ。LLC、LLPへの出資、外国法人への貸付は不可。外国資産は出資額の50%未満まで。
構成員	自然人、法人、法人格なき社団、組合等	匿名組合員には、特段の資格制限はない	自然人、法人、法人格なき社団、組合等	自然人、法人。ただし、最低1人は居住者又は内国法人。	自然人、法人、法人格なき社団、組合等
業務の執行	組合員の過半数で決する。ただし、組合契約で業務執行者を選任できる。	営業者単独で決する	社員の過半数で決する	原則として、組合員全員の同意が必要。全員が業務を執行する権利を有し、義務を負う。	無限責任組合員の過半数で決する
業務執行者の資格制限	任意組合員であれば制限なし	営業者になるためには、商人でなければならないとされているが、法人であっても自然人であっても、問題ない。	該当なし	該当なし	無限責任組合員になるには法人格が必要
損益分配の配合	自由だが、原則、出資比率と比例	該当なし	自由	自由	自由
損益分配の劣後 (トランチングの可否)	可	可	不可	不可	不可
持分の譲渡	不可。 各組合員は組合財産に対して潜在的な持分を有するが、通常の共有とは異なり、清算前に組合財産の分割を求めることはできない。また、各組合員に対する債権者は、その債権を組合に対して負担している債務と相殺できない。	不可。 財産は、組合契約により、営業者の財産に属することとなる。匿名組合員との共有にはならないため、持分を観念できない。なお、匿名組合員は、利益の分配を請求する権利及び匿名組合契約終了時の出資の価額の返還を請求する権利を有する。	可。 社員は、他の社員の全員の承認がなければ持分を他人に譲渡することはできない	不可。 各組合員は組合財産に対して潜在的な持分を有するが、通常の共有とは異なり、清算前に組合財産の分割を求めることはできない。また、各組合員に対する債権者は、その債権を組合に対して負担している債務と相殺できない。	不可。 各組合員は組合財産に対して潜在的な持分を有するが、通常の共有とは異なり、清算前に組合財産の分割を求めることはできない。また、各組合員に対する債権者は、その債権を組合に対して負担している債務と相殺できない。
出資者の第三者に対する責任	無限責任。 各組合員は、損益分担の割合に応じて、直接、組合債権者に対して責任を負う。	なし。 組合の営業は営業者の単独の事業であり、第三者との間の権利義務は全て営業者に属する。匿名組合員は営業者の行為について第三者に対して権利及び義務を有しない。	有限責任。 社員は全員有限責任社員。したがって、出資の価額を限度として、会社の債務を弁済する責任を負うのみ。	有限責任。 組合員は全員有限責任組合員。したがって、出資の価額を限度として、組合の債務を弁済する責任を負うのみ。	有限責任。 有限責任組合員は、出資の価額を限度として、組合の債務を弁済する責任を負うのみ。
納税主体	法人格がないため、納税主体とはならない。各組合員が、納税主体となる。	組合自体は納税主体とならず、営業者、匿名組合員がそれぞれ納税主体となる	会社自体が納税主体となる	法人格がないため、納税主体とはならない。各組合員が、納税主体となる。	法人格がないため、納税主体とはならない。各組合員が、納税主体となる。
その他留意点		同営業者の同事業に係るTK間の優先劣後は同順位			

出典：ホワイト&ケース法律事務所・税理士法人「Q&A投資事業有限責任組合の法務・税務」をもとに筆者が作成

日本国内で活用されている一般的な投資ビークルの中から、設立・維持費用が比較的安く、また、投資家の税負担が軽くなるようなビークルを、それぞれの事業目的、キャッシュ・フローの特性に合

わせて選んだ(匿名組合契約と任意組合契約の事例を Annex に添付)。

□ エネルギー・ファンドについて

エネルギー・ファンドに適している投資スキームを以下にまとめた。

表 31: エネルギー・ファンド

スキーム	E-①匿名組合	E-②貸付	E-③クラウド・ファンディング (寄付・購買型)
想定期間	2年		1年
調達資金の用途	グラミン・シャクティの月賦販売制度の原資		
収益の源泉	バイオガス・ダイジェスターおよびバイオガスエンジン月賦販売の利息収入		
想定投資家	国内の個人、機関投資家およびマザーファンド		国内の個人投資家
スキーム図			
GPの報酬	運用手数料 集金成績と連動する成功報酬	低金利の資金調達	販売価格のX%
出資の時期	キャピタル・コール型 (BDの発注が一定量貯まる、あるいは月毎に融資実行)	一括出資型	一括出資型
メリット	- わかりやすい仕組み - 手続きに要する時間が短い	- 出資者はGSの信用リスクを負わない - 政府系金融機関が媒介法人になれば、JICAやJBICのツーステップローンが使える	- 第2種業者が不要になる - 手続きに要する時間が短い - 金銭ではなく、本プロジェクトに係るあらゆる情報、物品を対価にできる(例えば、バイオガス購入者の家族写真や有機肥料で栽培した紅茶)
デメリット	- モラルハザード防止、ガバナンスの確保が難しい(GSが貸倒リスクを負わなく、GSの議決権を持たないため) - 第2種業者が必要	- 媒介法人には、現地金融機関以外にも、現地子会社、外国LPなど、投資家の要望に応じてさまざまな法人が考えられるが、バングラデシュ中央銀行から貸金業法の認可が必要 - 貸出条件に細かい規定が課せられる	- 元本返済がないため、対象となる資金提供者が限定され、調達できる金額が小さくなる - クラウド・ファンディング業者が必要

上記投資スキームの中で、グラミン・シャクティ(私的有限責任会社)に適したスキームについて、現地法律事務所と協議した。海外投資家によるバングラデシュの私的有限責任会社(Private Limited Company)への投資手法は主に以下の通りである。

- ① 普通株式 (Ordinary shares)
- ② 優先株式 (Preference shares)
- ③ 新株予約権付社債 (Shareholder loans)
- ④ 貸付金 (Loans)

上記①と③は、議決権の移動(あるいはその可能性)を伴うため、GS には受け入れられない。現地法律事務所によると、過度な利益の国外流出を防ぐため、投資庁(Board of Investment)はバングラデシュ法人に対する外国からの融資をきびしく規制しており、長期の低利融資以外は基本的に許可しないそうである。具体的には、外国からの融資は、貸出期間 7 年以上で、かつ実効金利が

LIBOR +4%以下である必要があるが、本スキームでは、投資期間2年で、かつ利回りが10%を超える資金調達を想定しているため、④は本スキームには適していない。このことから、本件では上記②でGSに匿名組合出資金を投資するのが最善という結論に達した(スキームE-①)。

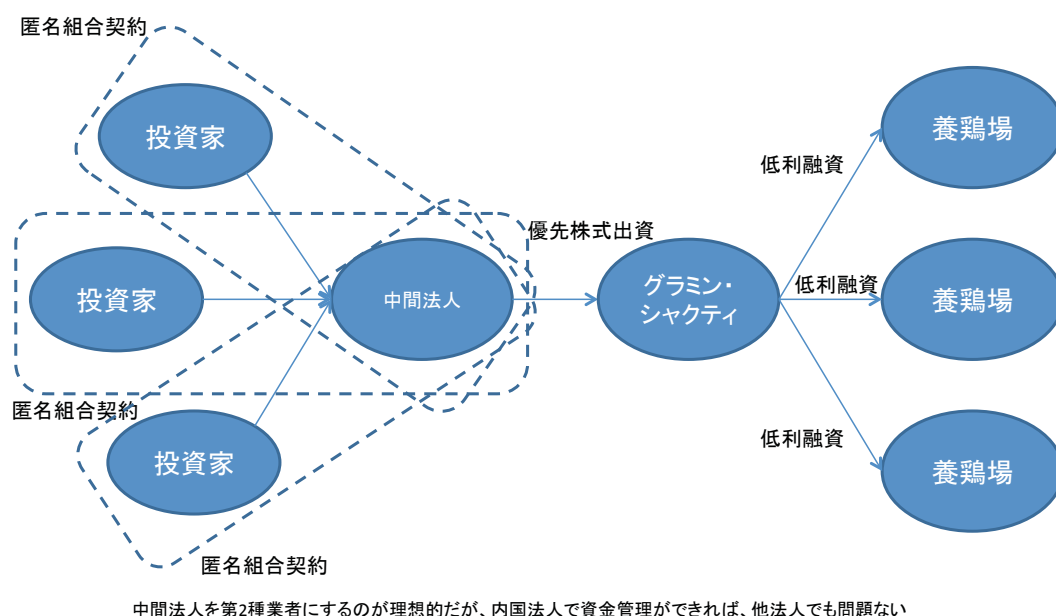


図 41: E-① 匿名組合スキーム

バングラデシュでは、投資ファンドに係る法整備が進んでおらず、経済的に魅力的なファンド設計が困難なことから、現状では、利益よりも社会貢献を目的とする投資家に訴求することが肝要である。本スキームの税務上の扱いの概要は図41の通りである。

融資対象となる中小養鶏場の支払い能力について、ABFLからの情報をもとに分析したところ、2,000羽規模の養鶏場であれば、平常時には売上高に対して約1割の純利益がでるという試算結果になった(月額2万タカ)。この養鶏場の返済能力、鳥インフルエンザ対策、期待バイオガス販売収入を総合的に勘案し、暫定的に、B-MU事業参加者向けのマイクロクレジット・スキームは、頭金50%、金利10%+、月賦12回払いとした。このスキームだと、日産量14 m³のBDの場合、月々5,000タカの返済額になり、月々のバイオガス販売収入とほぼ均衡する。BD購入者の採算性を向上させるために、日本からの出資金の一部を補助金にする提案がGSからあったが、ローンなしでもIRR 38%という高収益が期待できることから、補助金は出さない方向である。

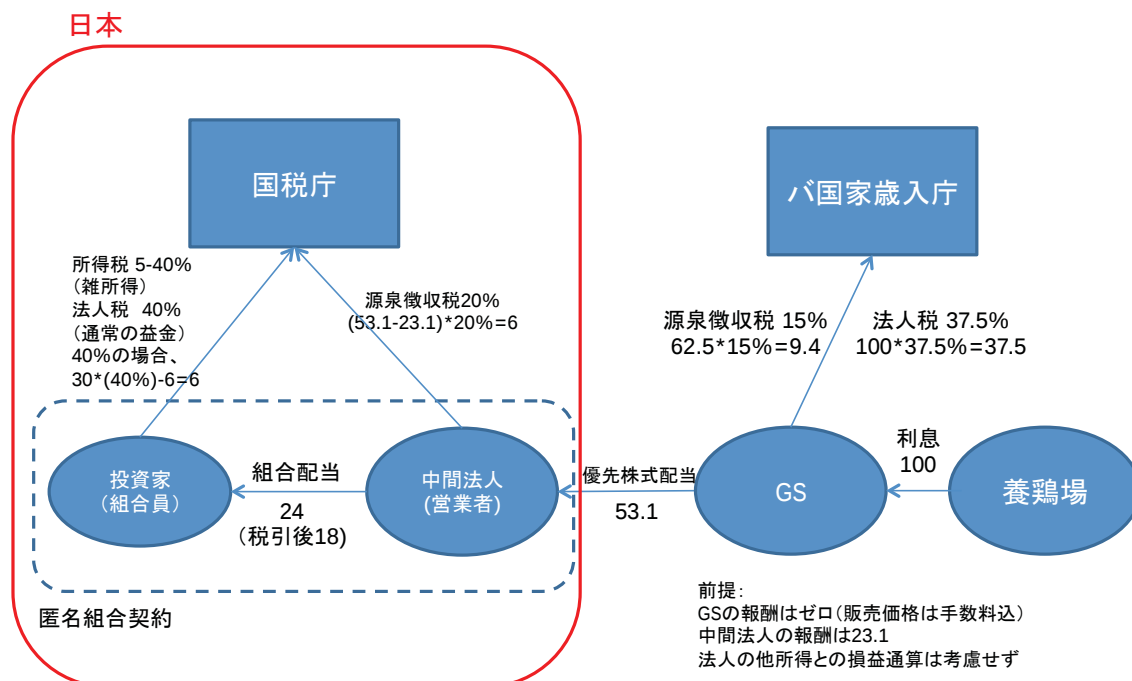


図 42: E-① 匿名組合スキーム 税務

対象となる中小養鶏場(採卵場)は、全国に約 5,000 存在すると想定すると、B-MU で中心となる 14 m^3 BD の価格は約 12 万円なので、最大 3 億円の資金調達が必要になる。GS は潤沢な資金を有しており(直近の監査済み財務諸表の現金および現金同等物残高は 20 億タカ)、資金力の観点からは、B-MU 事業拡大のために GS が新たな資金調達をする必要はないと考えられる。しかし、GS はソーラーホームシステム部門に経営資源を集中させるために、B-MU 事業の運転資金は外部から調達することを望んでいるため、個人投資家向けのファンド組成の可能性について、第 2 種金融商品取引業者の株式会社ミュージック・セキュリティーズ(MU)および株式会社ソーシャルインパクト・リサーチに打診したところ、B-MU のように裨益者の顔が見えやすく、また、一般家庭に対するエネルギー供給という便益が具体的な事業であれば、全額は難しいにせよ、資金調達は十分可能という回答を得た。

一方、現状では、融資対象となる中小養鶏場の与信情報が限られており、この商品設計が個人投資家に相応しいかの判断が難しいため、まず、PEAR を投資家とするミニ・ファンドを組成する準備を進めている。

□ カーボン・ファンドについて

カーボン・ファンドに適している投資スキーム案を、表 32 にまとめた。

表 32: カーボン・ファンド

スキーム	C-①クラウド・ファンディング (購買型)	C-②クラウド・ファンディング (出資型)	C-③任意組合(NK)
想定期間	2年		
調達資金の用途	IDCOLからの排出権(現物)購入資金		
収益の源泉	オフセット市場での排出権の売却益		
想定投資家	国内の個人、国内のCSR目的の事業会社およびマザーファンド		
スキーム図			
GPの報酬	排出権の売買差益	運用額のX% 最終運用益のY%	運用額のX% 最終運用益のY%
出資の時期	一括出資型	キャピタル・コール型 (排出権が国連から発行され、購入が確定になった時点で調達)	キャピタル・コール型
メリット	- 第2種業者が不要になる - 手続きに要する時間が短い - 金銭ではなく、本プロジェクトに係るあらゆる情報、物品を対価にできる (排出権、バイオガス購入者の家族写真、有機肥料で栽培した紅茶など)	- わかりやすい仕組み - 手続きに要する時間が短い	- 第2種業者や登記不要 - 手続きに要する時間が短い
デメリット	- 元本返済がないため、対象となる資金提供者が限定される - クラウド・ファンディングのプラットフォームを自前で構築するか、CF業者と提携する必要がある	第2種業者が必要	組合の無限責任がネックになる可能性あり

もっとも有望である購買型クラウドファンディングは、資金提供の対価がモノという点でイーコマースに近く、スキーム設計や税務上の扱いよりも対価となる商品の開発やマーケティング戦略のほうが重要なため、これらの課題について VII. PEAR の先進国向けビジネスにまとめた。

□ 肥料ベンチャーについて

肥料ベンチャーに適している投資スキームを、表 33 にまとめた。

事業実施のため設立するバングラデシュ有限責任会社は、ABFL のような大手養鶏業者と日本の組合との現地合弁会社である。現時点では、低コストの液肥の乾燥技術が確立しておらず、また、事業化の課題が多く残されているため、外部の投資家からの資金調達を検討するには、時期尚早であると考えられるが、投資スキームの概要と税務上の扱いを検討し、以下にまとめた。

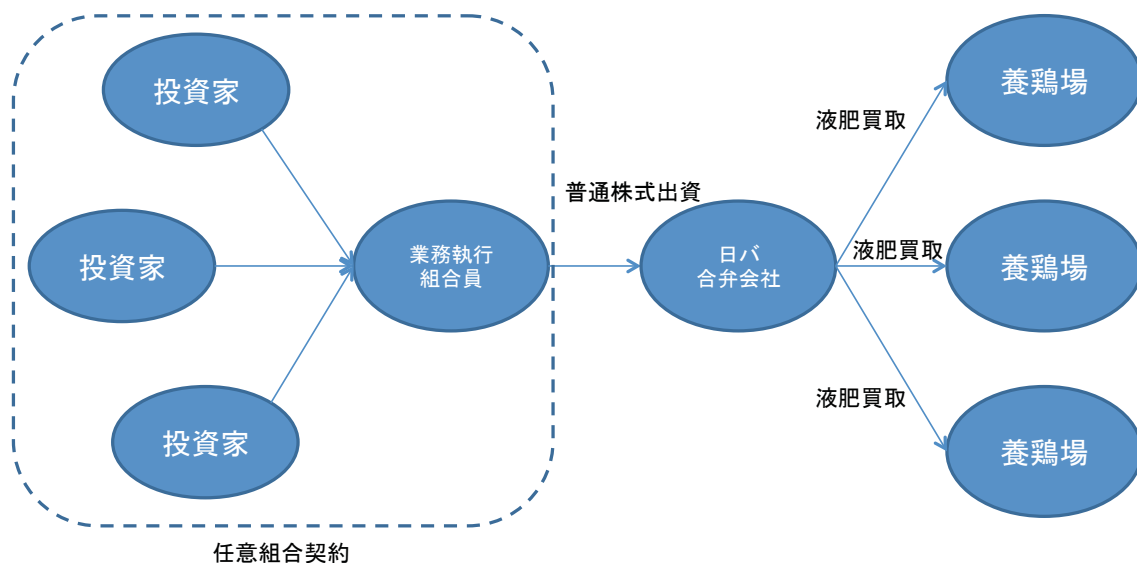


図 43: V-① 任意組合スキーム

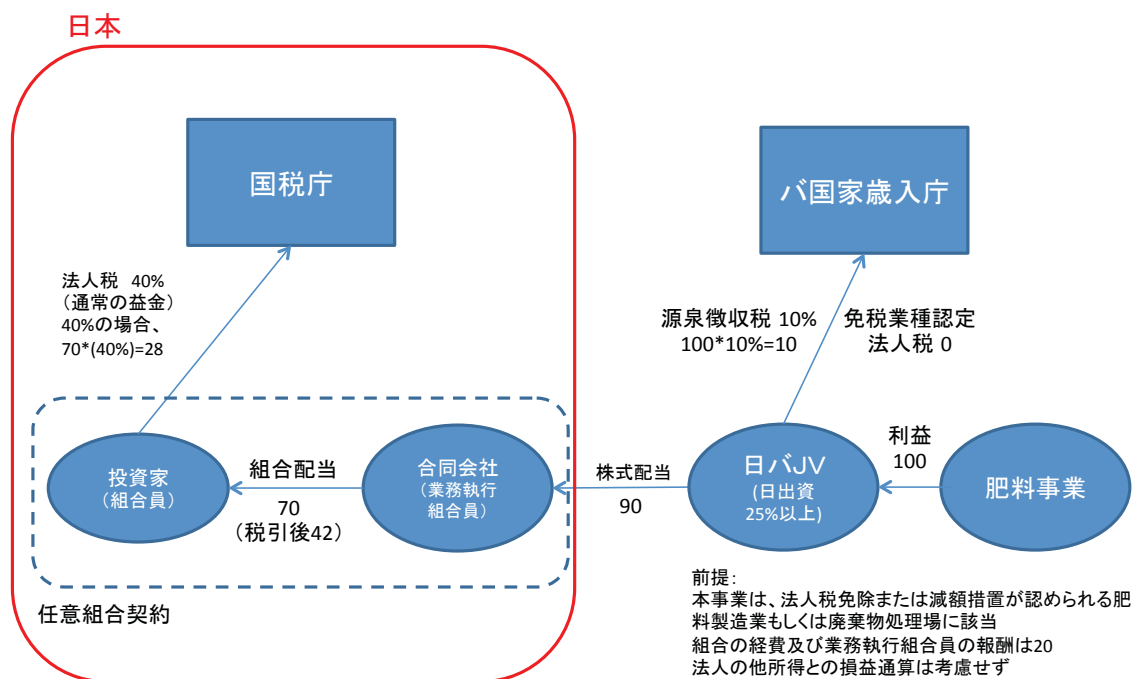


図 44: V-① 任意組合スキーム 税務

表 33: 肥料ベンチャー

スキーム	V-①任意組合	V-②コーポレートVC	V-③投資事業有限責任組合
想定期間	5年以上		
調達資金の用途	液肥乾燥技術の研究開発費、肥料ベンチャー立ち上げの事業資金		
収益の源泉	普通・優先株式の配当および売却益		
想定投資家	国内外の機関投資家およびマザーファンド		
スキーム図			
GPの報酬	運用額のX% 最終運用益のY%	最終運用益の配分	運用額のX% 最終運用益のY%
出資の時期	キャピタル・コール型	一括出資型	キャピタル・コール型
メリット	- 出資先の制限がない - 柔軟なファンド設計が可能 - 登記不要	- わかりやすい仕組み - 手続きに要する時間が短い	- 意思決定が容易 - 金商法登録が不要となる
デメリット	組合員の無限責任性がネックになる可能性あり	共同事業の要件を満たす業務執行方法を策定する必要あり	- 適格機関投資家等特例業務の届出が必要 - 適格機関投資家の協力が必要 - 外国株式の保有は、出資額の50%未満 - 外国法人への貸付は不可

□ マザーファンドについて

本調査中に、世界銀行グループ国際金融公社 IFC から、個々のファンドではなく、B-MU 全体に対する投資についての打診があったため、そのようなニーズにも対応できる多層構造の投資スキームについて検討した。投資スキーム案を図 39 にまとめた。

資金管理の観点から、各組合の営業者および業務執行組合員には、組合事業のみを行う合同会社(内国法人)を新たに設立するのが望ましい。B-MU の下位事業のキャッシュ・フローは、発生時期や内包するリスクがそれぞれ大きく異なっているため、B-MU 全体を対象とする投資ファンドのリスクは複雑になるが、B-MU のバリューチェーンの理解度が高く、またソーシャル・リターンの最大化を目的とする大口投資家には、子ファンドへの投資ではなく、こちらのほうが適していると考えられる。

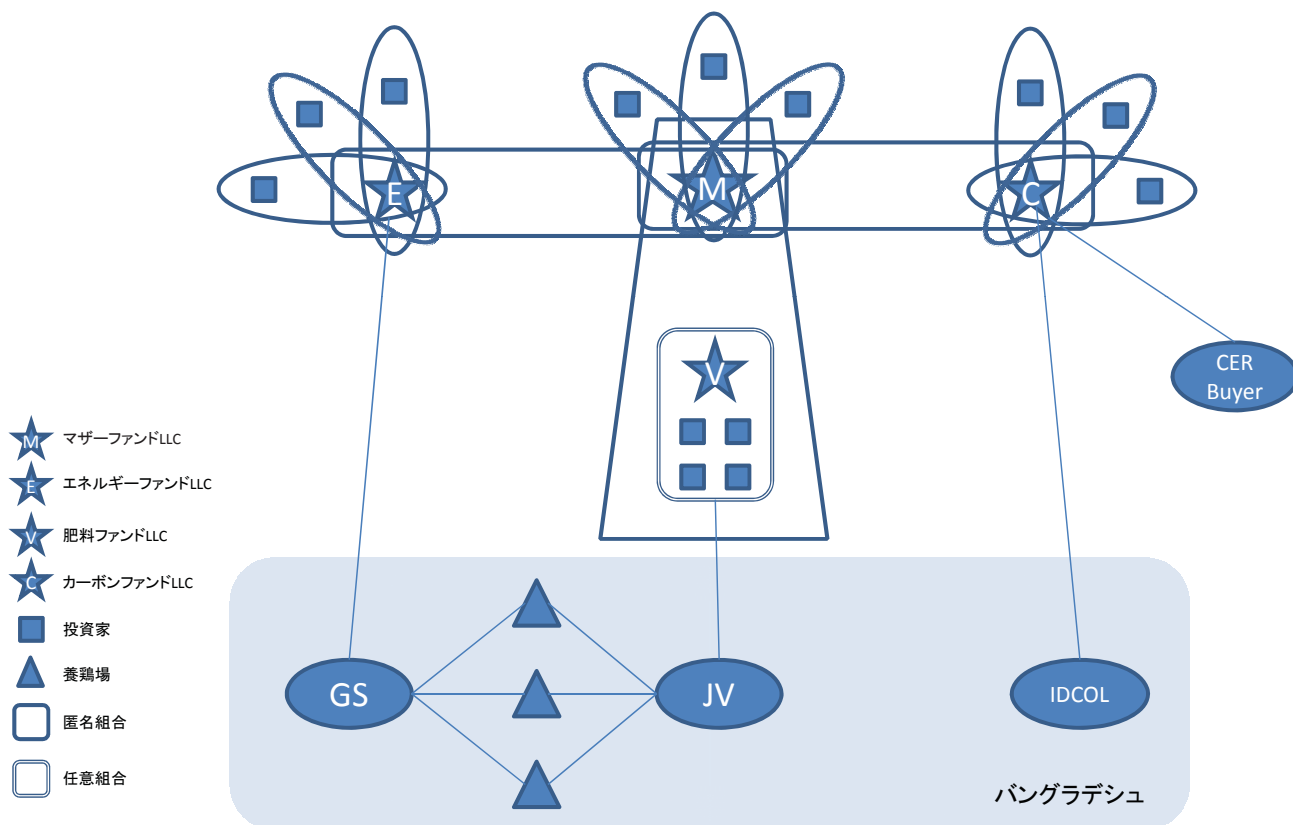


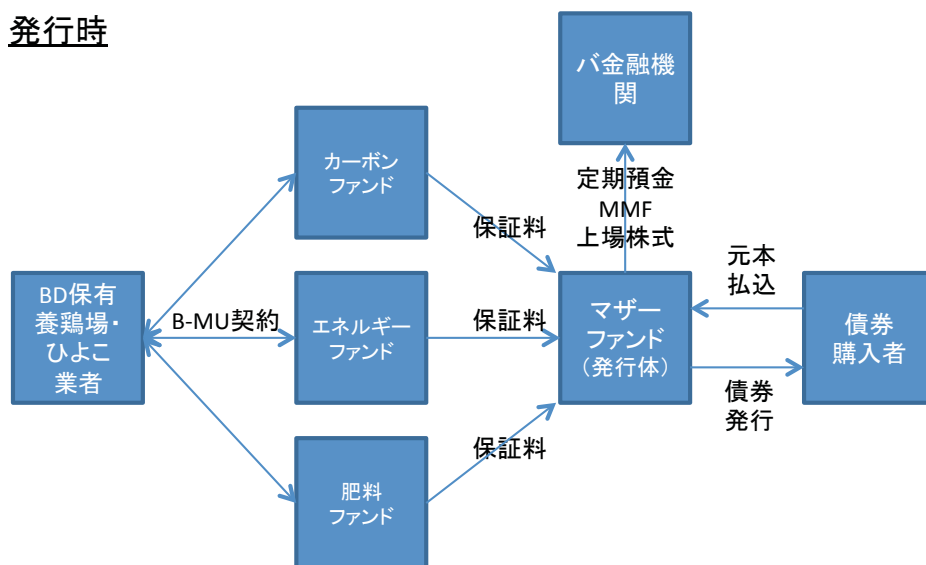
図 45: マザーファンド構想の概念図

□ 鳥インフルエンザ対策について

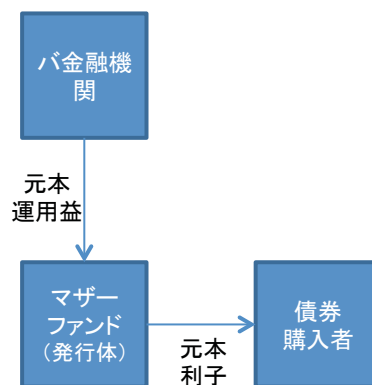
B-MU 事業における最大のリスクは、鳥インフルエンザの流行により B-MU 参加養鶏場が閉鎖・倒産することである。これは、おもに BD ローンの不良債権化を引き起こすが、それ以外でも BD 使用停止による排出権発行量減少、有機肥料の原料不足などさまざまな形で、ファンド出資者は不利益を被る。

したがって、養鶏場の地域分散、畜舎の衛生管理改善のための研修実施(発生率の低下)、BD ローン支払期間短縮などの対策に加え、鳥インフルエンザ・リスクを証券化し、外部の投資家に移転することでこのリスクをヘッジすることを検討した。具体的には、大規模自然災害のリスク移転手法のひとつである大災害債券(catastrophe bond; 通称キャット・ボンド)を応用した鳥インフルエンザ債(以下バード・ボンドという)の組成の可能性について調査した。

発行時



満期償還時



鳥インフルエンザ発生時

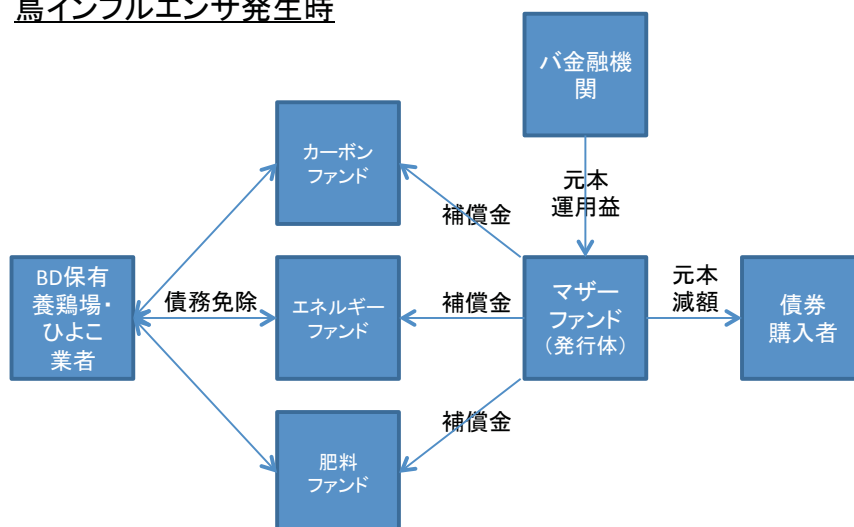


図 46: 鳥インフルエンザ債のスキーム

この債券では、あらかじめ定めた条件を超える鳥インフルエンザ(トリガー条項)による被害が満期日までに発生しなければ、投資家は元本に加え、多額の利子を受け取れる。一方、トリガー条項が発動した場合には、償還予定元本が減額される。バード・ボンドの発行体が投資家から減額した資金は、各「子ファンド」を通じて、B-MU 参加養鶏場のローン返済免除や再建に支払われる。なお、本スキームでは、「子ファンド」の鳥インフルエンザ・リスクも、バード・ボンドのトリガー条項と同じ条件の保証契約をマザーファンドと「子ファンド」間で締結することで、バード・ボンド投資家に移転している。スキームの詳細は上図のとおりである。

近年では、SRI(社会的責任投資)投資信託やインパクト・インベストメント型債券など、経済的利益のみならず社会的利益の追求も目的とする投資対象への需要が高まっている。予防接種のための国際金融ファシリティ(IFFIm)は、2006年から2011年の5年間で、ワクチン債により34億米ドルの資金調達に成功している。

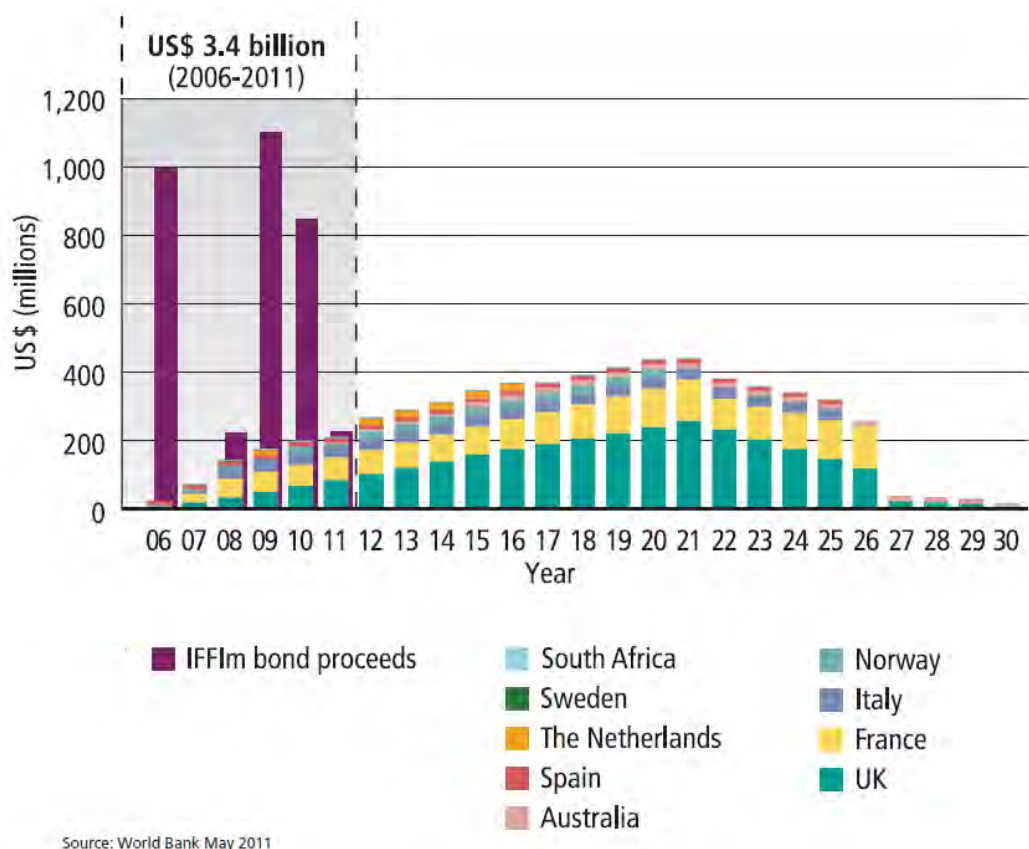


図 47: ワクチン債

ワクチン債以外にも、世界の水問題のためのウォーター・ボンドや、再生可能エネルギー普及のためのエコロジー・ボンドなどで、多額の資金調達が実施されている。

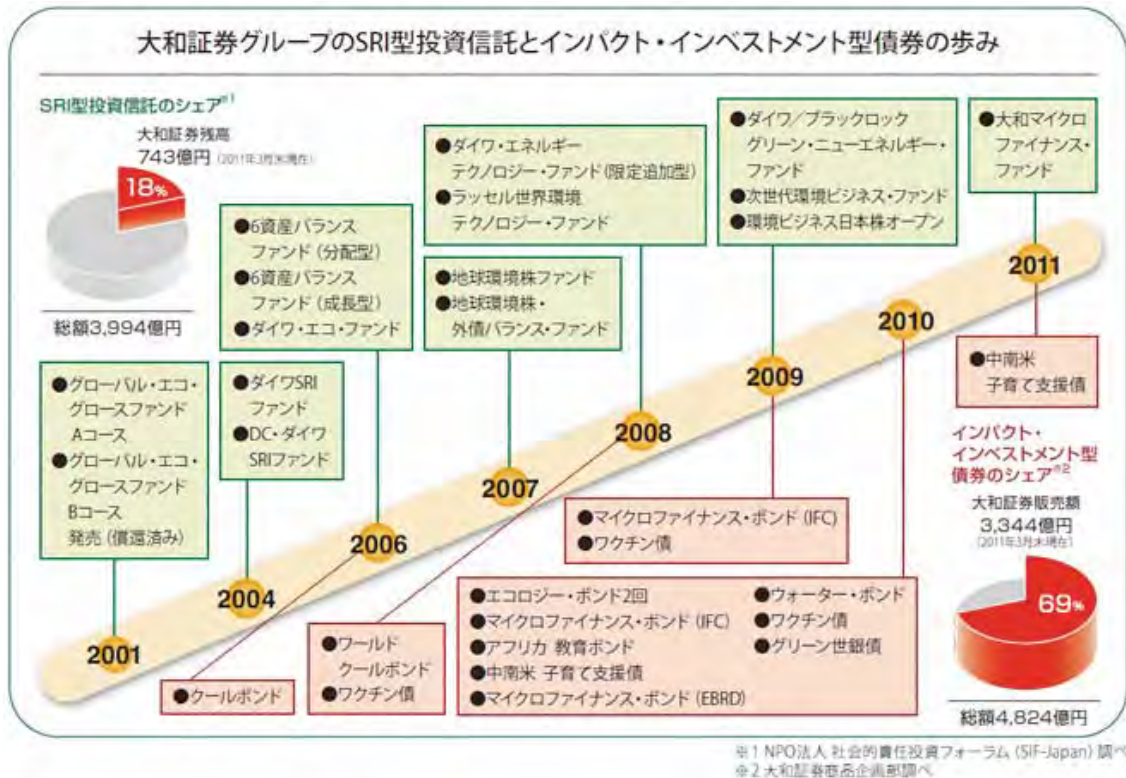


図 48: インパクト・インベストメント債 (出典: 大和証券グループ)

バード・ボンドの潜在的な投資家としては、上記のインパクト・インベストメント債を積極的に購入している国内の個人投資家に加え、途上国の畜産業分野で無償協力を実施している国際開発金融機関や、鳥インフルエンザ救済・事業再建基金 (VIII. JICA 事業との連携の可能性で後述) などが想定される。バングラデシュのような高金利・高変動率環境では、理論的には魅力的な金融商品設計が可能であり、また、バード・ボンドは他金融資産との相関性が低く投資ポートフォリオの分散に役立つことから、リターン重視の投資家からも、一定の需要が見込まれる。

バード・ボンドを起債するうえで、発行体となるマザーファンド合同会社の信用力や知名度の低さが課題になるが、この点については、JICA による発行体への一部出資及び広報活動への参加による支援が期待される。