

独立行政法人 国際協力機構

アフリカ未電化地域での
再生可能エネルギーの活用と普及に係る
プロジェクト研究

報告書

平成 20 年 10 月
(2008 年)

プロアクトインターナショナル株式会社

産業

JR

08-045

研究概要

わが国政府は対アフリカへの経済協力及び気候変動対策への支援を拡大する方針を掲げており、本年5月に開催された第4回アフリカ開発会議(TICADIV)では、JICAはアフリカにおける飛躍的なコメ増産を目指すイニシアティブ「アフリカ稲作振興のための共同体(Coalition for African Rice Development : CARD)」を発表したところであり、そのための協力量針の具体化を行っている。アフリカの農村地域の多くは未電化のまま取り残されており、こういった地域での貧困削減、社会サービスの向上、稲作を含む産業振興等に資するためには、アフリカ地域で潜在的な可能性の高い太陽光発電や小水力発電といった再生可能エネルギーによる地方電化事業を促進することがひとつの重要なテーマである。わが国はこういった再生可能エネルギーの開発利用については世界でもトップクラスの実績を有しており、こういった豊富な蓄積を開発途上国への支援に活用していくことが求められている。

このような背景から、本研究では、JICAがこれまで米増産に関する協力を実施してきているウガンダと隣国のケニアを現地調査対象として、再生可能エネルギー、特に太陽光発電と小水力発電の未電化農村地域における開発と利用について、政府の計画と事業内容、国際機関や各国ドナーの活動等を調査し、また、地方部の未電化農村を実際に訪問して民生用、業務用の電力ニーズや再生可能エネルギーの利用事例などに関するデータ収集を行った。こういった作業の後、太陽光発電と小水力発電の導入に関するバリアや導入後の持続可能性についての分析を行い、その導入にあたって解決すべき課題を抽出するとともに、面的な普及拡大に向けたシナリオを実現するための開発モデルプラン（案）を検討した。

開発モデルプラン(案)の検討に当たっては、対象国としてウガンダを取り上げ、個人レベルの導入をめざす太陽光発電とコミュニティ単位の開発利用をめざす小水力発電という違いに基づき、それぞれについて、次のステップとして取り組むべき施策を具体的に提案することを目標とした。

現地調査 概要

現地調査日程

全行程 2008.8.11～9.6

2008.8.12～8.15 ケニア調査

2008.8.16～9.5 ウガンダ調査

このうち、2008.8.21、2008.8.25～8.30 ウガンダ地方農村部で調査^注

注：この時の調査結果については資料-2 にとりまとめた。

主要訪問機関

ジョモケニアッタ農工大学

UNIDO Energy Kiosk サイト 2 か所

Practical Action (NGO)

以上 ケニア

Makerere University

Ministry of Energy and Mineral Development

Rural Electrification Agency

Electricity Regulatory Authority

世銀 ERT project office

UNDP

GTZ

以上 ウガンダ

調査研究担当者

氏名	担当分野	所属
大瀧 克彦	総括/太陽光発電技術	プロアクトインターナショナル (株)
大嶋 一成	小水力発電技術	プロアクトインターナショナル (株)
嶋岡 和美	農村開発	グローバル・リンク・マネージメント (株)

目 次

第1章	ウガンダの電力政策と地方電化	1
1-1.	政治経済情勢.....	1
1-2.	電力事情.....	2
1-3.	地方電化.....	3
第2章	ウガンダの農業と農村地域	7
2-1.	農業の現状.....	7
2-2.	農村と農家.....	8
2-3.	農業・農村開発政策.....	12
2-4.	わが国の農業・農村開発関連分野への支援.....	13
第3章	農村における電力ニーズ	17
3-1.	農村地域のエネルギー需要：世銀 ERT における分析.....	17
3-2.	農村地域のエネルギー需要：現地調査結果.....	22
第4章	太陽光発電システム	31
4-1.	途上国における太陽光発電開発.....	31
4-2.	わが国における独立型太陽光発電関連技術.....	34
4-3.	他のドナーによる独立型太陽光発電の事例分析.....	36
4-4.	ウガンダにおける独立型太陽光発電の可能性と課題.....	38
4-5.	ウガンダにおける独立型太陽光発電の現状とその持続可能性.....	42
第5章	ウガンダにおける独立型太陽光発電普及のモデルプラン	47
5-1.	これまでのプロジェクトの問題点.....	47
5-2.	モデルプランの基本的考え方.....	51
5-3.	モデルプランの持続可能性.....	67
5-4.	モデルプランに関するわが国の対応可能性.....	68
第6章	小水力発電	69
6-1.	途上国における水力開発.....	69
6-2.	わが国における独立型小水力発電技術.....	71
6-3.	他のドナーによる独立型小水力発電の事例分析.....	76
6-4.	ウガンダにおける独立型小水力開発の可能性.....	81
6-5.	ウガンダにおける水力開発の位置付け.....	85
6-6.	独立型小水力発電の活用分野.....	85
6-7.	独立型小水力発電の持続的開発における問題点.....	86
第7章	ウガンダにおける独立型小水力発電普及のモデルプラン	89
7-1.	独立型小水力開発における課題：Capacity Building の必要性.....	89
7-2.	Capacity Building のモデルプラン.....	90
7-3.	モデルプランに関するわが国の対応可能性.....	93
第8章	JICA への提言	97
8-1.	国内の人材育成.....	98
8-2.	国際的な連携.....	99
8-3.	アジア・アフリカ協力.....	99

8-4. NGO やボランティア活動との連携	99
8-5. 太陽光発電による情報通信の基盤整備	100
8-6. 水力開発の総合性と人材開発.....	101
8-7. マルチセクトラルアプローチ.....	102

資料—1

資料—2

略語一覧

MEMD :	Ministry of Energy and Mineral Development
ERD:	Energy Resource Department
REB:	Rural Electrification Board
REA :	Rural Electrification Agency
REF :	Rural Electrification Fund
ERA :	Electricity Regulatory Authority
UEB :	Uganda Electricity Board
RESP:	Rural Electrification Strategy and Plan
IREMP :	Indicative Rural Electrification Master Plan
ERT:	Energy for Rural Transformation
CARD:	Coalition for African Rice Development
PRSP:	Poverty Reduction Strategy Paper
PEAP:	Poverty Eradication Action Plan
SHS:	Solar Home System
BCS:	Battery Charging Station
LED:	Light Emitting Diode
UPPPRE:	Uganda Photovoltaic Pilot Project for Rural Electrification
SACCOS:	Savings and Credit Cooperative Societies
NEMA:	National Environmental Management Authority
CDM:	Clean Development Mechanism

通貨換算

ウガンダシリング(UGX) 1650 UGX = US\$1

ケニアシリング (KES) 70 KES = US\$1

第1章 ウガンダの電力政策と地方電化

1-1. 政治経済情勢

ウガンダは東アフリカに位置する内陸国であり、面積は約24万平方キロメートル（うち湖沼が4.4万平方キロメートル）、総人口は約2,825万人(2007年推計)である。首都はカンパラであり、南には世界第2位の面積を持ち、ナイル川の源流となっているビクトリア湖がある。



図1-1 ウガンダ位置図

西部国境には世界最大といわれるアフリカ大地溝帯（西部地溝帯）が走っており、南西部（ルウェンゾリ山地）及び東部のケニアとの国境に山岳地帯がある。赤道直下でサバンナ気候であるものの平均標高1,200mの高原に位置しているため気候は温暖で、平均気温は21℃～25℃である。降雨量は全般的に多く年平均1,000mmと東アフリカで最大であり、雨季は南部地域では3月～5月と9月～11月、北部地域では4月～10月である。

ウガンダでは、独立以来、度重なるクーデターにより内政、経済は混乱し、1980年代後半まで混乱したが、1986年に成立した現ムセベニ政権がほぼ全土を平定し、世銀、IMF、援助国の支援を得て、構造調整政策を積極的に推進し、経済再建に取り組んでいる。1990年代からマクロ経済は安定しており、2000年以降の経済成長率は年率5～6%である。ウガンダは豊かな農業国であり、GDPの約40%、輸出の約80%、雇用の約80%を農業が占めている。コーヒー、綿花、紅茶などの商品作物の生産が盛んであり、また、自給用に牛やヤギの飼育やトウモロコシの栽培が行われている。しかし、ウガンダの一人当たりのGNIはUS\$280（2005年）といまだに低所得貧困国であることに変わりはなく、2000年に貧困削減戦略書（Poverty Reduction Strategy Paper：PRSP）の策定を終えて実施段階に入っており、貧困削減に向けて一層の努力を行っている。

1-2. 電力事情

ウガンダのエネルギー消費は大別するとバイオマス、石油製品、電力に分類される。このうち、薪や木炭などのバイオマスが90%以上を占め、家庭の消費が全体の70%以上を占める。電力はエネルギー消費全体のわずか1%にすぎない。

表 1.1 最終エネルギー消費量の推移

	Biomass (ton)	%	Oil Products (ton)	%	Electricity (ton)	%	Total (ton)
2000	6,833,392	93.2	425,254	5.8	73,320	1.0	7,331,966
2003	7,778,352	92.9	502,369	6.0	92,101	1.1	8,372,822
2006	8,516,266	92.1	645,702	7.0	83,464	0.9	9,245,432

出典：MEMD 資料より作成。数値は石油換算値

ウガンダで電力政策を担当しているのはエネルギー鉱物開発省（Ministry of Energy and Mineral Development：MEMD）エネルギー資源局（Energy Resources Department：ERD）電力部である。エネルギー資源局にはこのほか、再生可能エネルギー部、省エネルギー部がある。電力部の職員は数名であり、これとは別に、2006年に水力発電開発を専門に担当す

る事務次官直属の水力発電開発ユニットの設置が決定されたがまだ機能していない。電気事業者については1999年に電力法が改正され、それまでのウガンダ電力公社（Uganda Electricity Board : UEB）による独占的な電力供給体制から、発電、送電、配電がそれぞれ独立した民営化体制に移行した。同時に電力規制庁（Electricity Regulatory Authority : ERA）が設置された。

現在のウガンダの総発電設備容量は約490MW（2007年）である。このうち発電量の大部分を占める主力の発電所が、ビクトリア湖から流れ出るナイル川に建設されたNalubale水力発電所(180MW)とKiira水力発電所(200MW)であり、カンパラの東方約80kmに位置している。残りは鉱山会社所有の小水力発電所など計17MWと予備用ディーゼル発電所(100MW)である。送電設備については、西隣D.R.Congoとの国境近傍のKaseseからカンパラ～ジンジャ（Jinja）～トロロ（Tororo）を經由して東隣ケニアのLessosへと至る132kV幹線を中心とし、南はKabulasokeからMasakaを經由する132kV幹線でタンザニアと連系している。また、北部地域はTororoからチョガ（Kyoga）湖東側を經由して同湖北方に位置するリラ(Lira)に至る132kV幹線を中心として給電されている。ウガンダの全国の電化率は8%であり、都市部の電化率は30%であるが地方部の電化率は4%にすぎない。また、ウガンダでは、過去に平均して年間200GWhの電力輸出を行ってきた。内訳としては、ケニア向けが全体の約9割を占め、残りはタンザニア、ルワンダ向けである。しかし、国内の電力需要の増加と旱魃によるビクトリア湖の水位低下による発電能力の低下によって、2006年から国内の電力需給が逼迫し、現在は近隣国への電力輸出ができない状況である。

1-3. 地方電化

1-3-1. 地方電化事業の実施体制

新電力法(1999年)の成立時点では地方部の電化率はわずかに1%であった。このため、新法では既存電力系統の延伸（グリッド電化）とこれ以外のオフグリッド電化の推進が政府の役割と明確に規定され、地方部の電化率向上を達成するための枠組みとして、地方電化事業への資金的支援を目的にした地方電化基金（Rural Electrification Fund : REF）とその資金を活用した電化事業運営組織として地方電化庁（Rural Electrification Agency : REA）の設立が規定された。その後、準備期間を経てREFは2001年に、REAは2003年に設立された。REFは、発電課徴金（送電会社を買取る電力料金の5%）のほか、政府資金、ドナー援助資金で運営されている。また、REAはMEMDエネルギー資源局に属する機関であるが、MEMDの次官を議長とするRural Electrification Boardが最高意思決定機関となっており、その業務内容はMEMDからの独立性が高い。地方電化について、このような大きな改革が行われる原動力となったのは、従来からのウガンダ電力公社（UEB）による中央主導型の地方電化で

は限界があるとして、民間主導のさまざまな電化プロジェクトを全国的に促進するという考え方であった。具体的には、①UEBの電力系統の延伸について民間企業が投資することによる電化、②ディーゼル発電や再生可能エネルギー発電による独立型小規模電力系統(ミニグリッド)による電化、さらに、③太陽光発電システムによる電化 の3つの方式が想定されていた。

1-3-2. 地方電化計画

2001年に作成された地方電化戦略計画 (Rural Electrification Strategy and Plan : RESP) は地方と中央部の不均衡是正、農村部での収入機会の増加、さらに農村に存在する再生可能エネルギー資源の有効活用という大きな政策目標に基づき、新電力法に基づく地方電化の枠組みを示した計画書である。その中で、前述の地方電化の3方式に基づくプロジェクトに民間投資を呼び込むことで、2010年までの10年間で地方部での電化率を2%(2001年)から10%に引き上げるという目標を掲げており¹、そのためには10年間で約400,000世帯を新たに電化することを目標としている。また、この戦略計画では地方電化プロジェクトに対して政府がREFから必要な資金的助成を行うことが示されている。

表 1.2 ウガンダの地方電化目標 (RESP 2001)

	2000	2005	2010
Rural population	18.6 m	20.2 m	22.0 m
No. of rural households	3.8 m	4.1 m	4.5 m
No. of electrified rural households	80,000	164,000	450,000
Rural electrification rate (%)	2.1	4	10

出典：RESP

この戦略計画に基づき、具体的な地方電化プロジェクトを REA と協調しながら進めているのが世銀の Energy for Rural Transformation (ERT) プログラムである。世銀 ERT は RESP の目標である地方電化率 10%を達成するため、地方部でのエネルギー開発利用に関するさまざまな事業を実施し、また支援している。その一環として実施されているのが地方電化マスタープラン (Indicative Rural Electrification Master Plan: IREMP) の作成である。これは、外部コンサルタントによって作成されているものであり、すでに原案はウガンダ政府に提出済で 2008 年末までには公表される予定である。この IREMP では、さまざまな地方電化の方式について経済性比較を行った上で、地方電化率を 10%に引き上げるという目標を達成するために、各地域の条件 (送電線拡張計画、人口、地理的關係など) をもとに最小費

¹現在では地方電化率 10%の目標年次は 2010 年から 2012 年に改定されている。

用となる具体的な地方電化プロジェクト案を示し、民間からの投資を加速することを目的としている。以下に IREMP で試算された 2007 年時点での電化率を示す。

表 1.3 ウガンダの電化率 (2007 推定)

	Urban	Rural	Total
population	3.5 m	25.4 m	28.9 m
No. of households	1.29 m	4.73 m	6.02 m
No. of electrified households	420,000	165,000	585,000
Electrification rate (%)	33	3	10

出典：IREMP draft

この IREMP の原案によれば、経済性試算の結果、地方部で当面の電化対象となる sub-county 中心地など人口密度の比較的高い地区では、想定される kWh 当たりのコストが、太陽光発電などのオフグリッド電化の場合にはグリッド電化よりも割高と結論づけられており、オフグリッド電化はグリッド電化が行われる地区の外縁部の人口密度が相対的に低い地域において有効とされている。すなわち、当面の電化はグリッド電化のほうが効率がよく、それが一段落して人口密度の低い地域が残されたときに、オフグリッド電化が必要になるという考え方である。2001 年に策定された RESP では当面の目標となる地方部の約 400,000 世帯の電化について、独立した電力系統(ミニグリッド)による電化が全体の 25%、太陽光発電による電化が 20%と想定されていたのに対し、IREMP においては、前述の基本的考え方から、大部分をグリッド電化事業によって電化するという提案となっており、オフグリッド電化についてはその比率が 2-3%程度という消極的な計画となっている。

たしかに、グリッド電化と太陽光発電を kWh 当たりのコストという手法で比較した場合、前者のほうが相対的に低コストという結論になると考えられるが、これはケロシンランプではコストが高いから他のエネルギーを使えと言っていることに等しく、エネルギー量としてはわずかで暗い灯りであっても、その方法しかない農民にとってはどうしようもないことである。グリッド電化事業と言っても民間主導で取り組むという発想であるから、投資案件として魅力のあるケースだけしか実施されないと考えられる。今のウガンダの状況では、電源不足による頻繁な停電、接続料や電気料金の割高感といった問題があつて、一般消費者は電化されても電気の利用に二の足を踏んでいる状態である。電源不足は Bujagali 発電所(250MW)が 2011 年に運用開始されるまでは続くため、当面はグリッド延長をしても需要家を増やすことは難しい。こういった事情を考慮すれば、地方部の大多数の農民にとってグリッド電化はあまり期待できないということになり、したがって、IREMP の計画と

は別に、グリッド電化について何らかの代替策を検討することが必要と考えられる。

太陽光発電の場合には、グリッドからの電力と同様に使うことはなく、その制約条件からごく限られた照明やラジオに限定した使い方になるはずであり、それでもユーザーとしては生活改善を実感できるのである。このように、利用できるエネルギー量としてはわずかであっても農民の生活には大きな便益をもたらす可能性があり、グリッド電化と同列に議論することは好ましくない。また、グリッド電化が実現するまでの10年単位のつなぎとしてオフグリッド電化を行うという考え方も多くの支持を得られるものであろう。こうした点はIREMPの経済性評価では考慮されていない。したがって、IREMPでは明確な事業提案は出されていないが、オフグリッド電化については、今後とも地方電化のひとつの有効な手段として検討し、住民の強い電化ニーズに対してできるだけ早く応えていくという対応は必要になってくると考えられる。

第2章 ウガンダの農業と農村地域

ウガンダでは、総人口 28,247,300 人(2007 年推計)の 86.7%が農村地域 (rural) に居住し、農林水産業は国内総生産 GDP の 21.4% (2007/08 年) を占め、雇用の 73.3% (2005/06 年) を提供している²。しかしながら、国内地方部の電化率はわずか 3.7%³ (2005/06 年) に留まっており、未電化地域の住民はケロシンランプや薪、乾電池、自家用発電機などでの生活を余儀なくされている。

2-1. 農業の現状

2-1-1. マクロ経済への寄与

GDP に占める農林水産業の比率及び輸出総額に占める農産品の比率は年々減少傾向にあるものの、農業は国家経済を牽引する重要な基幹産業である。2006 年の輸出総額に占める農産品の割合は 53.6%で⁴、コーヒー・茶・綿・タバコなど伝統的作物が 29.9%を、非伝統作物 (穀物、魚類及び魚肉製品、花卉、牛の皮、油糧種子、スパイスなど) が 23.7%を占める。この中でコーヒーは 19.7%を占め、外貨獲得高第 1 位の座を維持している。穀物輸入では小麦と米が主である。小麦は多くを輸入に依存しているが、米は一部国内で生産されており、その生産量は近年少しずつ増加している。都市部や主産地である東部地域で多く消費されている。穀物輸入総額の内、米の輸入額は 3 割近くを占めることから、外貨節約のための重要な輸入代替作物になっている⁵。

農林水産業が国内総生産 GDP に占める 21.4%の内訳は、食糧作物 (11.2%)、林業 (3.6%)、水産 (2.7%)、畜産 (1.6%) 及び輸出・換金作物 (2.1%) である。

2-1-2. 農業生産力

国内・自家消費用の食糧作物生産が中心である。生産量は、①バナナ/マトケ (9,052 千トン) がもっとも多く、②キャッサバ (4,924 千トン)、③ジャガイモ (2,627 千トン)、④トウモロコシ (1,258 千トン)、⑤フィンガー・ミレット (687 千トン)、⑥サツマイモ (628 千トン)、⑦ソルガム (440 千トン)、⑧豆類 (424 千トン)、⑨米 (154 千トン) と続く⁶。なお、主要な輸出・換金作物であるコーヒーの 2006 年の輸出量は 133 千トンである⁷。作付面積でみると、①トウモロコシ (1,539 千 ha)、②バナナ/マトケ (1,112 千 ha)、③キャッサ

² “2008 STATISTICAL ABSTRACT” (Uganda Bureau of Statistics, June 2008)

³ Annual Rural Electrification Report (2006)

⁴ 2007 年推計値は 47.1% (同上)

⁵ 「ウガンダ共和国東部ウガンダ持続型灌漑開発計画調査ファイナルレポート」(2007 年 3 月)

⁶ “2008 STATISTICAL ABSTRACT” (Uganda Bureau of Statistics, June 2008)。生産量は収穫量(harvested production)ではなく、収穫後のロス等を修正したもの(economic production)

⁷ 同上

バ (1,070 千 ha)、④豆類 (872 千 ha) の順に多く、これら 4 作物は全国的に多くの農家で生産されている。次いで、⑤サツマイモ (672 千 ha)、⑥ソルガム (328 千 ha)、⑦ピーナッツ (283 千 ha)、⑧フィンガー・ミレット 262 千 ha)、⑨米 (107 千 ha) と続く⁸。

ウガンダの農業は、天気に依存する小規模農家に支えられており、天候に大きく左右されるが、他のサブ・サハラ諸国に比べ、土壌肥沃度や適度な降雨量に恵まれていること、これにより多種多様な作物の栽培が可能であること、また、農地の拡大余地があること、多数の湖沼が存在すること、豊富な労働力などいくつかの点で恵まれている⁹。

2-1-3. 農業生態区分

国家環境管理機構 (National Environmental Management Authority: NEMA) の Zoning では、全国を 13 の生態地域に区分し、これを 9 つの主要な Farming Systems に整理している。

(資料 1 図-1 参照)

2-2. 農村と農家

2-2-1. 農村人口・就業人口・貧困人口

ウガンダの人口は 20 年毎にほぼ倍増しており、2007 年時点で約 2,820 万人 (推計値) の人口を抱えている。都市への人口流出が進展しているものの、全人口の 87% は農村部に居住し、地域別にみると、西部地域及び東部地域では 93% の人が農村部に居住している。また、高い人口増加率 (年平均 3.2%) は、他のサブ・サハラ・アフリカ諸国に比しても際立って高い出生率を主要因とするが、農村女性の出生率 (生涯に産む子供の数) は 7.1 人で、都市部の女性の出生率 4.4 人を大きく上回っている¹⁰。

農村部では、生産年齢人口 (15 歳から 64 歳) の 73% が作物栽培や家畜飼養の農業及び水産業や林業に従事している。ウガンダにおける生産年齢人口の性別・産業部門別の分布は、下表の通りで、女性は農業の重要な担い手であることが伺える¹¹。

表 2.1 生産年齢人口の性別・産業部門別の分布

	農林水産業	製造業	サービス業
男	66%	5.8%	28%
女	81%	3%	16%

“Uganda Human Development Report 2007” (UNDP Uganda)より

絶対的貧困ライン以下の状況で生活する人の割合は、全国平均で 38% (2002/03) から 31%

⁸ “Summary of the National Agricultural Statistics 2005/06”(MAAIF)

⁹ 「ウガンダ国収穫後処理及び流通市場開発計画調査 最終報告書」(2006 年 10 月)

¹⁰ “Uganda Human Development Report 2007” (UNDP Uganda)

¹¹ ウガンダの人口に占める男女比は、男：女 = 1 : 1.05 (同上)

(2005/06) に減少し、農村地域においても 42.7% から 34.2% に大きく減少しているが、都市部との格差は依然大きく、農村開発がウガンダの貧困削減に果たす役割は大きい¹²。

2-2-2. 農家戸数及び営農規模

ウガンダ統計局の国家世帯調査(2005/06)では、全国の農家世帯数(agricultural households)を 420 万戸と推計している。これは前回調査時(1999/2000)より 26.6%増加している。全世帯の 78.8%が農家で、地域的には首都カンパラを含む中央地域の農家世帯比率が 60.8%である一方、東部地域は 90.6%、北部地域は 83.8%、西部地域は 88.8%で、東部地域及び西部地域では約 9 割の世帯が農業に従事している。

農地の所有形態をみると、農家の 79%が農地を所有し、借用地で農業を営む農家が 53%存在する。農地の規模は、自家所有地の平均が 0.9ha、借用地の平均は 0.4ha である。自家所有地の規模は年々減少傾向にあり、特に前回調査時(1999/2000、1.6ha)からの減少は著しい。農家の約 80%は耕作する農地が 2ha 以下である。

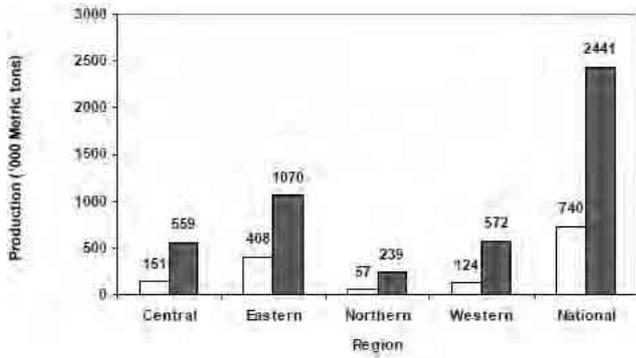
以上より、人口及び世帯数の増加にあわせて農地の細分化も進展し、多くの農家が自家所有の農地に加えて借地で小作をしながら自給型農業で生計を立てている様子が伺える。

2-2-3. 主要作物の地域別生産量の推移

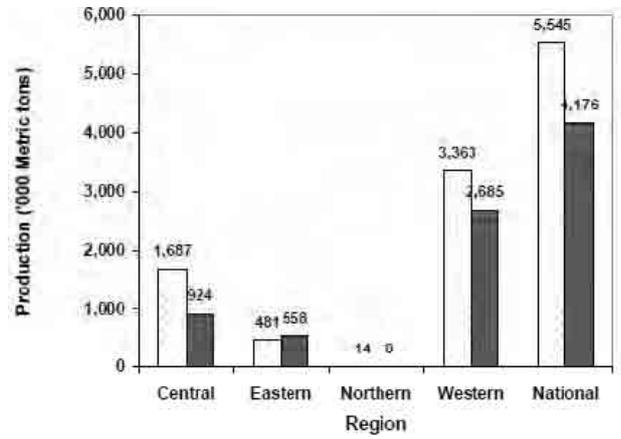
全国の最も多くの農家で生産されている作物は、トウモロコシ(85.8%)、豆類(80.8%)、キャッサバ(74.3%)及びバナナ/マトケ(73.1%)である。以下のグラフは国家世帯調査(2005/06)より引用。

¹² Uganda Human Development Report 2007: Rediscovering Agriculture for Human Development” (UNDP)

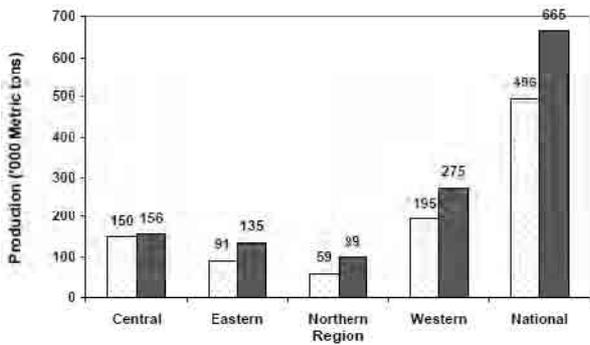
トウモロコシ



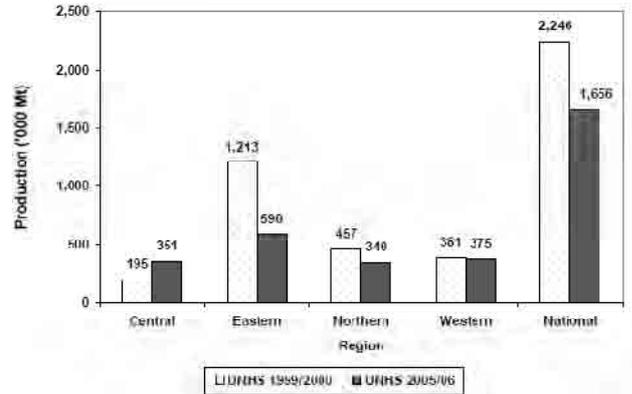
バナナ/マトケ



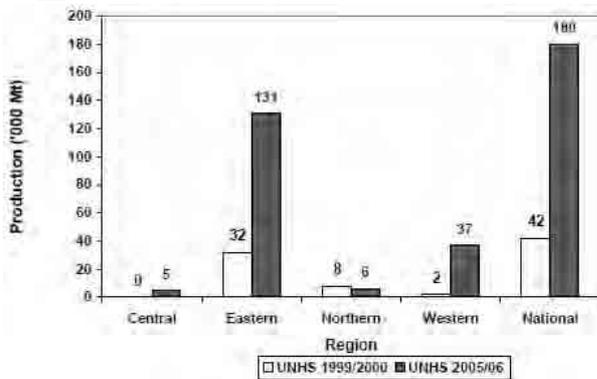
豆類



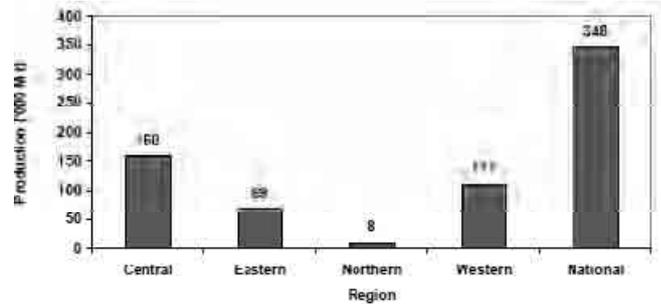
キャッサバ



米



コーヒー



参考表 1

MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS, UGANDA COUNTRY PROFILE

Goal/Indicator	Progress			Target
	2000	2005	2005/06	2015
Goal 1: Eradicate extreme poverty and hunger				
1 Poverty head count (PO)	33.8	37.7	31.1	23.0
2 Poverty gap - (PI)	10.0	11.3	9.7	6.0
3 Underweight moderate and severe	22.8		20.4	12.5
Goal 2: Achieve universal primary education				
4 Net enrolment ratio in primary education	84.0	90.0	84.0	100.0
5 Literacy rate of 15-24 year-olds	75.5	60	54.0	
Goal 3: Promote gender equality and empower women				
6 Ratio of girls to boys in primary education	0.99	0.99	0.98	1.0
7 Ratio of girls to boys in secondary education	0.79	0.82		1.0
8 Ratio of girls to boys in tertiary education		0.66		1.0
9 Ratio of literate women to men 15-24 years	0.84	0.9	0.92	1.0
10 Proportion of seats held by women in parliament	19.0	25.0		50.0
11 Share of women in wage employment in the non-agricultural sector		39.2	28.2	50.0
Goal 4: Reduce child mortality				
12 Under-five mortality (per 100,000 live births)	150		137	66
13 Infant mortality rate	65.4		76.0	31.0
14 Proportion of 1 year old children immunized against measles	58.5		58.1	90.0
Goal 5: Improve maternal health				
15 Maternal mortality ratio (per 100,000 live births)	605		435	131
16 Proportion of births attended by skilled health personnel	39.0		41.1	90.0
Goal 6: Combat HIV/AIDS, malaria and other diseases				
17 HIV/AIDS orphans (thousands)	384.0			
18 HIV/AIDS prevalence among 15-24 year pregnant women		4.0*		
19 Condom use at last higher-risk sex among 15-24 year olds	49.5	55.1	52.9	
Male			25.0	
Female			27.1	
20 Contraceptive prevalence rate among women 15-49 years	23.0	64.5	23.6	
21 Proportion of 15-24 year olds who have comprehensive knowledge of HIV/AIDS	28.0		32.1	
Goal 7: Ensure environmental sustainability				
22 Proportion of land area covered by forest	31.2		18.2	
23 Proportion of population with access to improved water source (urban)	97.0	84.0		100.0
24 Proportion of population with access to improved water source (rural)	57.0	53.5	58.5	62.0
25 Proportion of population with access to improved sanitation	62.0	97.0		
Goal 8: Develop a global partnership for development				
26 Unemployment rate of 15-24 year olds		6.3	3.4	
27 Debt relief committed under the HIPC initiative	\$69.7M	\$88.6M		
28 Debt service as a percentage of exports of goods and services	20.4		15.8	

Note: More indicators exist but are not listed above because of absence of data

* The figure is for 2002

Figures in blue are from the HIV/AIDS Seroprevalence Survey, 2004-05

Figures in red are from the UDHS 2005/06

Source: Indicator 1, 2, 4, 6, 7, 9, 9, 11, 23, 24, 25, 26 - UNHS, Uganda Bureau of Statistics
 3, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20 - UDHS, Uganda Bureau of Statistics
 27, 28 - Ministry of Finance, Planning and Economic Development
 10 - Ministry of Gender, Labour and Social Development
 22 - Uganda Forestry Authority
 13 - 2006 UDHS, Uganda Bureau of Statistics

“2008 STATISTICAL ABSTRACT” (Uganda Bureau of Statistics, June 2008)より

2-3. 農業・農村開発政策¹³

ウガンダ政府は、国家開発計画である「貧困撲滅行動計画 (Poverty Eradication Action Plan: PEAP)」に基づき各種貧困削減施策を推進しており、2017 年までに絶対的貧困ライン以下で生活する人口の割合を全人口の 10%以下とすることを最大の目標に掲げている。農業部門は PEAP の目標達成に必要不可欠なセクターと位置付けられ、貧困層が集中する農村の自給農業から商業農業への変換による所得向上を目的に、セクタープログラム「農業近代化計画 (Plan for Modernization of Agriculture: PMA)」が 2000 年に策定された。

PMA の主な戦略	PMA の 7 つの優先分野
<ul style="list-style-type: none"> ・ 貧困解消を農業開発の最大の目的とする。 ・ 効率的な支援サービスの提供をめざして、地方政府への権限委譲を進める(地方政府の公共政策と資金配分への影響力を高める)。 ・ 商業分野での政府の直接介入を排除し、民間セクターの役割を強化する。 ・ 市場と所得向上を通じ食糧安全保障を確保し、農家レベルの自給体制より販売用への特化を促す。 ・ すべての支援において、ジェンダーへの配慮を確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究・技術開発(農業用動力、収穫後処理技術を含む) ・ 国家農業支援サービス(National Agricultural Advisory Services :NAADS) ・ 農業教育 ・ 農村金融アクセス改善 ・ 農産加工および流通 ・ 天然資源の持続的活用・管理 ・ インフラ整備(農民と市場を結ぶ農村道路への投資、航空・鉄道料金の引き下げ、その他のインフラ等)

PMA の下、農村部の貧困撲滅を目的に、農業生産増、農産物への付加価値付与及び市場へのアクセスと参加を通じた農家の所得向上を目的とする「農村開発戦略 (Rural Development Strategy)」が 2003/04 年度に策定され、農産物の輸出振興に向け、農業生産・加工・販売に関する全国的な地域類型化が行われ、2006/07 年度より、全国各県から 1 つのサブ・カウンティを選定し、各県のモデルとして営農・農民組織・流通加工・金融等広範囲にわたる事業を総合的に推進する新規事業：モデル・サブカウンティ開発プログラム (Model Sub-county Development Programme: MSDP) が実施されている。

また、2007/08 年度の国家予算では、5 つの戦略的課題として「①農村開発の強化」「②物的インフラの改善」「③工業開発の加速」「④社会サービス提供の改善」「⑤保安とグッドガバナンスの確立」が掲げられ、「①農村開発」分野では、農業生産量及び生産性の増加、農村金融サービスの強化と拡充、市場へのアクセス拡大に、「②物的インフラの改善」については、エネルギー供給への投資、交通インフラの開発整備と維持管理、ICT 及び総合的な科学技術の開発に、また「④社会サービス提供の改善」では、UPE(初等教育の無償化)の質の向上、USE(前期中等教育の無償化)の実施、ミニマム・ヘルス・ケア・パッケージの普及向上、水・衛

¹³ 「ウガンダ国収穫後処理及び流通市場開発計画調査 最終報告書」(2006 年 10 月) より要約・抜粋。

生施設の整備拡充と維持管理の向上に重点を置いた予算の配分・執行が行われた。

2-4. わが国の農業・農村開発関連分野への支援

ウガンダに対するわが国政府開発援助の国別援助計画は策定されていないが、1997年の政策協議及び1999年のプロジェクト確認調査により、「農業開発」がわが国の対ウガンダ経済協力重点4分野の一つとして位置づけられた。稲作増産支援を中心とする農業分野に加え、地域医療・地方給水・地方電化・ラジオ局等の農村インフラ整備支援、更に地場産業振興及び職業訓練による人材育成支援など、農業農村開発を取り巻く幅広い分野で、開発調査、無償資金協力、技術協力プロジェクト、青年海外協力隊他の援助スキームによる援助事業が実施されている。

参考 表 2 農業農村開発関連分野への支援（外務省、JICAホームページ情報を基に作成）

農業近代化促進 ・コメ振興	目標： 生産基盤、品種（水稻・陸稻）、栽培技術、品質、収穫後処理、付加価値、流通等関係者（機関）の能力向上を通じて、就業・収入機会の増大と外貨節減に貢献する。	
これまでの進捗： 1993年から94年にかけて実施された開発調査「中部農業総合開発計画調査」に基づき農業分野の協力を進めてきた。2003年度より開発調査「東部ウガンダ持続型灌漑開発計画調査」及び「ウガンダ共和国収穫後処理及び流通市場開発計画調査」、2004年度より専門家派遣「ネリカ米適用化計画（稲作）」を開始。ネリカ米振興に関しては、ネリカ米の品種試験及びウガンダ各地で農民及び地方政府の農業担当職員向けのネリカ米栽培研修を実施中。また、「キリマンジャロ農業技術者訓練センター計画（タンザニア）」広域技術協力による稲灌漑地区関係者研修、協力隊派遣を実施中。	今後の計画： 開発調査「東部ウガンダ持続型灌漑開発計画調査」は2007年3月に終了。開発調査で取り組んだパイロットプロジェクトの拡大・発展、及び提言された開発計画の実現を目指し、技術協力プロジェクト「東部ウガンダ持続型灌漑農業振興計画」が採択され、2008年7月に開始した。 JICA協力プログラム「コメ振興プログラム」の下、2004年6月にネリカ米適用化技術専門家を国家農業研究機関（NARO）に派遣し、ナムロンゲ農業畜産研究所を拠点に天水（畑作）と灌漑条件下での品種比較試験や栽培試験、収穫後処理技術向上について技術協力を実施している。同専門家はネリカ普及振興のためにアフリカ諸国を訪問し、アフリカ諸国からのネリカ関係者の来訪も多い。日本政府はアフリカ開発会議（TICAD）等でネリカ振興への協力を表明し、ウガンダは東部・南部アフリカ地域のネリカ支援拠点として位置付けられ、個別専門家の増員を含めて協力内容を拡大する予定。「ウガンダでのコメ振興協力」は未だ揺籃期にある灌漑稲作分野を支援するもので、今後、無償資金協力「ウガンダ共和国における食糧安全保障と貧困削減のための革新的稲作総合生産システムを通じた農業・農村開発事業（コメ振興のための研究・実習施設建設）」を実施予定。 ネリカ米振興に関しては、「ネリカ普及」を担当する短期協力隊員3名が活動中。また、ネリカ米の普及に伴う精米所不足の解消に向けて、「移動精米所」をSasakawa Global 2000（NGO）に委託し、試行中。	
畜産振興	目標： 安定的な需要拡大が見込まれる畜産品の品質、付加価値、市場競争力を、特に家畜疾病対策分野から支援し、収入・就業機会の向上に貢献する。	
これまでの進捗： 2007年から実施されている技術協力プロジェクト「家畜疾病対策計画」において、現在長期専門家が1名派遣されており、カウンターパートに対する技術指導を行っている。2008年2月には運営指導調査団が派遣され、組織病理診断技術にかかる実施体制の現状を調査し、今後の体制づくりを先方機関に説明・協議した。	今後の計画： 国立家畜疾病診断・検疫センターおよび関連機関の拡充に対する無償資金協力が要請されているが、当面は技術協力を通じた家畜疾病対策改善についての協力を実施する。	
地場産業強化	目標： ウガンダにおいて現在産業として十分に成熟していない地場産業に焦点を当て、	

	必要な技術の指導や支援体制の整備を通じて、これら地場産業に従事する生産者・企業・政府機関等の能力を向上し、小規模農家をはじめとする生産者の所得向上に貢献する。	
これまでの進捗： 2005年度に養蚕開発のための短期専門家を約3ヶ月派遣し、養蚕業発展の可能性を確認した。現在は、主に種子の生産とその両親保存について支援中。また、2005年度後半に淡水養蚕短期専門家2名（エジプトからの第三国専門家）を派遣した。2007年3月～8月まで「養蚕開発」及び「養蚕技術」短期専門家を派遣し、ウガンダにおける養蚕開発の可能性を検討。	今後の計画： ウガンダは自然環境（気温・降雨分布）の面から養蚕に適しており、労働集約型農産工業として発展する可能性を持っている。当面は蚕種生産・マユ生産普及を中心に、将来的には蚕糸・絹糸生産支援も含めて、Uganda Pearl Silkの品質向上・生産量増大に協力する。現在ウガンダ政府より長期専門家派遣の要請があがっており、本部にて検討中。一村一品については、当面は協力の方向性を検討する。	
医療インフラ整備・維持管理強化	目標： 2009年までを目処に、保健インフラ整備のために必要な関連機関（保健省・ワークショップ等）の体制を整える。	
これまでの進捗： 保健医療施設・機材の荒廃が激しく、多くの場合継続使用が困難となっていた東部ウガンダのソロティ県に対し、2002年度に、無償資金協力「ソロティ地域医療体制改善計」を実施し、診断、治療、緊急患者運搬、緊急連絡用等の機材購入に必要な資金供与を行った。さらに、2005年度より無償資金協力「東部ウガンダ医療施設改善計画」が開始され、東部4県の地域中核病院を含む6つの病院に対する施設建設・機材供与等の協力が実施。2006年度より技術協力プロジェクト「医療機材保守管理」を開始し、保健インフラの整備に関わる保健省や地方ワークショップの運営に関する協力を実施している。 JOCVに関しては、全世界に3名派遣されている医療機器隊員の2名がウガンダに派遣中（2008年7月時点）。	今後の計画： 引き続き、現在実施中のプロジェクトを通じて医療インフラ整備分野における施設整備、能力向上に貢献する。 また、平成20年度無償資金協力案件として無償資金協力「中部ウガンダ地域医療施設改修計画」が要請されており、現在実施が検討されている。医療インフラ整備は非常に重要な分野でありながら、他ドナーの支援が十分に行き届いていないのが現状であり、今後も技術協力プロジェクト、無償資金協力を通じた支援を継続していく。	
地方給水整備プログラム	目標： 2010年までを目処に、チョガ湖流域（ウガンダ中東部）の水資源開発計画を立案し、あわせてウガンダ国民の生活用水へのアクセス率を向上させる。	
これまでの進捗： 1997年度より、無償資金協力「地方給水計画（第一次・第二次）」が実施され、2005年度末までに計6県において約500本の深井戸を建設した。第二次地方給水計画では、ハンドポンプ付き深井戸給水施設及びハンドポンプ据付け等上部構造物の建設と、ソフトコンポーネント（建設される給水施設の運営・維持管理、衛生環境改善等についての啓発普及活動）を実施した。今後、1) チョガ湖流域の水資源ポテンシャルの把握、2) 水資源ポテンシャルに基づいた総合水資源管理の導入に係る行動計画の策定、3) 優先地域における地方給水整備に係るマスタープランの策定（パイロットプロジェクトを含む）を柱とした開発調査を実施予定。	今後の計画： 2008年度から「チョガ湖流域総合的水資源開発・管理計画調査」を実施予定。	
電力供給強化	目標： 新たな水力発電所建設や地方電化整備を推進するウガンダ政府の方針に対し、無償資金協力を活用したインフラ面での支援、技術協力を活用したソフト面での支援を通じて協力し、電力不足の軽減に貢献する。	
これまでの進捗： ウガンダでは、都市部の電化率約20%に対し、地方部の電化率はわずか4%に留まっており、未電化地域の住民はクロシン・ランプや薪、自家用発電機での生活を余儀なくされており、経済活動及び病院・学校等の行政・公共サービスに支障をきたしている。他方、電力需要が高い伸び率を示す一方で電力供給が落ち込んでおり、深刻な電力供給不足への対策が喫緊の課題となっている。JICAは、1991年から1999年度までの間に無償資金協力「カンパ配電網整備計画」、「首都圏配電網整備計画」、「地方電化計画」の実施促進を行ってきたが、昨今の深刻な電力不足が経済成長の	今後の計画： 無償資金協力「第二次地方電化計画」の交換公文が2007年8月に署名され、今後、実施に移される予定（1/2期では西部地域を、2/2期では東部地域が計画対象地）。また新たな水力発電所の開発可能性の確認に向け、ウガンダ側から要請があげられた開発調査「アヤゴ水力発電所整備計画」の実施を検討するほか、ウガンダエ	

<p>阻害要因となっていることに鑑み、「電力供給強化」を協力プログラムの一つに位置づけたところである。</p>	<p>ネルギー省へのアドバイザー型専門家の派遣を検討する。</p>
<p>ラジオ局整備</p>	<p>目標： 国民の政治、経済、保健・衛生等、多様な情報の入手が可能となり、同国の貧困削減の推進に資する</p>
<p>これまでの進捗： ウガンダにおけるラジオ受信機の普及台数は約 400 万台で、世帯普及率は 76.5%と、テレビ（7.5%）に比べて極めて高い。地域によっては、ラジオが住民にとって唯一の情報媒体であり、政治、経済等の情報伝達、国民の意識啓蒙を促進する手段として大きな役割を担っている。ウガンダ放送公社（UBC）は、唯一の全国ラジオネットワークを有する公共放送機関として、教育・啓蒙活動や地域情報格差の是正等で重要な役割を期待されているが、7カ所の中波送信所および本部スタジオの機材は、70～80年代に整備され老朽化が著しく、現在稼働中の送信所は2送信所のみ、サービスエリアも当初の90%から25%に縮小している。 このような状況の下、平成19年度に無償資金協力「中波ラジオ放送網整備計画」が開始され、稼働していない5カ所の送信所のうち、多くのエリアをカバーするマワガ中波送信所及びケリバ中波送信所の整備とカンパララジオ放送局のスタジオ機材の整備に必要な資金が供与された。これにより、UBCの放送サービスエリアが77%に回復し、中央及び西部地域住民1,415万人が新たに中波放送を受信可能となる。</p>	<p>今後の計画</p>
<p>職業訓練教育強化</p>	<p>目標： ウガンダ国の職業訓練教育の質の向上を支援し、民間セクターの需要に応えられるような人材を育成する。</p>
<p>これまでの進捗： 1968年度より、ナカワ職業訓練校に対し、施設/機材整備、訓練/組織運営体制強化、指導員の能力向上などの協力を行った。（1968～1974年プロジェクト方式技術協力「ウガンダ職業訓練センター」、1997～2004年技術協力プロジェクト「ウガンダ・ナカワ職業訓練校プロジェクト」、1997年無償資金協力、2004～2006年第三国・国内研修）。2007年6月から、技術協力プロジェクト「ウガンダ職業訓練指導員養成」を開始し、ウガンダ全国の職業訓練指導員の質の向上に取り組んでいる。 今後は、ナカワ職業訓練校をアフリカ諸国の職業訓練分野への技術支援の拠点として活用する。第一歩として、2006年9月にエリトリアの技術協力プロジェクト「除隊兵士の復帰のための基礎訓練」のカウンターパートを対象にテーラーメイド研修を実施し、11月から現在まで南スーダンの技術協力プロジェクト「基礎的技能・訓練強化（SAVOT）」に対して、指導員研修の実施、第三国専門家派遣などを実施している。</p>	<p>今後の計画： ナカワ職業訓練校のリソースセンターとしての役割を強化する。また、国内で600校以上存在する民間職業訓練校における訓練の質の向上を目的に、ドイツ開発サービス（DED）及び民間職業訓練校協会（UGAPRIVI）をパートナーとして、技術支援から取り残されがちな小規模校に対して巡回指導型の青年海外協力隊を試行。</p>
<p>中等理数科教育強化</p>	<p>目標： 現職教員研修等を通じ、中等理数科教員の資質が向上する。また研修実施体制の構築によりウガンダ教育省による自立的な教員養成システムを確立・定着させる。</p>
<p>これまでの進捗： 2005年8月から技術協力プロジェクト「中等理数科強化（SESEMAT）」において、対象3県（トロロ、マサカ、ブタレジャ）の全理数科教員約600名を対象に現職教員研修を実施している。また、理数科教育振興のためのワークショップや討論会の実施、校長を対象とする学校運営研修、理数科指導要領の開発などを実施しており、教員の態度変容、授業改善などが見られつつある。 2007年8月からは、先方政府からの要請を受け、見返り資金及び債務救済無償残余金を活用して、プロジェクト対象地域が36県追加され、約2500名の理数科教員に対して新たに研修を実施している。同時に、研修の成果を各教室で定着させ、理数科への関心を高めることを目的に青年海外協力隊員（理数科教師）12名（2008年4月現在）が派遣されている。</p>	<p>今後の計画： 2006年1月からの前期中等教育における理数科必修化、2007年1月からの中等教育無償化政策実施など理数科を効果的に教えるための研修ニーズは高まっている。現行の技術協力プロジェクトは、2008年1月に終了時評価を実施し、8月に終了予定。既に先方政府からは、パイロット事業を全国に展開する要請があがってきており、現在採択済み。</p>

第3章 農村における電力ニーズ

農村地域でのエネルギー需要は大小さまざまであるが、基本的に民生用需要と産業（業務）用需要に分けることができるであろう。本研究では、民生用需要としては一般家庭のほか、主要な村落内公共施設である学校や保健所でのエネルギー需要も含めて考えることとする。こういった民生用需要は照明や家庭用電気機器の利用を主体とする軽負荷である。これに対して、業務用需要については農産品加工(agro industry)のほか、灌漑給水、各種製造業、商店、サービス業などの需要も含まれる。こういった需要の場合には、生産加工等に必要となるkW単位の大きな動力需要（重負荷）と民生用と同等の軽負荷が混在している。

未電化農村部の電力供給源として想定されている太陽光発電や小水力発電については、その特性の違いから供給される電気の質が異なっており、上記のさまざまな電力需要のうち、一部については対応できない場合がある。

表 3-1 太陽光発電と小水力発電の電気特性

	電気の特性	適用性
太陽光発電	バッテリーに蓄電して 12V 直流(DC)をとりだす バッテリーを使わないと日照に左右されて出力が不安定 インバータを使えば 220V 交流(AC)も利用可能だが、あまり大きな容量には対応できない	軽負荷需要向き ポンプについては最大 2kW 程度までは商品化されている
小水力発電	一般の電力系統から供給される電気と同じ 220V 交流(AC)が得られる。 乾季に水量が減れば出力は減少	軽負荷、重負荷需要ともに対応できる

3-1. 農村地域のエネルギー需要：世銀 ERT における分析

本節では、世銀が支援するマルチ・セクトラルな地方電化プログラムである ERT プログラムが実施したウガンダ地方部でのベースライン調査（2006 年）及びフォローアップ調査（2007 年）の結果から、ウガンダの農村地域のエネルギー需要について整理する。

ERT プログラムは、貧困削減と農村コミュニティの近代化に向け、2010 年までに農村地域の電化率を 10%にするというウガンダ政府の計画を支援することを目標に 2002 年に開始され、2008 年の 12 月にそのフェーズ 1 が終了し、2009 年 8 月からフェーズ 2 が始まる。

フェーズ 1 では、プログラムの実施が農村の近代化（すなわち生活の質及び所得の向上）に与える効果を測定するとともに、負の影響を軽減するようフェーズ 2 以降のプログラム・デザインに反映させることを目的にモニタリング評価を行っている¹⁴。このモニタリング調査では、ERT プログラムの電化事業対象地域 2 地区及び非対象地域（当面電化の予定のないコントロール・サイト）1 地区で、「農村世帯（households）」、「事業所（enterprises）」、「教育機関（education services）」及び「保健サービス施設（health services）」を対象にベースライン調査（2006 年）及びフォローアップ調査（2007 年）を実施した¹⁵。電化事業対象地域 2 地区内には、既にグリッド電化された地区や発電施設を有する施設（病院）があり、住民は電気についてある程度の知識と経験を有しているとみなされる。

ここでは、未電化地域（コントロール・サイト）と一部電化済みの電化事業対象地域について、「農村世帯」、「事業所」、「教育機関」、「保健サービス施設」毎に、現在利用されている光熱電源とその利用形態・用途に着目し、エネルギー需要を確認する。

3-1-1. 農村世帯のエネルギー需要

農村地域の一般世帯のエネルギー需要をまとめたものが以下の表である。

表 3-2 一般世帯のエネルギー需要

光熱電源	利用形態・用途	
	コントロール地区内(未電化地域)	電化事業予定地区(一部地区は電化済)
パラフィン ケロシン	照明、加熱、調理	照明、加熱、調理
薪	調理、加熱、照明、アイロン	調理、加熱、照明、アイロン
チャコール(炭)	調理・加熱、アイロン、暖房	調理・加熱、アイロン、暖房
バナナの乾燥葉	(たきぎの代替)	-
牛糞	-	調理、加熱
乾電池	照明、ラジオ	照明、ラジオ
カーバッテリー	ラジオ・TV、携帯電話の充電	-
発電機	TV	TV、照明、携帯電話の充電
ソーラーシステム (PV)	照明、防犯灯	照明、ラジオ、携帯電話の充電
グリッド電力	—	照明、衛星TV(DSTV 等)の受信、携帯電話の充電など

¹⁴ ERT プログラム・モニタリング評価のホームページ:

http://www.ertuganda-impact.or.ug/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=18

¹⁵ ベースライン調査からフォローアップ調査まで 2 年弱しか経過していないこと、及び ERT による電化事業の実施が遅れ、フォローアップ調査時には未だ発電施設は稼働を開始していない。そのため、フォローアップ調査を ERT のインパクト調査と位置付けることは適切でないが、電気の利用及び電化の進展が社会生活に与える影響を知る上で貴重な情報・データを提供している。

【電化の効能・留意点など】

- ・未電化地域では、薪、パラフィン、乾電池及びチャコール（木炭）等の旧来型のエネルギー資源が基本的に生活を支えている。住民の意識調査によると薪が最も重要なエネルギー源とみなされているが、森林資源の減少や伐採の禁止等により入手が困難になっている。薪集め（主に女性や子供の仕事）に要する時間やコスト（購入の場合）も増加している。
- ・電化の進む電化予定地区においても、未電化地域同様、薪、パラフィン及び乾電池に依存する世帯が多い。
- ・携帯電話の充電には、自動車用バッテリーや発電機、太陽光発電システム、グリッド電力が使われている。

3-1-2. 地域産業（農商工業）のエネルギー需要

農村地域における地域産業のエネルギー需要をまとめたものが以下の表である。

表 3-3 地域産業のエネルギー需要

光熱電源	利用形態・事業所の業種	
	コントロール地区内(未電化地域)の事業所	電化事業予定地区内の事業所(一部地区は電化済)
	(主な事業所) 小売店、地酒販売、飲食店、製粉・粉挽所、農産品販売店、薬品店等。	(主な事業所) 左に加えて、中古衣料品店、総合商品販売店、食料雑貨店、エンタテインメント・センター、タクシーサービス、インターネットカフェ、公衆電話、小口金融業、携帯電話充電サービス、レストラン等。 (さらに下記の グリッド電力 参照)
パラフィン ケロシン	照明、加熱、調理	照明、加熱
薪	飲食店での調理、加熱、レンガ焼成	飲食店での調理、加熱 地酒の製造
チャコール (炭)	飲食店での調理、加熱、仕立て屋のアイロン	飲食店での調理、加熱 仕立て屋のアイロン
乾電池	照明、ラジオ	携帯電灯(夜警用)、ラジオ
カーバッテリー	ラジオ・TV、携帯電話の充電	ラジオ・TV、携帯電話の充電
発電機	バー・飲み屋、仕立て屋(洋裁) 樹木の伐採、製粉・粉ひき所	【グリッド停電時のバックアップ用電源】
ソーラーシステム (PV)	— (所持する事業所なし)	照明、ラジオ、携帯電話の充電、エンタテインメント・センター (雨季の充電量不足による機能低下)
グリッド電力	—	ラジオ局、インターネット・カフェ、コピーサービス&コンピューターサービス、エンタテインメント・センター、ヘアサロン、木工所、溶接工場、金物製造、自動車修理、ホテル

情報へのアクセス	ラジオ(97%)、人づて(電話、または直接)、新聞(10%)、TV 電話の所有率(30%)	ラジオ(96%)、人づて(電話、または直接)、 新聞(40%)、TV、インターネット 電話の所有率(80%)
事業主の本職、 店舗の所有形態	6割が農家の副業。9割が個人経 営で、7割が自宅で営業。	1割が農家の副業で減少傾向にある。個人 経営(97%)。約7割が商店スペースを借りて 営業。

【電化の効能・留意点など】

- ・夜間の営業時間延長に伴う売り上げの増加は電化の大きなメリットである。
- ・一部電化地区を含む電化事業予定地区内では、ベースライン調査時からフォローアップ調査時の間に、自動車用バッテリーや発電機及び太陽光発電システムを取得する事業所が増えている。他方、パラフィンやワックス・キャンドル、チャコール及び乾電池の使用者は減少している。これには、電力供給が安定している時に電源をグリッド接続に切り替える事業者が増えるものの、ひとたび不安定になると停電時に備えて代替電源が必要になる、または、グリッドに接続した後、接続料金や電気料金の高さから他の電源に切り替える、といった理由が推測される。
- ・未電化地区では、チャコールや薪の使用が増えるとともに、発電機や自動車用バッテリーを取得する事業所も増えている。
- ・電化予定地区のセンターには、将来の電化を見越した小規模・零細事業者（コピーサービス&コンピューターサービスなど）の流入がみられる。
- ・評価認識調査によると、電化・未電化地区とも、ベースライン調査及びフォローアップ調査時を通じて、薪とパラフィンが最も重要なエネルギー源とみなされている。ただし、電化地区では減少傾向にある。

3-1-3. 社会施設（学校・保健施設）のエネルギー需要

農村地帯における学校や保健施設のエネルギー需要をまとめたものが以下の表である。

表 3-4 学校のエネルギー需要 教育機関(調査対象:76校)

光熱電源	利用形態・用途	
	コントロール地区内の9学校 (公立の小学校6校、中等学校2 校、幼稚園1校。)	電化予定地区内の67学校:一部は電化済 (公・私立。小学校46校、中等学校11校、 高等教育機関3校、幼稚園7校)
パラフィン ケロシン	照明、加熱 生徒及び教員用の食事の調理、 理科学実験	照明、加熱 夜間の警備灯
薪	生徒及び教員用の食事の調理	生徒及び教員用の食事の調理、 アイロン用チャコールの加熱
チャコール (炭)		生徒及び教員用の食事の調理、 アイロン
乾電池	携帯電灯、ラジオ	照明、携帯電灯(夜警用)

カーバッテリー		
発電機	— (所持する学校なし)	照明、携帯電話の充電 コンピュータの電源、木工実習
ソーラーシステム (PV)	— (所持する学校なし)	事務室の照明及び携帯電話の充電、 読書室の照明、ラジオ (雨季の充電量不足による機能低下)
グリッド電力	—	照明他
電気があったら教 えたい教科	・コンピューター・サイエンス ・物理など	・コンピューター・サイエンス ・家庭科 ・工作など

【電化の効能・留意点など】

・電化地域内の学校でも、電気料金未払いのために接続を切られている学校や接続料金が
高いために未接続の学校は多い。また、頻繁に停電を経験している学校もある。電化・未
電化を問わず、照明にはパラフィンやケロシンが、調理には薪が広く使用されている。

・薪やパラフィンの煙で起こっていた喘息・咳や目の疾病などが防げるようになった。

・電化地域の学校では、グリッドへの接続の有無に関係なく発電機や太陽光発電システム
などの発電機器を持ち、照明・携帯電話充電・コンピュータ等に使用する学校があるが、
未電化地域でそうした発電機器を所持する学校はなかった。電気についての身近な経験の
有無も一因と推測できる。

・現時点で ICT 関連コース (コンピューター・サイエンス等) を教えている学校はない。

表 3-5 保健所のエネルギー需要 保健サービス施設(調査対象:13 施設)

光熱電源	利用形態・用途	
	コントロール地区内の 2 施設 (公立のヘルス・センター2 か所)	電化予定地区内の 11 施設:一部は電 化済(公立及び私立のヘルス・センター 9 か所と教会系の病院 2 か所)
パラフィン ケロシン	照明	照明 調理、湯沸かし、殺菌・消毒
薪	調理、湯沸かし、殺菌・消毒	調理、湯沸かし、殺菌・消毒
チャコール (炭)	調理、湯沸かし、殺菌・消毒	調理、湯沸かし、殺菌・消毒
乾電池	—	—
カーバッテリー	—	—
LPG	殺菌・消毒、 ワクチン保冷庫	殺菌・消毒 冷蔵庫、ワクチン・血液用冷蔵庫
発電機	— (所持する施設なし)	照明、 冷蔵庫
ソーラーシステム (PV)	照明(手術室、産科、検査室、医務室 など)、夜間の屋外灯 殺菌・消毒、冷蔵庫 携帯電話充電、コンピュータ (雨季の充電量不足による機能低下)	照明(屋内外)、 再充電可能なソーラーランタン 無線・通信機器、 検査機器、携帯電話の充電 ラジオ・TV、コンピュータ 【グリッド停電時のバックアップ用電源】

グリッド電気	—	照明、通信、調理、湯沸かし、殺菌・消毒、冷蔵庫、コンピューター他
通信連絡設備、広報教育設備の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・医療施設間の通信・連絡設備は無い。無線も設置されていない。 ・連絡には、スタッフ私物の携帯電話、または、公衆電話 (pay phone) を使用する。 ・施設内の掲示板や壁に各種の案内やポスターが貼られている。 ・情報伝達は、直接「人-人」。 ・ラジオを所有するスタッフがいる場合には、ラジオの保健医療番組を聞くことができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどの施設が無線機器を有している。電源は主に太陽電池パネル。雨季には発電機を使用する施設もある。 ・スタッフの携帯電話を施設のコンセント (グリッド) または発電機で充電し、利用。 ・インターネットの電子メールによる通信。 ・外来及び入院患者に対するTVやビデオを通じた教育活動。 ・コンピュータによる患者・医療データ及び施設管理に関するデータの管理。 ・インターネット・カフェ事業を営む施設もある (収入源)。

【電化の効能・留意点など】

- ・保健医療施設が有効・効果的に機能する上で、エネルギー（特に電気）の有無は極めて大きな違いを生む：照明、保冷、器具の殺菌・消毒、検査・手術・出産時の照明・機材、コンピュータや ICT の利用によるデータ管理、保健医療教育等。
- ・安全な夜間照明は、夜間の患者受け入れや医療保健行為を可能にするとともに、大きな安心感（セキュリティ）を患者や利用者に与える。煙や煤を出さない電灯は屋内環境を向上させる。
- ・フォローアップ調査実施者の観察：「電気は保健医療施設が備えるべき基本条件とはいえ、有資格スタッフの配置や適切な薬品の充当及び必要な資器材整備費や施設運営費が確保されてはじめて、その効果・成果は実現する。例えば、電気のない施設に熟練の医療スタッフはこない。」

3-2. 農村地域のエネルギー需要：現地調査結果

本研究では 2008 年 8 月にウガンダ地方部の現地調査を行った。その調査結果は資料-2 に示す通りであるが、ここでは代表的な事例を簡単に紹介しつつ、農村部のエネルギー利用状況について述べる。

3-2-1. 民生部門

(1) 照明

未電化農村地域においては、夜間の照明は暖房兼用の薪、ケロシンランプもしくはパラフィンランプ（パラフィン油を容器に入れて点灯する簡易な照明）に頼っているのが実情であるが、いずれも照度が低い上に、最近の石油製品価格急騰の影響を受けてケロシン、パラフィンの購入費が嵩んでいる。その価格は 1 リッター当たり 2400~3000Ush (\$1.5~1.8)

程度であり、毎月の支払い額は平均的に\$3~5である¹⁶。さらに燃焼により発生する煤や煙により家人の健康を害することなどが懸念されており、電気による明るい夜間照明の確保は有害物質を発生がなく、学習時間の延長、夜間作業時間の確保を可能にして収入増加にもつながるなどの大きな生活改善効果が期待できる。こういった用途には太陽光発電が適している。未電化村落で太陽光発電を導入しているのは富裕層であるが、低価格の充電式ランタンはまだあまり普及していない。なお、電化されている地域でも停電対策に太陽光発電を導入している例もある。また、防犯などのため門灯、街路灯を設置したいという希望も強い。

事例1 SHS利用の商店の照明¹⁷

- SHS 32W 蛍光灯3個とコンセント
- 設置費用は900,000Ush(\$550) 頭金として200,000Ush その後は250,000Ushを6か月で分割返済した。差額は政府補助
- 蛍光灯は、店舗(1)、寝室(1)、居間の隣の食事室(1)に設置。携帯電話は持っているがDC用の充電器がなく、村の携帯充電屋で充電している。食事室にTVがあるが、つなぎ方が分からないので見ていない。
- 店の営業時間(夜10時まで)は以前と変わっていないが、ソーラーを入れてから夜間の来客が増え、売り上げも増えている。夜7時以降の来客が多い。自費でソーラーパネル増設を検討中。
- 店は夜10時で閉め、その後は食事室で子供が遅くまで明かりの下で勉強している。

事例2 バッテリー利用の照明

- カーバッテリーを充電した帰りに立ち寄った隣村に住む男性(バイク所有)は、週に2回、75Ahのカーバッテリーを1,000Ush(\$0.6)で充電し、家でインバータを使って、照明(3個、3時間/日)、携帯充電、ラジオに利用している。1回の充電で4日使える。知人がカーバッテリーを使っているのを見てまねした。

(2) 携帯電話充電

ウガンダでは携帯電話が農村地域にまで広く普及しており、未電化村落でも携帯電話を保有・利用している農家が多い。これは、Village Phone (3-2-4 参照) が多数設置されてきた結果、電話を情報伝達ツールとして利用することによる利便性が大きな支持を得て、「携帯電話は生活・業務必需品」という状況が未電化地域にも広がっていることを示している。また、携帯電話事業を行う通信会社としても人口の大半を占める農民層の需要を開拓することは事業拡大にとって重要であり、農民向けのサービス充実を図っている。携帯電話の利用において最大の問題は充電であり、未電化村落では毎週近隣の電化されている町まで

¹⁶ UNDPによる調査ではウガンダの未電化農村におけるエネルギー支出額(月額)は平均7000Ush(\$4.3)と報告されている。「Energy access for productive uses in rural Uganda」(2007)

¹⁷ 詳しい調査記録については資料-2を参照のこと

行って充電するというケースが多い。1回あたりの充電料金は 500Ush (\$0.3)が標準的である。単に充電料金だけでなく、そのための関連コスト（交通費、充電中の待機時間など）も大きな負担である。こういった需要に着目して、未電化村落の中心部で太陽光発電設備を設置して携帯電話の充電スタンドを運営している事例が何カ所かで確認された。通常はグリッド電力(220V/AC)から付属品の充電器を使って充電するが、太陽光発電によって充電したバッテリー（12V/DC）からも専用のアダプタを使えば充電可能である。未電化農村部では後者の方法はまだあまり知られていない。

事例3 バッテリー利用の携帯電話充電

- カーバッテリーとインバータを照明と携帯電話の充電サービスに使っている店。
充電料金は一回 500Ush(\$0.3)で日に3人程の客がある。毎週2回、カーバッテリーを町で充電している(75Ahのカーバッテリーの充電料金は一回 1,000Ush)。このアイデアは Mbarara に住む友人から得た。

事例4 SHS 利用の携帯電話充電(1)

- 自己資金でソーラー・チャージング・ステーションを建設し、2008年6月から携帯電話の充電サービスとヴィレッジ・フォンを開始。機材購入費用 1,200,000Ush(約\$750)のうち、900,000Ushを頭金払いし、残り 300,000Ushをローンで返済した。充電にはインバータを利用
- 営業時間は 10am から 4pm(携帯充電)及び 7pm(ヴィレッジ・フォン)まで。家族経営で、妻と交代で店番をしている。
- 利用者は、携帯充電が平均1日15人、ヴィレッジ・フォンは1日5~10人程度。充電に要する時間は機種によって異なる。Nokia や Samsung は3時間だが、45分程で充電できる機種もある。
- 充電料金は一回 500Ush(\$0.3)。平均売上は 50,000Ush/週程度。

事例5 SHS 利用の携帯電話充電(2)

- 未電化の近隣3村(約1,000世帯)を商圈とするトレーディング・センターに立地。1999年から食料雑貨店を始め、2000年からヴィレッジ・フォンを開始。2006年に SACCO (Saving and Credit Cooperative Society/Peoples Village Bank)のローンを一部利用し、1,500,000Ush(\$900)のPVシステムを購入(14W パネル×6=84W)、照明に利用するとともに携帯電話充電サービスを始めた。充電には 12V 用アダプタを利用
- 営業時間は週7日 6am~12am。毎日40人以上が携帯電話の充電に来店(一回 500Ush)。
- 充電客が多く、現在のPVシステムの容量を超えているので、別に店を建設して事業を拡大した。現在より大型のPVシステムを設置する予定で、出来たらコピー機や冷蔵庫も置きたいと考えている。

(3) テレビ、ラジオ、ステレオ

ウガンダの未電化農村部では情報源としてラジオがよく使われている。この電源は乾電池の場合が多いが、バッテリーを充電して使っている例もある。テレビは衛星アンテナを使用すれば多くの放送を見ることができ、それを有料で行っている娯楽場もある。また、ステレオによる音楽演奏も有料で行っている例もある。こういったテレビ、ステレオなどの利用については太陽光発電システムでも可能であるが、今回の調査ではガソリンエンジンの発電機を用いている例だけが確認された。

(4) 学校

通学制あるいは寄宿制学校等の教育施設における電気のニーズとしてはまず照明があげられる。特に地方部では遠くに住む生徒のために寄宿舎を併設している学校が多く、夜間も多く教職員や生徒が生活している。また、TV、CD/DVD等の視聴覚教材、コンピュータの活用促進に直接結びつき、教育機会並びに教育効果を向上させる可能性が生まれる。このほか、事務部門へのコンピュータやコピー機の導入・活用は、教職員の事務作業の効率化につながる可能性があり、教材作成などの面でも教育の質を向上させる可能性が大きい。こういった用途については、数百Wクラスの太陽光発電システムで対応可能である。

事例6 学校でのSHS利用

- 2006年に父兄が資金を出し合い、75Wのソーラーパネルと100Ahのバッテリーを含む機材一式を2,800,000Ush (\$1,700)で購入し、4つの教室に照明6個を設置。夜間(7:30pm~10pm)開放し、寮生や教員が勉強や準備に利用できるようにした。充電のためのコンセントも設置。
- それによって、勉学を助ける良質の照明が確保されるとともに、月々のケロシン使用が30リットル削減され(1リットルの価格2,500Ush)、購入のための交通費(最寄りの町Bugongiまでの片道の交通費3,000Ush)が節約できるようになった。

(5) 保健所

保健衛生分野において電気が果たす最大の役割はワクチンの冷蔵保存が可能になることである。現在、未電化地域にある保健所ではガス冷蔵庫を用いているケースが多いが、ガスの供給確保が不安定であるため、ガスが不足すると他の保健施設へワクチンを移送するなどの対策に追われている。また、常駐型のクリニック等にあっては照明があれば夜間の診療が改善され、急病、急な出産等への対応が可能となり、地域住民に質の高いサービスを提供できる。さらに、コンピュータが利用可能になればデータ管理、保健医療教育に活用できる。こういった用途については、数百Wクラスの太陽光発電システムで対応可能である。

事例 7 保健所での SHS 利用(1)

- PVシステム(20Wパネル2枚)で5個の照明が設置されている。施設内のコンセントで携帯の充電をされると業務に支障が出るので禁止している。(近くに充電センターができたので、住民はそちらで充電している。)

事例 8 保健所での SHS 利用(2)

- 産科病棟と一般待合室など4箇所に PV の照明を設置。設置時に業者から維持管理についての口頭説明と、問題発生時の連絡先(携帯電話番号)を受け取った。これまでのところ故障はない。
- PV 照明の設置により夜間の診療が可能になったので、診療時間(現在、8am-5pm)の延長を計画中。夜間の照明が与える安心感(security)が何よりも貴重。診察室や検査室にも照明が必要。

事例 9 保健所での SHS 利用(3)

- 政府事業で2004年に2種類のPVシステムが設置された。20個の照明を利用するシステム(85Wパネル:11個の照明と55Wパネル2枚:9個の照明。夜間3時間点灯)、ソーラー保冷庫(110Wのパネル6枚、12個のバッテリー、2,500Wのインバータ、血液とワクチンを保存)。
- グリッドの電気が非常に不安定なので、コレラの緊急発生時(特に停電時)や手術時などに安定した電源となるPVシステムは大変に有用。

事例 10 保健所での SHS 利用(4)

- 敷地の近くに電線が通っているが引き込まれていない。2003年にPVシステムを設置。9個の照明用(55Wパネル2枚)。スタッフ全員でシステムを毎日チェックし、稼働状況は良好。ただし、電球7個は切れたまま(予算不足)。コンセントが一箇所設置されているが、DCのままではラジオや携帯充電に使えない状態になっている(調査団に指摘されるまで、スタッフはコンセントを使えない理由を理解していなかった)。電話・通信設備はなく、個人の携帯を使っている。

(6) その他の分野

上記以外の民生分野における電力活用法としては、地域防災等に用いられる有線放送、回教徒が多い地域における回教寺院での拡声器などが考えられる。

3-2-2. 農業利用

(1) 灌漑用揚水ポンプ

東部地域では湿地帯が多く水稲栽培が盛んであるが、多くは小規模農民による粗放的な水稲作であり灌漑設備の整備は不十分である。なお、ウガンダでは地形や気候条件から大規模灌漑施設の必要性は少なく、小型ポンプがあれば灌漑は可能である。ネリカ米は基本的に陸稲栽培に適した種であり、これまで雨季に植え付けから収穫まで行うことを基本的に指導しており灌漑設備は不要との判断であった。ポンプについては大小さまざまな商品が

あり、揚程や流量に応じて使い分けられる。出力 2kW 程度までの小型ポンプであれば太陽光発電を利用したシステムが商品化されている。

(2) 農産品加工

脱穀・精米・製粉、コーヒー生豆生産、家畜飼料製造、などの単純なプロセスのアグロビジネスであっても、大量の原料を効率的に加工することが必要であり、農村にある加工場クラスでは 10kW ないしそれ以上の大型モーター（ディーゼルエンジン）が用いられ、大量に処理する工場では 100kW 以上の設備となる。紅茶生産工場などでは数百 kW クラスの大きな電力が必要となる。また、農村部の牛乳集荷場の冷蔵保管でも 5kW クラス以上の電動機（発電機）が用いられている。こういった生産用途については太陽光発電で供給するためには非常に大型なシステムが必要となるため、技術的、経済的に困難であって実用的ではない。なお、比較的電力需要が少ないのはハチミツ加工（ビン詰）、養鶏場の夜間照明などの用途であり、こういった場合には太陽光発電が利用可能である。

事例 11 未電化村の Mill

- 粉挽屋(8am～6:30pm)では、ミリング・マシン(10kw、ディーゼル使用量20リットル/月)で、キャッサバ、ミレット、メイズ、マトケの製粉を 100Ush/kg で行っている。毎日30～40人が利用、5～10kg/人を挽く。利用者の主婦は、毎回、家族の5日分のミレットとキャッサバを挽きにくること。

3-2-3. 商工業利用

(1) 商店・娯楽場

商店では夜間も営業を行うため太陽光発電で照明をつけている例がある。また、日中にはこれを利用して携帯電話の充電サービスも行っている例がある。さらに、家庭用の電動器具（電動バリカン（5W 程度？）で床屋営業）などの利用も行われている。娯楽場経営ではガソリンエンジンの発電機を使ってテレビやステレオの電源とし、利用者から料金を取っているケースもある。長時間カラーテレビを観るためには大型の太陽光発電システムが必要である。

(2) ツーリズム

奥地の自然公園などにあるロッジなどでは照明、通信、テレビ、コンピュータなどを動かすために電源を必要としている。通常は学校などと同様に太陽光発電が利用可能である。

以上のようなさまざまな電力ニーズについて、太陽光発電による電化が実現した場合の裨益効果をまとめたものが次表である。

表 3-6 太陽光発電による農村電化の用途と裨益効果・インパクトの例

	生計・経済・産業	健康・水衛生・安全・環境	教育・情報通信・文化（余暇社交）
個人・世帯レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・ケロシン、乾電池等の燃料費節約 ・携帯電話充電の時間、コスト節約 ・夜間の営業、業務時間の延長による所得向上（家内作業、商店・飲食店・サービス業） 	<ul style="list-style-type: none"> ・明るく安全な照明による生活環境の向上 ・（主に女性の）家事労働・育児環境の改善 ・火災予防 ・人体に有毒な煙、煤を出さない ・防犯効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・読書や学習環境の向上 ・携帯電話利用 ・AV（TV/ラジオ/ビデオ等）による情報量と同時性の向上、娯楽の多様化
コミュニティ・地域社会レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用創出・所得向上 ・地場産業やスモールビジネスの振興 ・農業利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・医療施設のサービスの向上（電灯、検査機器、無線通信、ワチン保冷庫、停電時のバックアップ電源等） ・揚水ポンプによる安全な水の供給。 ・防犯治安効果（街灯） 	<ul style="list-style-type: none"> ・学校電化による教育環境の向上（電灯、AV や IT を活用した教育、夜間学級等） ・通信環境の向上
広域・国レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・化石燃料の輸入削減に伴う外貨節約 	<ul style="list-style-type: none"> ・乳幼児及び妊産婦死亡率の減少（国連ミレニアム開発目標の達成） ・温暖化ガス排出削減による環境保全 	<ul style="list-style-type: none"> ・教育レベル及び識字率の向上（国連ミレニアム開発目標の達成）
	<ul style="list-style-type: none"> ・農村部の生活及び社会環境向上による、都市-地方間格差の是正と都市部への人口流出の抑制 		

3-2-4. 携帯電話と Village Phone

ウガンダでは地方農村部における電話利用者が急増している。これは現地の有力通信会社である MTN-Uganda が米国の Grameen Foundation の支援を受けて 2003 年から設置を進めている Village Phone が全国で拡大していることに加え、通信インフラの整備によって携帯電話利用可能範囲が地方部に広がったことから¹⁸、多くの通信会社が農村地域に代理店を置いて携帯電話の顧客獲得競争を行っており、その結果、多くの農民が携帯電話を購入するようになったからである。なお、世銀 ERT でも地方部への電話の普及を支援しており、奥地での Village Phone の設置について MTN-Uganda に資金助成している。

¹⁸ ウガンダでは北部地域を除き、地方部でもほとんどの地域で携帯電話が利用可能となっている。

Village Phone は未電化農村地域における電話利用者の拡大を目的に、通信ネットワークが弱い未電化村落にはブースター・アンテナを設置し、バッテリーで駆動する無線電話(携帯電話)を置いて有料の公衆電話として利用できるようにするという事業である。村落内の希望者がオペレータになって電話機などの機材(右写真)を MTN-Uganda から購入して営業を開始する。2003 年にスタートしたこのプロジェクトによって、Village Phone はすでにウガンダ全国に 10,000 か所以上設置されている。電話の充電には自動車用バッテリーや太陽電池パネルが用いられる。

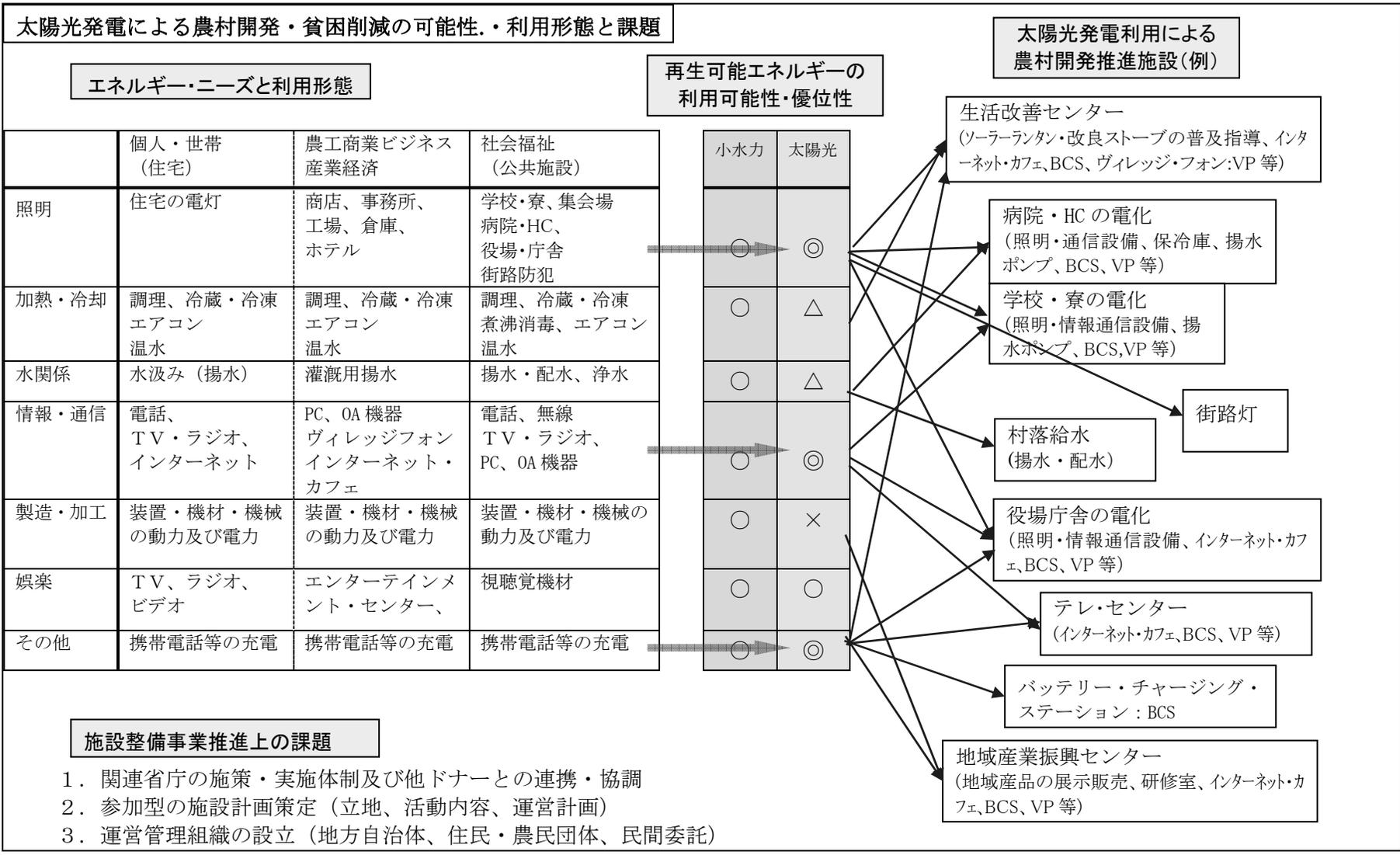


Village Phone Kit/MTN-Uganda

ウガンダでは農村部における携帯電話の普及が急速に進んでいる。これは携帯電話価格の低下(\$50程度)によって農民層でも手の届くものとなったからであり、また、通信会社としても潜在的に大きなマーケットである農村地域の顧客獲得に向けて、サービスの充実を図っているからである。農民向けサービスの一例としては、農民の関心が高い穀物相場情報が携帯電話で見られるようになっている。(右写真)、また、金融機関のネットワークが弱い農村部でも、携帯電話会社の代理店を利用して携帯電話経由の送金ができるというサービスも運用されている。



各地の米卸売価格の情報



第4章 太陽光発電システム

4-1. 途上国における太陽光発電開発

世界中でまだ16億人が電気のない生活を送っているとされており、こういった人々の生活を改善し、また教育・医療など社会サービスを充実させるために、未電化村落に電気を供給すること(地方電化)が重要な援助テーマとなっている。さらに、地球温暖化問題の深刻化から再生可能エネルギーの利用は全人類の共通課題となりつつあり、途上国においても太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー利用が促進されるよう先進国が積極的に支援していくことの必要性が高まっている。このように、太陽光発電の途上国での利用に対しては大きな期待が寄せられているが、機器コストが依然として高いといった理由から、これまでのところ、太陽光発電の途上国への展開は停滞しているケースが多い。

太陽光発電によって電気を利用するシステムとしては、①電力系統(グリッド)に接続して発電した電気を系統に取り込む連系システムと、②発電した電気をその場で使う独立型システムがあり、用いられる技術内容は大きく異なっている。

4-1-1. 電力系統連系システム

わが国で用いられているのはほとんどこの方式であり、屋根に太陽電池パネルを設置し、パワーコンディショナーという装置を利用して太陽電池からの直流電気を交流に変換して利用するとともに電力系統と接続して電力の融通を行う。標準的な発電規模は3kW程度である。通常、発電が行われる昼間の電力需要は少ないため、使い切れない電気は電力系統に送られ、発電所からの電気と合わせて他のユーザーに供給される。逆に夜間は電力系統から電気を購入する。この方式の場合には発電された電気をバッテリーで蓄電する必要はない。住宅サイズよりも大規模なシステムにすることも可能であり、ドイツやスペインなどでは太陽光発電には電力会社が高い買取料金を払う制度が実施されているため、MW(1000kW)クラスの太陽光発電所(メガソーラー)が次々と建設されている。

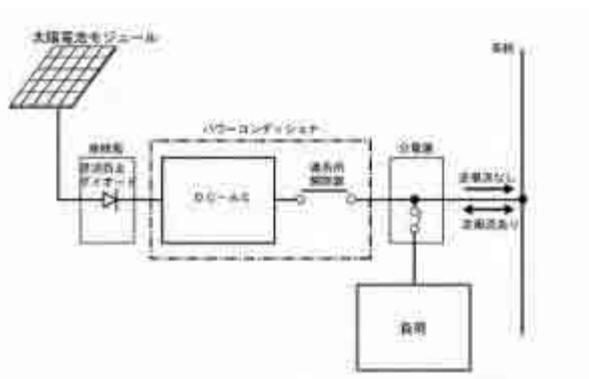


図4-1 電力系統連系システム概念図

4-1-2. 独立型システム

電力系統からは独立して、太陽光発電で発生した電気をその場で使うシステムである。わが国でも街路灯などに用いられている。この場合には発電した電気をバッテリーで蓄電しなければならない。途上国未電化地域で必要とされているのはこの方式であり、最もシンプルなシステムとして、照明やラジオ、テレビを利用できるよう設計された、小型の太陽電池パネル（20～50W）とバッテリーを組み合わせた Solar Home System (SHS)がある。

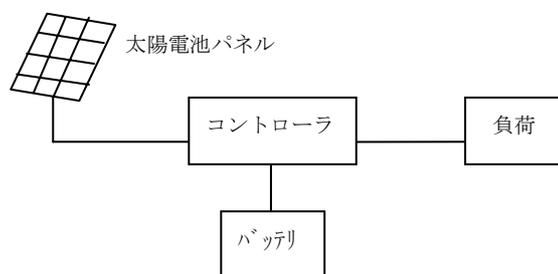
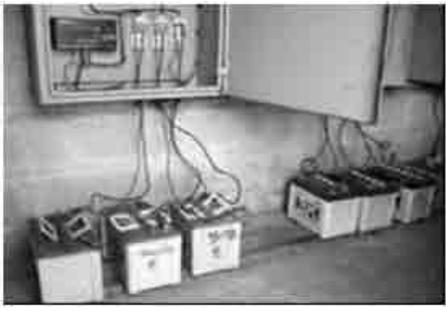
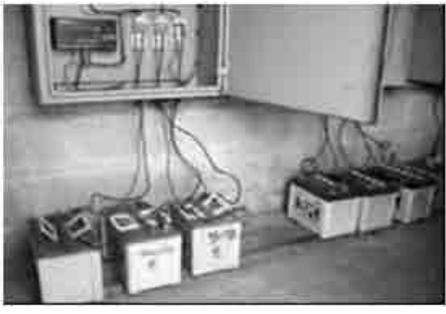


図 4-2 独立型システム概念図

SHS に用いられる機材としては、太陽電池パネル、バッテリー、充放電コントローラ、12V/DC 用電気機器、220V/AC 変換用のインバータなどがある。この SHS ではバッテリーから電気を取り出して各種機器を使い、太陽電池によって消耗したバッテリーを再充電する。したがって太陽電池とバッテリーを切り離して別の場所に置くことも可能である。このような方式として Battery Charging Station (BCS)があり、この場合には、バッテリーを使うユーザーは何日かおきに充電のためバッテリーを BCS に運ぶ必要がある。BCS の場合には、多数のユーザーを想定して複数のバッテリーを同時に充電できるよう、数百 W 以上の太陽電池パネルが設置されるのが普通である。次頁に SHS と BCS の比較を示す

なお、大型の太陽光発電施設と配電網を建設し、大容量バッテリーシステムに蓄電した後、通常の 220V/AC に変換した電気を供給する方式(ミニグリッド)も技術的には可能である。この場合には同様の機能を有するディーゼル発電設備との経済性比較になり、燃料油の輸送が困難な離島などでは実現の可能性があるが、これまで設置されているのはいずれも実験的な性格を有するシステムである。

表 4-1 SHS と BCS の比較表

項目		SHS	BCS
設備	太陽電池 パネル		
	充放電コ ントロー ラ		
	バッテリー		
運 転 保 守		<ul style="list-style-type: none"> ・自動的にバッテリーに充電される。 ・前日に消費した分を充電するため、バッテリーは長寿命 	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーを BCS に運んで充電する。 ・利用時のユーザー対応が必要 ・出力が低下するまでバッテリーを使うため、過放電になりやすい
経 済 性		<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザーがシステムを購入 ・システム価格は\$500~\$1000、分割払いが一般的 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置主体はコミュニティ、企業 ・ユーザーは充電料金を払って利用 ・バッテリー (\$100 前後) はユーザー所有

これまで援助プロジェクトでは、わが国を含めて SHS をどのようにして途上国の未電化地域に普及させるかということが目標となってきた。この理由としては SHS が住宅用として理想的なシステムと考えられており、潜在的な需要は確実に存在するため途上国でも普及すると考えられてきたからであると言えるであろう。これに対して、BCS については、SHS を購入することが困難な低所得者向けシステムと考えられ、ビジネスとしての魅力に

欠けていたこと、また、BCS を運営するための組織づくりなどの作業が追加となるため対応しにくいといった問題があった。

4-2. わが国における独立型太陽光発電関連技術

4-2-1. 独立型太陽光発電の技術体系とわが国における技術蓄積

わが国ではどこでも容易に電気を利用できるため、独立型太陽光発電の必要性は低い。わずかに街路灯などで利用されているほか、キャンピングカー、プレジャーボートやヨットなどで利用される程度である。こういったシステムは途上国における SHS と基本的に同じ構成になっており、太陽電池パネル、バッテリー、充放電コントローラが主な構成要素である。このうち、太陽電池パネルについては、わが国にはシャープや京セラ、三洋電機などの世界的な太陽電池メーカーがあり、各メーカーは最近まで世界でトップの技術力と生産量を誇っていた。太陽電池は石油危機後に旧通産省の「サンシャイン計画」によって本格的な開発が始まり、官民協力の下で技術研究が進められてきた。1994 年には一般家庭での太陽光発電システム設置を対象とした国の補助金制度が実施され、世界に先駆けて国内の市場が立ち上がり、その後長い間、わが国は世界をリードしてきた。しかし、2004 年にドイツが自然エネルギー法を改定して太陽光発電による電気を高値の固定価格で買取る制度をスタートさせ、さらにスペインがこれに続いた。これらの国では太陽光発電が有利な投資となったため太陽電池パネルの需要が急増しており、こういった欧州での強い需要が引き金となってドイツ企業である Q セルズや中国企業であるサンテックなどの新興メーカーが積極的に生産能力を増強し、また原材料となるシリコンの確保を進めている。この結果、わが国の各メーカーは世界市場でのシェアを低下させている。このように、現在では世界中で多くのメーカーが太陽電池パネルの生産でしのぎを削る競合状態となっている。

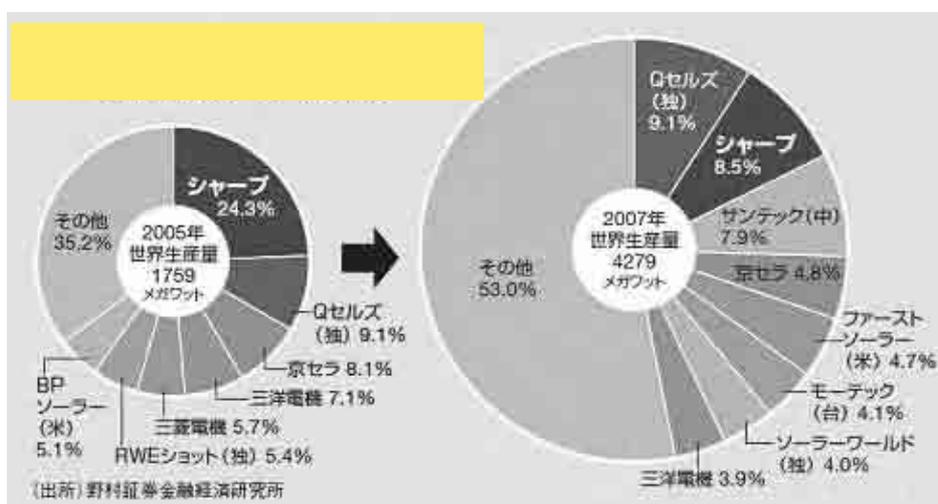


図 4-3 世界の太陽電池メーカーのシェア（野村証券資料）

また、SHS で用いられるバッテリーは通常 12V の鉛蓄電池であるが、これは基本的には自動車に搭載されているバッテリーと同じである。ただし、自動車用バッテリーの場合にはエンジン始動時にプラグのスパーク用に瞬間的に大電流を発生させる必要があるのに対し、太陽光発電システムでは長時間にわたって少しずつ電力を取り出して使うため放電の仕方の違いがあり、蓄電池内部の最適構造が異なる。このため、自動車用バッテリーとは異なる構造のバッテリー（ディープサイクルバッテリーまたはソーラーバッテリー）が太陽光発電用として販売されている。このタイプのバッテリーは電動カートなどにも利用される。太陽光発電システムではこのタイプのバッテリーを用いることが推奨されており、自動車用バッテリーを使うよりもバッテリー劣化の進行が遅く、長期間にわたって使用可能となる。ただし、このタイプは市場規模が小さい特殊な商品であるため、価格は自動車用バッテリーの 2 倍以上である。このディープサイクルバッテリーについてはわが国のメーカーも生産を行っている。

これに対し、SHS を構成する重要な機器のひとつである充放電コントローラ（下図）については、電子回路の設計はさほど難しいものではないが、わが国ではごく一部のメーカーが受注生産している程度である。これは、国内における独立型太陽光発電に対する需要が極端に少ないことが原因である。世界的には有力なメーカーは欧州やアメリカの企業であり、最近では中国製品も出回るようになっている。なお、SHS を利用する場合にバッテリーの 12V/DC をそのまま用いるのではなく、220V/AC に変換して利用する場合もあり、このための変換装置としてインバータが市販されている。これを用いれば通常の交流 220V 用機器を用いることができる。



以上のように独立型太陽光発電に関して、主要な機材については充放電コントローラを除けばわが国メーカーはそれに適した製品を生産している。しかし、国内の太陽光発電の需要のほとんどが電力系統連系システムになっていることから、太陽光発電技術者はそういった分野に従事した経験しかなく、独立型太陽光発電についてはその特殊性からごく一部の技術者やマニアが独自の手法でシステム計画や施工という作業を行っているだけというのが現状である。このように、独立型太陽光発電についてはわが国としての技術的蓄積、正確な知識と経験を有する人材はごくわずかである。

4-2-2. 独立型太陽光発電に関するわが国の援助実績

わが国では途上国の地方電化のために太陽光発電を利用するという援助プロジェクトを 1980 年代半ばから実施している。その中心であった JICA は太陽光発電の途上国への利用について、初期段階ではミニグリッド方式や他の発電方式とのハイブリッド化などについて技術的な検証を行った。その後、1992 年に開始されたキリバスにおける JICA 開発調査から

途上国に適した方式である SHS の導入を目的とするプロジェクトが行われるようになり、持続可能性の観点から SHS の維持管理手法の構築が重点となった。キリバスに続き、JICA では開発調査のスキームを活用して、シリア、ジンバブエ、ラオス、モンゴル、セネガル、ボリビア、ボツワナ、ナイジェリアの各国で太陽光発電による地方電化のパイロットプロジェクトを実施している。さらに、最近の傾向としては、太陽光発電の地方電化を担う途上国側の人材育成に重点が移りつつあり、フィリピン、マラウイ、ガーナの各国で技術協力プロジェクトを実施している。また、太陽光発電の地方電化については、途上国農村地域におけるマイクロファイナンスなどの資金メカニズムが必要と考えられており、そういった点についても分析が行われつつある。

無償資金協力では一般無償によって 1990 年代以降、遠隔地の通信設備、給水設備などの電源として、また保健所のワクチン保存用冷蔵庫の電源として太陽光発電を使った例があるが、未電化村落の電化を目的として太陽光発電システムを供与したという事例はない。このほか、ノンプロジェクト無償によってモンゴルやモルジブに対して太陽光発電機材を供与した例があり、また、草の根無償による保健所等への SHS 設置といった事例もある。

太陽光発電システムの利用可能性に関する研究協力としては、NEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）がアジア諸国において多数の実証研究を行っている。その中にはモンゴルでの携帯型・分散型太陽光発電システムやタイでの BCS に関する実証研究も含まれており、途上国での地方電化に参考となるデータが得られている。

4-3. 他のドナーによる独立型太陽光発電の事例分析

1990 年代から太陽光発電利用の地方電化は主要ドナーが積極的に取り組む重要なテーマになっている。アフリカに限っても、ほとんどの国で太陽光発電利用の地方電化プロジェクトが実施されていると言ってもよいであろう。これらのほとんどが太陽光発電システムの導入における最大の障害と言われている初期コスト負担と地方部でのサービス提供について、現地の事情を考慮した financing mechanism と delivery model をどのように構築するかということを最大のテーマにしてきた。言い換えれば、基本的に市場原理を活用して SHS という商品を潜在的ユーザーに購入し、利用してもらうという観点から、その対策として適切な資金負担の方法や販売・サービスルートに関する試験的運用や教育活動などを通じて市場の発達を促すという考えである。したがって、SHS 販売業者や金融機関などのプレーヤーを育成支援することを目的としたプロジェクトがほとんどであり、ユーザーに対しては購入を促すマーケティングを行うことが基本的なアプローチであった。

アフリカにおける太陽光発電利用地方電化について無償資金を拠出し、世銀や UNDP などの主要援助機関との連携によってプロジェクト推進に重要な役割を果たしてきたのは Global Environment Facility (GEF) であり、今回の調査対象となっているウガンダとケニアにおいても、それぞれ以下のような SHS に関する市場開拓を目的としたプロジェクトを実施してきた。

Kenya : Photovoltaic Market Transformation Initiative (PVMTI) ¹⁹1998~ (IFC/GEF)

Uganda : Uganda Photovoltaic Pilot Project for Rural Electrification (UPPPRE) 1998~2003
(UNDP/GEF)

1998 年から実施された UNDP/GEF による Uganda Photovoltaic Pilot Project for Rural Electrification (UPPPRE) は、太陽光発電システムを地方電化に利用するという目標で進められたウガンダでは最初のプロジェクトであり、市場メカニズムによる普及拡大をめざして民間業者の育成、市場の基盤整備などに取り組んだ。1998 年から 2003 年までのプロジェクト期間において、延べ 3,000 台以上の SHS が販売されたと報告されているが、購入したのはほとんどが富裕層や公共施設などであったと考えられる。この UPPPRE プロジェクトはウガンダ国内に SHS というシステムを紹介するとともに、太陽光発電機器に関するビジネスの基盤づくりという先行的役割を果たしたと言える。

現在では、地方電化庁 (REA) が中心となり、世銀の ERT プロジェクトとの連携によって、さらに多くの住民が購入できるよう、地方の農民向け金融機関を使って SHS について 6 ヶ月から 24 ヶ月程度の消費者ローンや最大 25% 程度の補助金交付制度などを試行している。しかし、こういった制度改善があっても一般消費者にとって毎回の支払額は依然として大きな負担であり、SHS 導入実績は計画を下回っており、まだ地方部での面的普及のはっきりした兆しが見えていない。また、参加している金融機関スタッフへの SHS に関する知識付与やユーザーへの PR 活動などといった制度を運用するための準備活動が十分とは言えないという事情もある。以下に世銀 ERT による 2002 年 8 月から 2007 年 12 月までの SHS を含む太陽光発電システム設置の実績を示す。導入数が目標に対して半分以下の実績となっているが、この 3400 台余りの中には 10W 程度のランタン方式のものも多数含まれており、本格的な SHS に限って言えばさらに少ない台数となる。ERT の中間評価報告では以下のとおり、まだ消費者（潜在的ユーザー）に対する浸透が十分でないためローンなどの利用者が少ないと報告している。

¹⁹ SHS の販売プランを募集し、採択されたものに補助金を交付 (GEF Website より)

The response from the public on the acquisition of solar loans and leases is still slow mainly because of lack of awareness of the product and its benefits. There is a general lack of awareness about solar systems and most potential beneficiaries are unable to pay the capital costs. (世銀ERT 中間評価報告書より引用)

表 4-2 ERT による太陽光発電システム導入数 (2002/8~2007/12)

PV systems	Target	Purchased
SHS	7,496	3,459
Institutional	1,118	1,381
Commercial		181
Total	8,614	5,021

4-4. ウガンダにおける独立型太陽光発電の可能性と課題

太陽光発電は場所を選ばずどこでも利用可能であり、また技術としての成熟度も高い。河川流量、地形、風況といった自然条件から適地が限定される小水力発電や風力発電とは異なり、地理的な制約条件はほとんどない。またバイオマス発電との比較においては、技術の完成度は高く、原料確保に要するコストといった不安定要因もない。こういった点から、太陽光発電は未電化農村地域における再生可能エネルギーの利用手段としては最も使いやすく、大きな可能性を持っていると言える。ウガンダでは1年に雨季が2回あるが、そういった時期でも日中の晴れ間は多い。このため国土の大部分で年間を通して豊富な日射量を得ることができ、太陽光発電についての条件には恵まれていると言える。(資料-1 図-4 参照) 2001年に策定されたウガンダ政府の地方電化戦略計画 RESP では、太陽光発電システムは地方電化の有力手段として位置づけられ、2010年までの地方電化目標とされる約400,000戸のうちの20%、約80,000戸が太陽光発電によって電化されるという計画になっていた。しかし、地方電化庁(REA)の報告によれば、これまでに設置された太陽光発電システムの推定台数は約10,000とされており、当初の目標を大幅に下回っている。

4-4-1. 未電化農村地域における太陽光発電の利用状況²⁰

ウガンダ農村地域における太陽光発電についての一般の認知度や理解は概して低い。実際に未電化地域の一般家庭で太陽光発電を導入している例はまだ少なく、商店経営者などによる利用が主体である。

²⁰ 2008年8月の現地調査において確認された事項

こういったケースでは、太陽光発電システムは夜間の来客増や携帯電話の充電サービス収入などを目的として導入されている例が多く、売り上げ増につながったと報告されている。太陽光発電システムを利用して商売を成功させた経営者の多くは、事業の拡張、すなわち太陽光発電システムの拡張を検討中である。



図 4-4 商店が設置した SHS（携帯電話の充電サービスを行っている：ウガンダ地方部）

未だにほとんどの世帯がケロシンランプやパラフィンランプ、キャンドルで灯りを得ている未電化農村においては、太陽光発電によって得られる「安全で明るい照明」、「安心感を与える照明」は基本的な生活改善ニーズとして存在しており、SHS を導入した個人・世帯（住宅）及び学校・ヘルス・センター等の公共施設では、照明は大きな改善効果として高く評価されている。電気が提供する明かりは、施設や業種の違いを問わず誰もが得たいと望む生活向上の指標であることが確認された。このように太陽光発電利用は、照明が一番の目的となっていることは間違いないが、テレビ利用や携帯電話充電については、その方法を知らないため活用できていないというケースもあり、適切な情報提供が行われればさらに生活改善効果が実感できるであろう。

また、ウガンダ農村地域で電化されている地区において、接続料や電気使用料金の負担、また電力供給の不安定性などから、バックアップ(代替)電源として SHS を利用するというニーズも存在し、太陽光発電による安定した照明やバックアップ電源としての有効性、経

済効果（電気代・燃料代の削減・節約）は、病院やヘルス・センター等の公共施設のみならず、個人・民間事業者からも支持されている。

農村地域における業務用電力用としての太陽光発電ニーズは殆どなく、熱源・動力源としての期待は（ソーラー温水器を除いて）太陽光発電には向けられていない。太陽光発電システムの販売業者や政府関係者は、太陽光発電が優位性を発揮する利用分野は、照明、バッテリー充電（携帯電話）、ラジオ・TV、コンピューターなどであることを明確に認識している。特殊なシステムとして農業灌漑のための揚水ポンプを駆動させるために使われた例がある程度である。要約すれば、太陽光発電がもたらす便益は「照明・充電・バックアップ電源」として集約できる。

太陽光発電については、学校や医療機関など社会公共施設における需要は大きいものの、適切な保守・維持管理に必要な予算と人材が確保されず、電球切れやバッテリー機能低下など機材が十分活用されていない状況も散見された。行政機構/管轄の違い（施設建設は中央省、運営管理は県またはサブ・カウンティ等）や予算執行の遅れも一因であり、そうした弊害は今後克服・解消される必要がある²¹。

4-4-2. 太陽光発電と情報通信

太陽光発電システムが農村部で満たすべき基本的な電力ニーズは、数年前までは照明とTV・ラジオであったが、最近では未電化農村地域でも携帯電話の普及が著しく、また、パソコンの利用も学校などでは一般化しつつある。このような情報通信技術は農村部の生活を大きく改善する重要なツールとなることは間違いなく、それを支えるインフラとして太陽光発電に対する期待とニーズはますます高まるであろう。ただし、太陽光発電をどのようにして携帯電話やパソコン等と組み合わせるか（携帯電話充電の方法など）というノウハウについては、まだ農村部には十分浸透しておらず、これからの課題となっている。

4-4-3. SHS 価格

太陽光発電システムについては初期投資の高さが依然ハードルである。ウガンダ農村部で導入が進められている太陽光発電システムは、20W から 50W 程度の SHS である。こういったシステムにおける最も重要な構成要素であり、全体コストの半分以上を占める太陽電池パネルについては、欧米や日本、中国、インドなどで生産された製品を輸入する必要があるが、最近では太陽光発電の導入に優遇措置を実施しているドイツやスペインなどで太陽電池パネルへの需要が急増し、世界的に生産が需要に追いつかないという状況になっ

²¹東部地域の医療分野について、JICA は既に太陽光発電を含む医療器材の供与や技プロの実施及び協力隊（臨床工学技士）の派遣を行っている。

ており、従来続いていた価格の低下傾向は消滅し、ここ数年はほとんど低下していない。(図 4-5 参照) こういった状況がしばらくは続くと考えられるため、ウガンダをはじめとする途上国が地方電化のために太陽電池パネルを調達する場合、こういった需給関係の影響を受け高値で購入せざるを得ない結果となる。これが 50W クラスの SHS が \$1,000 という価格になっている原因のひとつである。2000 年当時には太陽電池パネルの価格は生産量の増大に伴って低下していくと考えられており、現在のような状況は全く予想されていなかった。また SHS の販売数量が少ないため 1 セット当たりの機材の仕入値が高くなり、さらに販売業者としても利潤を大きくとる必要があるという事情もある。これらの要因から、SHS 価格の大幅な引下げは難しく、途上国における太陽光発電システムの導入における最大の障害となっていると言えよう。

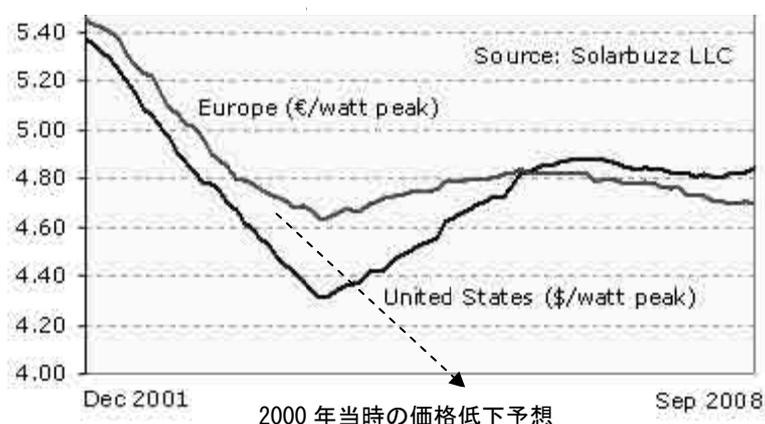


図 4-5 太陽電池パネル価格²²の動き (Solarbuzz 社 データ)

4-4-4. 資金メカニズム

ウガンダにおける SHS の販売は現金販売が主体であるが、頭金支払い後における 3~6 回程度の分割払いは慣習的に行われている。さらに、地方電化庁は販売業者への SHS 設置実績対応の補助金交付²³、またマイクロ・クレジット機関や Savings and Credit Cooperative Societies (SACCOS) などの協同組合と SHS 購入者への低利のローン・プログラムを共同実施するなど、SHS 普及促進のための取り組みを行っている。しかし、こういった制度も SHS の価格水準からみると一般消費者には不十分であり、利用者は増えていない。

²² 125W 以上の太陽電池パネルの欧米での小売価格

²³ 補助金額は \$1.5~2.5/W

4-4-5. 維持管理

導入後の利用期間がまだ短い太陽光発電システムが多く、維持管理のトラブルは大きな問題とはなっていないが、一般的には、太陽光発電システムや取り扱い（メンテナンス）についての情報が十分普及していないため、トラブルが生じた場合に対応には不安要因もある。ただし、最近では農村部でも携帯電話が利用可能となっているため、トラブルの対処法について販売業者等からの情報入手は可能となっている。

4-5. ウガンダにおける独立型太陽光発電の現状とその持続可能性

ウガンダにおける太陽光発電システムの導入は 1980 年代後半にスタートし、その後拡大しているがそのスピードは当時期待されていたレベルにはほど遠い。ウガンダ政府は RESP(2001)で表明したように、電力系統からは遠く離れており、また独立型小規模発電によるミニグリッド電化に適していない多くの村落における唯一の電化手法である太陽光発電を地方電化の大きな柱と位置づけ、UNDP や世銀の支援をベースに業者育成や消費者ファイナンス制度などに取り組んでいる。

ウガンダで推進されてきた太陽光発電システムには 2 つの方向性があり、それらは家庭用システム（household system）と学校や保健所などの公共施設用システム（Institutional System）である。家庭用システムとして導入されてきたものは標準的な 20W から 50W 程度の SHS であり、蛍光灯による照明を提供することが基本であり、さらにラジオやテレビなどの利用も可能である。これまでに導入されたものは経済的に余裕のある個人や商店、NGO 関係などが購入したものが大半であり、中流層以下への市場拡大は停滞している状態である。これに対して、Institutional System として設置されたものは、その多くが家庭用 SHS と同様のシステム構成で規模を拡大し、照明を数か所利用できるようにしたものが多いが、数百 W クラスにまで拡大して使用できる電気の量を増やし、照明以外にパソコンやテレビなどの機器も利用可能としているシステムもある。こういった Institutional System はそのほとんどがドナーや NGO などの資金援助によって設置されたものである。世銀 ERT プロジェクトでは保健省やスポーツ教育省との連携によって地方部の保健所(Health Center)や寄宿学校などに対する太陽光発電設備の設置事業を推進しており、GTZ も同様のプロジェクトを実施している。なお、Institutional System のうちで特殊な太陽光発電システムとしては、保健所に設置されるワクチン保存用冷蔵庫や給水設備としての揚水ポンプと組み合わせた例もある。

以下の分析では、地方電化で大きな役割が期待されている家庭用 SHS のウガンダにおける普及状況と持続可能性について分析する。太陽光発電システムの持続可能性を判断するためには、設置後の運転や保守について、①正しい運転保守技術を持っているか、②維持管理費用を負担できるか、③維持管理について組織やビジネスインフラが整備されているのか、という3つの視点からチェックすることが必要である。

(1) 太陽光発電機器の調達と設置

太陽光発電機器の販売や工事については、首都カンパラ市内だけでも20社近い専門業者が存在し、そのうちの何社かは地方部に支店を持っている。また地方部の主要な町でも同様の独立系業者を見つけることができる。このように太陽光発電に関するビジネスは地方の中心地でも拡大しつつあり、それは太陽光発電システムに関する国内需要が地方部にも広がり始めていることを示している。



こういった業者が販売しているパネルや関連機器については、古くから営業している大手業者では欧米や日本の製品を多く取り扱っているが、新興の販売業者についてはアジア地域、特に中国やインドからの比較的低価格の製品を主体に販売している例もある。こういった製品は途上国のニーズに合わせた仕様となっているものが多く、今後一般消費者向けに販売を伸ばすものと予想される。バッテリーについては太陽光発電機器の販売店では輸入品のディープサイクルバッテリーを販売しているが、市場に広く流通している自動車用バッテリーはウガンダの国内メーカーの製品が主力である。

こういった業者の技術力については、SHS の場合には施工も含めて販売するのが普通であり、このため機器の仕様や機能、施工技術についての知識を持ったテクニシャンを雇用す

ることが必要である。ウガンダでは太陽光発電ビジネスで働くテクニシャンは職業訓練校や短大レベルの電気技術者コース（カリキュラムに太陽光発電技術を含む）を修了した者であることが多い。太陽光発電システムは高度な技術的知識を必要としないため、こういった教育を受けたテクニシャンであれば、簡単な実務経験によってほとんどの作業に対処できるようになり、またユーザーへの説明も問題なくできると考えられる。このように、電気技術者育成プログラムの中に太陽光発電技術が取り込まれており、技術者育成の基盤は整備されている。

（２） 資金負担

ウガンダで販売されている SHS については 1 セット当たりの価格はサイズによって異なるが、非常に小さい 20W クラスでは設置費込みで\$500 程度、本格的に各種の電気機器を利用するのに必要なサイズである 50W クラスでは\$1,000 程度である²⁴。このうち太陽電池パネルのコストが圧倒的に大きなウエイトを占める。SHS 価格が低下しないのは太陽電池パネルの価格が高止まりしているという事情が大きいですが、販売数が少ないため業者としても薄利多売ができず 1 セット当たりのマージンを多くとる必要があるという事情もある。売れないから安くならないという悪循環になっている。この価格水準では未電化農村地帯の大多数の農民には負担困難であり、富裕層からの需要が一巡してしまうと、中流層の購入拡大はなかなか進まないという状況になりがちである。こういった中流層向けの普及対策については、地方電化庁では消費者ローン制度の拡充や補助金交付などの制度を試みているが、まだ不十分である。特に、補助金については最大 25%程度であり、また販売業者に対する交付となっているため、SHS のように販売量が少なく、定価という概念が定着していない機器の場合には、販売業者としてはその分を見込んで価格を操作するというモラルハザードも生じかねず、補助金の効果がユーザーに十分に行き渡らない可能性もある。

SHS の普及が停滞していることについては、未電化地域において、充電が困難というハンデがあるにもかかわらず携帯電話が急速に普及していることと好対照である。携帯電話の場合にはユーザーの投資額が\$50 程度であり、SHS とは一桁違う。こういった価格水準の違いが SHS 導入の大きな障害となっていることは明らかである。

ウガンダでは SHS を買い取りではなくサービス（リース）方式で普及させるという試みは実施されていない。これは対象地が遠隔地の農村であり、また住戸が分散しているためユーザーを訪問するための時間やコストが大きくなってしまい、ユーザーが最終的に負担するサービスコストを妥当な水準に抑えることが難しいという事情が大きいと考えられる。

²⁴ 世銀 ERT では SHS 価格を\$20/W から\$14/W に下げることが目標としている。

SHS 導入後の運転については、正常に機能している場合には特に運転費用は必要とならない。費用が必要になるのは、蛍光灯の交換やコントローラの故障修理、バッテリーの交換といった場合である。SHS 用の蛍光灯は\$10程度で販売されている。数年後に必要となるバッテリーの交換については自動車用バッテリーで約\$100、ディープサイクルバッテリーでは約\$200という費用が必要であり、これまでのSHS購入の主体であった富裕層にとっては問題ないが、これから需要を開拓していく必要がある中流層にとっては大きな負担である。ただし、現在でも自動車用バッテリーを充電して各種の電気機器を利用している人々が農村部に存在することが確認されており、中流層においてもバッテリーの交換費用負担が可能な階層が存在することを示している。

(3) 維持管理手法と体制整備

ウガンダでは、設置された太陽光発電システムの運営や維持管理については、バッテリーの交換を含めてユーザーが管理を行うことが一般的であり、管理を別契約にしている例は確認されていない。これは前述のとおり、設置場所が遠隔地であり、交通費を含む管理サービスコストが高いということが大きな理由であろう。基本的に太陽光発電システムは特殊な用例を除けば、日常的な運転操作については簡単なトレーニングによって一般の住民でも実施可能である。それはアジアなどの途上国でSHSが農民によって長期間維持されているという例からも明らかである。ただし、ウガンダでSHS設置時に行われる取り扱い説明は簡単なもので、住民の理解度を高めるためには不十分と考えられる。この点については、最近ではウガンダの農村部で携帯電話やVillage Phoneが普及しつつあることから、何か問題が生じた場合に販売業者に問い合わせることが可能になっており、ある程度改善されていると言えよう。

第5章 ウガンダにおける独立型太陽光発電普及のモデルプラン

5-1. これまでのプロジェクトの問題点

5-1-1. ユーザー意識の未発達

これまで太陽光発電システムを地方電化の目的で普及させるために、ユーザーとの契約方式や消費者ファイナンス、ユーザーや販売業者に対する補助金制度、そういった資金を確保するための基金制度、さらに太陽光発電機器に関する技術基準の整備などをテーマとして、世界各国で多くの援助プロジェクトが実施されてきた。しかし、こういったプロジェクトで提案されたさまざまなアイデアが前提としているのは、結局のところ、太陽光発電システムは未電化農村の住民の生活改善を実現できる優れたツールであり、その潜在的利用希望者は多く存在し、それを購入しやすくすれば多くの希望者がそれを入手しようとする行動する、という開発側（供給側）の考え方に基づくものであったと言える。太陽光発電システムがまったく導入されていない村落でも、それによる生活改善効果を理解してもらうことは容易であり、したがって、説明すれば住民（潜在的ユーザー）はハードウェアを購入したいという意識を持つはずであって、契約方式や支払い方法に魅力があれば多数の購入希望者が出るはずであるという考え方である。

しかし、現実には多数のプロジェクトが実施されたにもかかわらず、アフリカで SHS が農村部で自立的に普及しはじめているといった例は皆無と言ってよい。これは依然として価格が高く一般消費者には手が出ないということが大きな原因であるが、それ以外の要因として、太陽光発電に関する正しい知識が広まっていないという事情も大きく影響していると考えられる。すなわち、太陽光発電システムに関する知識が不十分なため購入を検討したこともない人がほとんどで、既に市販されている小型のソーラー機器を使ってみようという人も出てこないのである。こういった状況であれば、SHS の購入のための資金メカニズムをいくら工夫しても需要は出てこないであろう。これまでは、潜在的ユーザーにどのようにして買ってもらうか、それをいかにサポートするかという面ばかりが重視され、潜在的ユーザーの行動のきっかけとなる正しい知識基盤づくりということが軽視されてきたと言える。

未電化村落で最初に SHS を導入するユーザーは資金的に余裕があると同時に、何らかの理由で太陽光発電についての知識を持っている人である。こういった階層ではさまざまな情報を入手することが容易であり、得られた情報をもとに太陽光発電についても理解を深めることができる。SHS は金額が大きな買い物であるため、購入の決断にあたっては慎重に検討するはずであり、実際に使ってみたことがあるとか、使っている現場を知っている

という体験的な知識に基づいて SHS という商品に関して発信されている情報に確信 (confidence) を持つことが必要になるはずである。彼らは購入した後にそれがどのような便益を生み出すのか、本当に使いこなせるのかといった点について confidence が得られなければ購入には踏み切らないであろう。従来、潜在的ユーザーの太陽光発電に関する認識 (awareness) を深めることによって市場開拓を図るといった議論がなされてきたが、広報、広告等などによって得られる awareness では単なる断片的、表面的な知識にとどまるため、彼らが慎重に検討して購入するという判断をするためには不十分なのである²⁵。このため、awareness に代わって、SHS に関する confidence を育てるという目標設定をすべきと言えるであろう。この点については、今回の現地調査でも、ウガンダ農村部でごく稀に自動車用バッテリーを町で充電して照明用などに使っている人たちが異口同音に、友人などが使っている例を見てこういった方法を知り (これはよいと納得して) 自分でもやってみたと説明していたということからも容易に類推できる。(以下の例 参照)



移動式床屋

自動車用バッテリーとインバータを自転車に積んで移動し、電動バリカンを使った床屋を営業している。(ウガンダ地方部)



充電ショップ

町で充電した自動車用バッテリーとインバータを使って携帯電話充電やテレビのレンタルなどの商売を行っている。(ウガンダ地方部)

²⁵ これまでの太陽光発電利用地方電化のプロジェクト評価報告において、awareness だけでは不十分という指摘は多い。

5-1-2. 維持管理におけるリスク

村落内で第一号の導入があった場合、まだ他の大多数の住民は太陽光発電については全く知識がないため、その導入例をしばらくの間観察するだけであろう。したがって、最初に導入したユーザーが、そのハードウェアを十分に使いこなせることをある程度の期間にわたって示すとともに、その便益が負担金額に見合ったものであることを実感し、そのことを周囲の人々に伝え、あるいは周囲の人々が実際にそのシステムを見たり体験したりすることでその中から新たな潜在的ユーザーが導入を決断するというプロセスが生まれれば、次の導入例につながっていくはずである。ただし、このプロセスにはかなりの時間がかかると考えられる。そういったプロセスが着実に進行していくにつれて、ユーザー数が増加していけば普及のスピードが加速していくであろう。逆に、第一号の導入例に早い段階でトラブルが生じ、ユーザーがうまく使いこなせないような状態に陥ると、その次のユーザーが生まれるというサイクルは途切れてしまう。導入初期段階におけるトラブルをいかに減らすかということが大きなカギになると言えよう。

参考：SHSの維持管理において生じるトラブル

未電化農村地帯において推奨されてきた方式である SHS では太陽電池パネルからバッテリーに自動的に充電されるため、日常的にユーザーが操作する部分はほとんどなく、手を触れるのはスイッチ類だけでよい。このシステムでは基本的な使い方をしていく限り、設置後短期間で故障することは考えにくい。ただし、ユーザーが当初予定されていないさまざま電気機器を利用してみようと試みる 경우가多く、こういった場合には配線をいじったりしてトラブルを発生させやすい。

初期段階をクリアした後、使用開始後数年でバッテリーの劣化が進行し、電気を利用できる時間が減少してくる。こういった時期になるとユーザーはバッテリー交換のための追加費用（\$100程度）という問題に直面することとなる。バッテリーの寿命という避けられない問題についてユーザーが納得して対応し、これを乗り切ることができないと SHS の維持は困難となり、そのことが周囲の人々に伝わって SHS の否定的評価につながり、新たなユーザーの開拓には大きなブレーキとなる。

参考：SHS の維持管理指導の難しさ

通常、ユーザーに対して操作方法などの指導が行われるのは設置時における簡単な説明、トレーニングであるが、ここで行われる操作方法やバッテリーの維持管理方法などの指導は短時間で行われることがほとんどであり、説明書なども簡単な内容のものとなるであろう。また、販売する業者としては後年度のバッテリー交換といった問題があることについては、あまり触れたくないという心理が働くことも予想される。さらに SHS の場合には、通常はスイッチを操作するだけで、ユーザーが使いながら学び、覚えていくという部分はほとんどなく、いつ発生するかわからないという問題であればその時になると忘れてしまっていることが多いであろう。こういった事情から SHS の場合には、設置後ある程度経過した時に発生するトラブルについて、適切な対応できないというケースが生じやすい。SHS はユーザーにとって便利なシステムであるために、かえってユーザーに維持管理の知識を定着させていくことは難しいと言える。

参考：業者によるサポートの難しさ

設置時に行うユーザーへの指導だけでは、こういったトラブルへの対応という観点からはあまり役に立たないと考えられ、そのために販売業者が長期にわたってサポートすべきという議論になりがちである。しかし、未電化農村地域への行き来には大変なコストと時間が必要となることがほとんどで、そのコスト負担の難しさから業者がサポートを続けることは容易ではない。

5-1-3. 価格の引き下げ

ウガンダでは SHS の価格が 1W 当たり約\$20 となっており、標準的な 50W の SHS の場合には約\$1,000 で販売されている。この価格は、アジア諸国の例に比べればおよそ 2 倍であると言える。この水準では農村部の中流層にはなかなか手が出ない。表 5-1 は、ローン金利を年 6%にした場合の借入額と毎月の返済額の関係を示したものであるが、負担可能と考えられる毎月\$5 の返済額²⁶という水準を想定すれば、SHS のシステムコストが\$400 程度、頭金\$100(借入金\$300)、ローン期間 5 年といった比較的現実性のある組み合わせが考えられる。この\$400 という価格帯については、アジアでは 30W クラスの SHS が購入可能な水準であり、ウガンダでも実現不可能ではない。また、現在ウガンダでは 20~30W の小型 SHS を利用している事例は多く存在し、この規模であっても照明やラジオは利用可能のため利用価値は大きいと考えられる。このため、現状の SHS 価格を 1W 当たり\$10~12 程度に引き下げるといった目標を設定し、さらに補助金や消費者ローンなどと組み合わせることで導入拡大を図ることを目標にすべきであると言える。

²⁶比較所得の高い階層におけるランプ用の燃料購入費にほぼ相当

表 5-1 借入金と毎月の返済額（金利年 6%）

期間 借入金額	3 年	5 年	7 年	10 年
\$200	\$6.08	\$3.87	\$2.92	\$2.22
\$300	\$9.13	\$5.80	\$4.38	\$3.33
\$400	\$12.17	\$7.73	\$5.84	\$4.44
\$500	\$15.21	\$9.67	\$7.30	\$5.55

表 5-2 目標とすべき SHS 価格

	1W 当たり価格
太陽電池パネル	\$5~6
コントローラ	\$1.5~2
バッテリー	\$3~4
配線	\$0.5
架台 施工費	\$1
合計	\$11~

5-2. モデルプランの基本的考え方

5-1-1、5-1-2 で述べたとおり、SHS を自立的に普及させていくためには、いきなり導入を図るのではなく、潜在的ユーザーが SHS を正しく評価できるようにするとともに、導入から数年先までの期間において生じる可能性のある、ユーザーが行う不適切な操作、コントローラや照明器具の故障、バッテリー交換への対応、といったトラブルを逐一クリアできるような環境をつくらなければならない。こういったことができなければ SHS に対する confidence は生まれず、普及拡大の強い動きは出てこないであろう。

ユーザーが必要としているのは「設備」だけではなく、設備とそれを操作、維持するための「知識・ノウハウ」の両方である。これまでのプロジェクトではユーザーに設備を導入させることが重視され、ユーザー側への「知」の提供といった点についてはプロジェクトの最後になってしまい、不十分なものとなりがちであった。（→図 5-1 パターン A）これでは「知」の移転が不十分であるから、トラブル対応へのハードルが高くなってしまう。さらに、初期ユーザーの満足度が低くなり、村落内に太陽光発電に関する否定的な評価が広まっていくという結果に陥りやすい。

こういった反省から、今後のプロジェクトデザインに当たっては、設備の入手をしやすくすることと、その後の維持管理のための「知」の育成について、両者がバランスされた内容としなければならないと言えよう。ユーザーに対して「知」を確実に移転していくためにどのようなスキームが必要なのか、単に「ソフトコンポーネントを充実させる」といった表現でまとめてしまうのではなく、精密な組み立てを行う必要がある。ひとつの考え方としては、数年後に訪れるバッテリー交換というハードルを乗り越えて、それが他の潜在的ユーザーに伝わって **confidence** を生み出すまでのプロセスをフォローするという、従来よりもフォローアップ期間を長くするという手法が考えられる。(→図5-1 パターンB)

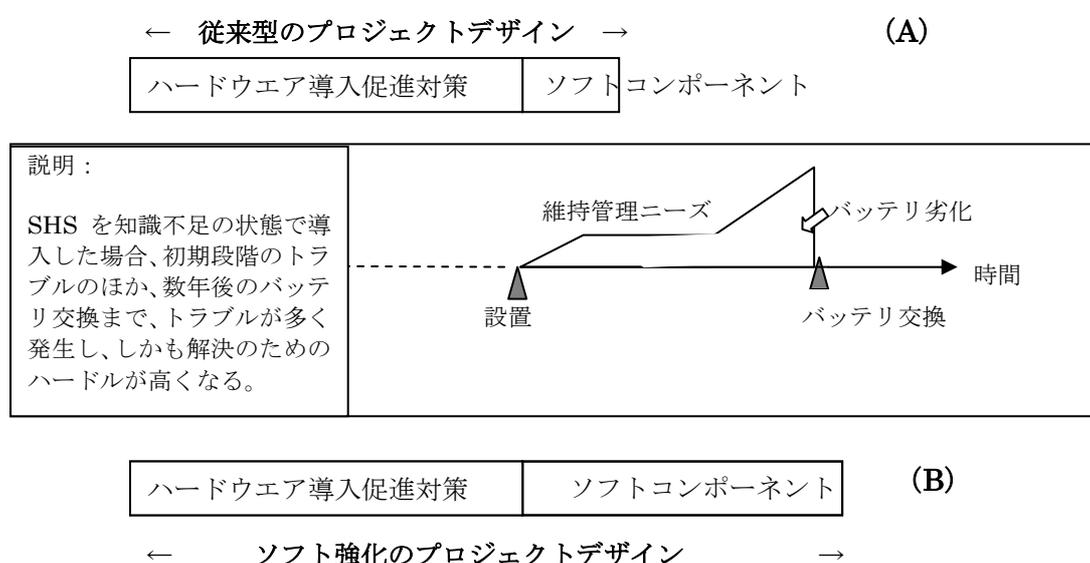


図 5-1 SHS 導入後の問題に対応するプロジェクトデザイン

これまで数多く実施された「新たな資金メカニズムを取り入れて（あるいはサービス体制を強化して）SHS の普及を進めるパイロット事業を行い、本格的普及をめざす」というプロジェクトでは、対象となる未電化村落において住民が太陽光発電についての知識がほとんどない状態で SHS の導入を進めてしまうため、取り扱いのミスや機器の状態変化に気がつかないなどの些細なトラブルが発生する確率が高い。そういった問題への対応を供給側が行おうとすれば、サイトは遠隔地にあるため、多くの労力とコストが必要となってプロジェクト運営は困難となり、さらに対応が不十分であると住民の間で SHS はうまくいかないという評価が定着する結果となりがちである。ユーザー側にどうやって「知」をインプットして持続可能な状態にもっていくかという時間のかかるプロセスは後回しになり、中途半端となってしまいうために持続可能性が低下してしまうのである。ユーザーは精一杯の自己資金を負担して SHS を導入するのであるから、利用し始めたからにはできるだけ長く使いたいと思うはずである。ユーザーがオーナーシップ意識を持てば、自分が所有する

道具を使いこなそうとして学習する意欲を持つのは当然である。使い方や保守について外部に依存するのではコストが高くつき、また時間もかかるため、できることは自分でやりたいと考えるはずである。彼らはどうしたらよいのかという「知」に飢えているにもかかわらず、これまで供給側が十分に応えていなかったと言えるであろう。

ERT の中間評価報告書でも太陽光発電利用地方電化については、今後の取り組むべき課題として以下の 2 点を強調している。

- ・ Consumer education about PV systems and standards.
- ・ Marketing campaigns that target the consumer.

さて、ここで未電化農村であっても多くの住民が太陽光発電やバッテリー利用方法についてよく知っているという状況を想定してみよう。このような場合には、SHS が入手可能となれば富裕層の中から複数の潜在的ユーザーが導入を試みるであろう。他の潜在的ユーザーも先行したユーザーの様子を注意して見守り、ある程度の **confidence** が得られた時点で導入に踏み切るケースが出てくることが予想される。このため前述した状況よりも普及のスピードは速くなる。また、ユーザーは詳しい知識を持っているから使用方法に関するトラブルの発生も少なくなり、バッテリーの交換についても事前に準備することができるはずである。また、ユーザー自身は対応できないトラブルであっても、SHS の構造は単純で共通性があるため、周囲に詳しい知識を持っている住民がいれば、どのように対応すべきか判断し、修理や機器の交換についてアドバイスできるはずである。こういったメカニズムが生まれれば持続可能性は高まる。

村落として「知」を持っていれば、外部に依存せずに解決できることがほとんどであるが、「知」がない村落では些細なトラブルであっても対応できないのである。こういった「知」をもった村落をつくることができれば、初期ユーザーの満足度は高まり、早い段階で村落内に太陽光発電に関する好意的な評価が広がっていくという好循環が期待できる。したがって、プロジェクトデザインにおいて、「ハードウェア」の導入促進対策の前に、村落に対して幅広く「ソフトウェア」の移転や定着を先行させるとよい結果が得られるのではないかという仮説が導かれる。従来型のプロジェクトデザインとは異なる、ソフトコンポーネント先行のプロジェクトというものを構想することは大いに検討に値すると言える。(→図 5-2 パターン C)

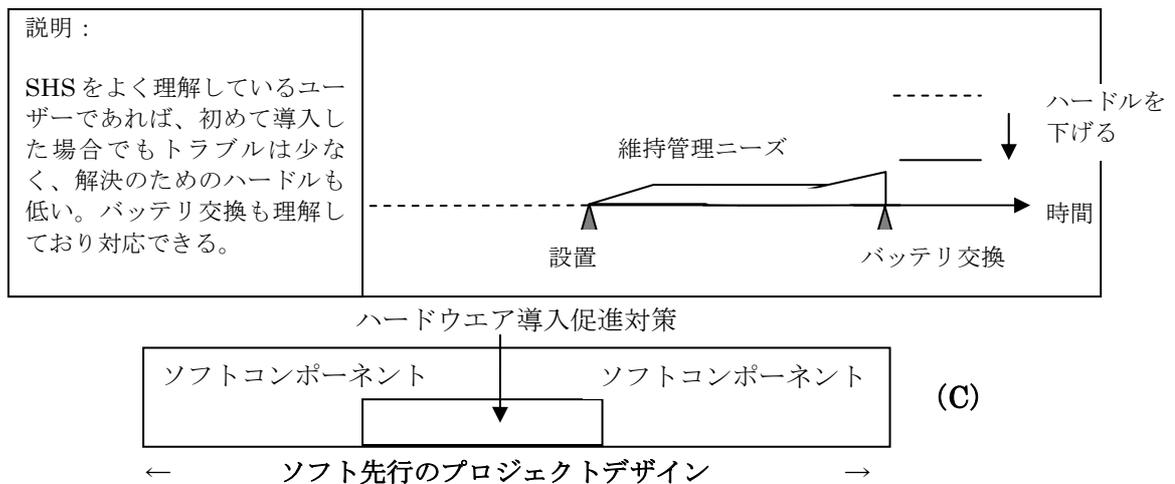


図 5-2 SHS 導入前に問題発生を減らすプロジェクトデザイン

このような、導入の前段階として住民への知識注入（knowledge input）を本格的に時間をかけて行うことは、先に述べた住民の confidence の醸成につながり、購入意欲を刺激すると同時に、導入後の維持管理にも大きなプラス効果が期待できるのである。以上のような点を念頭において、ウガンダにおける開発モデルについてさらに詳しく検討する。

5-2-1. モデルプランの前提条件の検討

(1) ビジネスインフラ

ウガンダでは太陽光発電関連ビジネスについては、これまでの援助プロジェクト主導による太陽光発電システムの市場拡大に伴って成長してきた。大手の販売業者は実績も豊富であり、多数の技術者（テクニシャン）を擁している。こういった業者の大部分は政府事業やドナー事業のビジネスチャンスが多い首都カンパラに集中しており、地方部ではまだ十分に展開されているとは言えないが、それでも地方の中心地にも太陽光発電機器を取り扱う業者が出現し始めている状況である。ウガンダでは太陽光発電に関する技術者養成は正式な電気技術者養成機関のカリキュラムに組み込まれており、そういった課程を修了した技術者が採用され実務経験を積みながら知識や技能を高めていく。こういった状況にあるため、地方部においても太陽光発電システムに対する需要が高まれば、事業設立の動きは出てくると予想され、また必要な技術者を確保することも可能と考えられる。したがって、ウガンダでは未電化農村地域のうち、地方中心地に近い部分については、太陽光発電利用地方電化プロジェクトを実施するための機器の調達や技術力の確保といったビジネスインフラに関して条件が整いつつあると考えられる。

(2) プロジェクト資金

次に資金であるが、太陽光発電システム導入にはユーザー負担が原則となる SHS と政府やドナーが主体となる公共施設用の Institutional System の 2 つの方向性がある。BCS は後者に位置づけられる。SHS については前述のとおり、富裕層については一定の普及が見られるものの、今後は価格の低下がない限り中流層への普及拡大は停滞すると考えられる。こういった価格面での問題が短期間で改善されるとは考えにくく、現状のまま SHS の導入を前提としたプロジェクトを計画してもユーザーの獲得は難しいであろう。このため、当面は住民が負担可能な簡易型システムを先行させるというシナリオを選択することが適切であろう。

これに対し、Institutional System については、村落の公共施設である学校や保健所が対象となるものであり、未電化地域においても提供すべきサービスの重要性から大きな電化ニーズが存在する。この Institutional System については、基本的には設備費をドナーとウガンダ政府または地方政府が資金負担することで、今後とも着実に拡大していくと考えられる。これを家庭用システムの普及につなげることにも活用できればその意義はさらに大きなものとなる。ただし、公共施設の場合には収入はほとんど政府からの予算であり、決して潤沢とは言えない。したがって、太陽光発電システムが設置されることによってその維持管理費用が必要となり経常経費が圧迫され、維持管理が十分に行われず持続可能性の低下につながるおそれがある。こういった経常経費については援助機関が補助を継続することは困難である。したがって、Institutional System については維持管理のための資金確保を慎重に検討しなければならない。

5-2-2. モデルプラン（第 1 期）

以上のような条件をもとに、太陽光発電システムのハードウェアの導入に先行して、未電化農村地域の村落が、太陽光発電に関する「知（ソフトウェア）」を蓄積できるようなモデルプランを検討してみる。

「知」を植え付ける最善の方法は解説することではなく、実際に使ってみて体験してもらうことである。そういった体験学習のできる装置のひとつとしてソーラーランタンがある。これは小型の太陽電池パネル、蛍光灯（または LED ランプ）、バッテリー、コントローラを組み合わせたもので、屋外において太陽電池からバッテリーに充電して照明用に使うことができる。中国製やインド製などの製品がアフリカ各国で出回り始めている。これは SHS のミニチュア版ともいえるもので、価格も \$50 程度と携帯電話と同じ水準で手ごろであり、また LED ランプと組み合わせれば長時間の照明が可能であるため、高額な SHS よりも先に普及すると予想される。



図 5-3 ソーラーランタン (LED 電球使用)

したがって、こういったソーラーランタンを試験的に未電化村落に何台か供与して、その使用方法について教えていくという手法が考えられる。しかし、ソーラーランタンの場合には各家庭内に持ち込まれてしまい、太陽電池パネルからの充電は家庭の庭先などで行われると予想され、供与を受けなかった他の村民からはよく見ることができず、知識波及効果が弱いという懸念がある。また、ソーラーランタンでは携帯電話の充電までは可能であろうが、自動車用バッテリーの充電はできないため、SHS のバッテリーを使ってテレビをみるといった方法につながる知識を得ることは難しい。

もっと「知」を多くの村人に共有してもらおうこと、また、太陽光発電システムにおける最大の課題であるバッテリーの維持管理に関する知識まで蓄積するためには、オープンな場所に本格的な太陽光発電システムを置いて、多数の人が自動車用バッテリー充電まで行えるようにするという方法が望ましいと考えられる。具体的には、充電式小型照明具や自動車用バッテリーの充電、さらに大きな需要が既に存在する携帯電話充電を行うことができる多目的 BCS を未電化村落に設置していくというプロジェクトである。BCS があれば、当初は携帯電話充電を目的に多くの人々が利用するであろう。それによって太陽光発電による電気をどのようにして使うのか (バッテリーに充電することや 220V/AC を発生させるインバータに関する知識)、それを利用する効用 (照明やその他電気機器が利用可能であることに関する知識) などさまざまな事項について住民が体験し、実感するという機会が増えていくと予想される。したがって、徐々に太陽光発電に関する知識が村内に蓄積していくであろう。このようなプロセスが生まれることで、生活改善できる便利な道具としてソーラーランタン

や自動車用バッテリーが認識され、それを導入しようという動きが広まり、最終的には SHS を購入する人も出てくるであろう。また、BCS を使いながら、インバータ利用やバッテリーの維持方法などより高度な知識を必要とすることについてもよく理解した人が出てくると予想される。こういう段階に至れば、村落内で太陽光発電に関するトラブルに対応できるようになり、太陽光発電システムの持続可能性に関する不安はほぼ解消する。時間のかかるプロセスではあるが、こういった手順を踏んでいかないと大多数の住民にとって「未知の商品」である太陽光発電システムに対する需要はなかなか生まれてこないと考えられる。

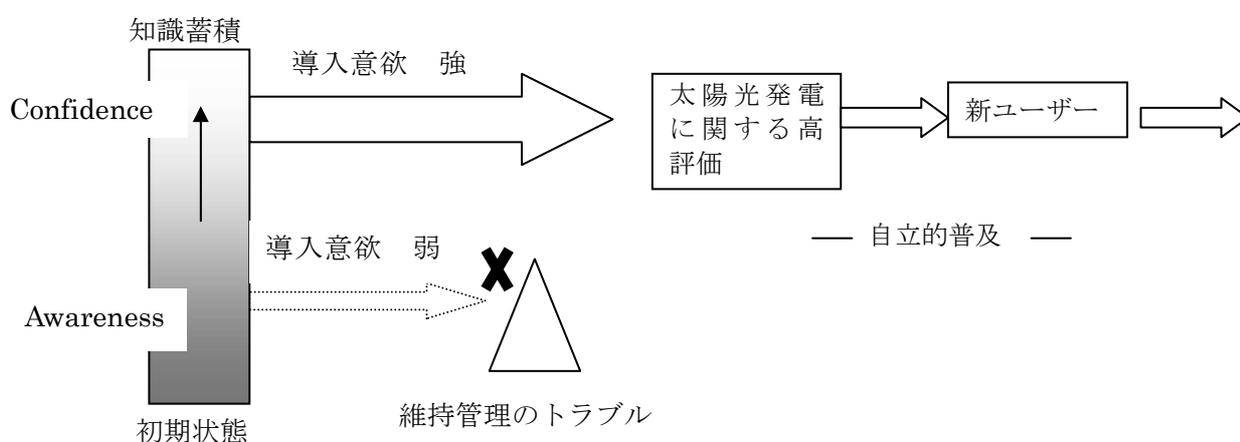


図 5-4 知識蓄積による太陽光発電の自立的普及

参考：Village Phone の経験

こういったプロセスはウガンダにおいて 2003 年から進められてきた Village Phone による農村における電話普及プロジェクトと似ている。Village Phone が導入された村落では住民はそれを使ってみることで電話の使い方や効用について理解し、さまざま知識を蓄積することであろう。こういった知識があれば、その地域が携帯電話を利用可能になった時点で携帯電話を購入する人が多数出てくることは容易に想像できる。実際に、ウガンダの地方部で携帯電話は急速に増加している。これに Village Phone が大きく貢献したことは間違いない。まさに、Village Phone は電話に関する「知」を村落全体に input する体験学習ツール (tangible learning tool) の役目を果たしたのである。

こういった考え方に基づく BCS については UNIDO がアフリカのケニアで進めている Energy Kiosk のアイデアとほぼ同じものである。

参考：Energy Kiosk (UNIDO, Kenya)

An Energy Kiosk is a shop, where one can buy electricity in the off-grid villages of Kenya, and it may be for battery recharging for the newly introduced LED lamps, mobile phones, or automobiles, or for running tiny or small industries, agro or food processing appliances, or micro or small enterprises, or to run community centres, or to power nearby local schools by extending lines from the Kiosk, or any other small power applications. The Kiosk receives electricity from a local renewable energy source such as a micro hydro power unit, solar, wind or biomass based power generator or a DG set running on locally available vegetable oils. (UNIDO 資料による)



このように BCS が設置されれば、それは未電化村落の共有設備となり、携帯電話やバッテリーの充電に使うという体験を通じて、多くの住民に太陽光発電の知識をわかりやすく教えることができるシステムとなり (=BCS is a tangible learning tool that creates knowledge base on Photovoltaics in the community) これを出発点としてソーラーランタン、自動車用バッテリー、SHS などの導入につながっていくというシナリオを描くことが可能である。

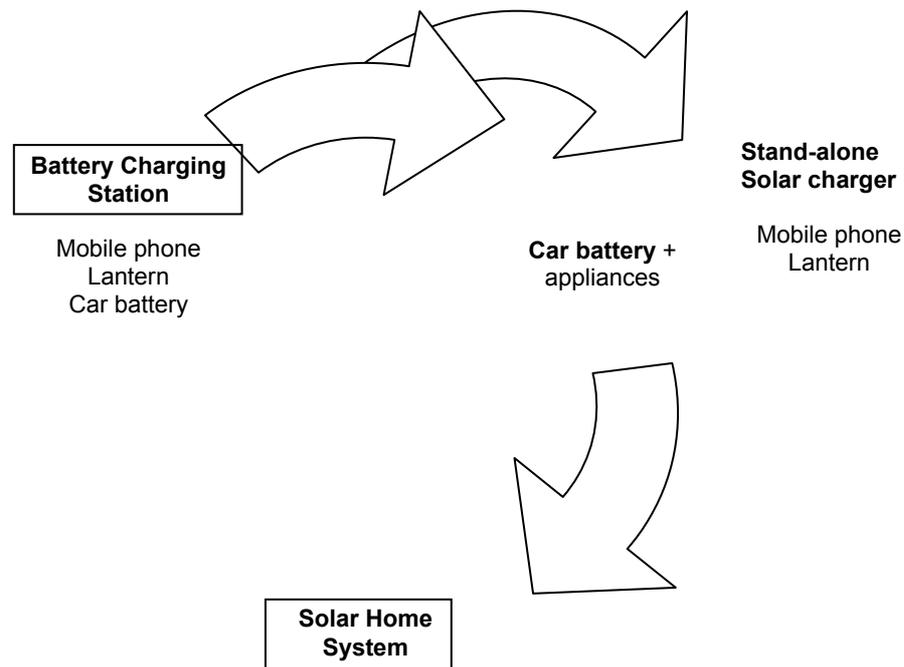


図 5-5 BCS を出発点とする太陽光発電の普及プロセス

こういった BCS は村落規模に応じて 500W~1kW 程度の規模が必要と想定される。標準的な自動車用バッテリー(50Ah~70Ah) 1 個を 1 日で充電するためには 150W クラスの太陽電池パネルが必要である。一方、携帯電話充電や小型照明具の充電であればそういった機器の内臓電池は小型であり、日中 2~3 時間で充電できる程度のもので 100W クラスの太陽電池パネルであれば多数の充電を同時に行うことができる。充電アダプターは 220V 対応のものと 12V 対応のものがあるため、両者が使えるように工夫し、それぞれのやり方を実証的に示すことが効果的である。このような BCS の基本設計の例を以下に示す。この説明図は自動車用バッテリー充電用システムが 3 系統(450W)、その他の小型電気機器充電用システムが 1 系統(150W)という例であるが、実際には現地の需要予測などをもとにその規模を決定する必要がある。

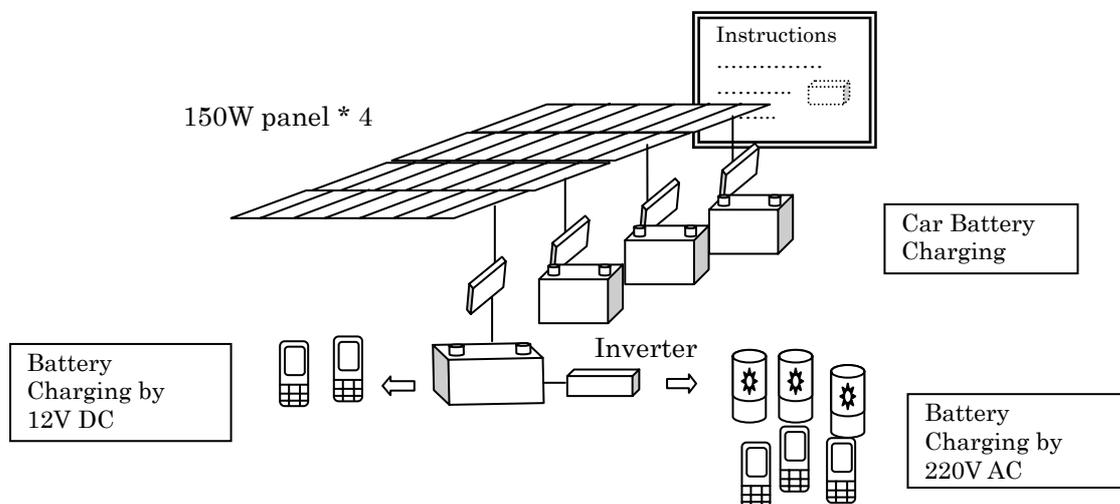


図 5-6 多目的 BCS 概念図

次に検討することは、この BCS と公共施設用の Institutional System を組み合わせて、複合的に運用することが可能であれば、それぞれ別に設置するよりも投資効率を向上できるという点である。

通常、Institutional System は一般家庭用の規格化された SHS とは異なり、その施設ごとに必要となる電気の需要を想定して、その規模やシステム構成が個別に計画される。この場合、電気の需要についてはある程度の余裕を持って計画され、バッテリーの容量も大きめに設定するのが普通である。すなわち、学校では夜間にも教室を使用することを想定し、また保健所であれば臨時の外来患者や夜間の出産などを想定する。しかし、こういった需要は毎日生じるものではなく、実際に 1 日に消費される電気は想定された最大需要を下回る場合がほとんどである。これに対して、太陽電池パネルは最大需要が発生しても翌日にはバッテリーを回復させるだけの発電容量を持つように設計される。言い換えれば、通常時には太陽電池パネルの発電能力のうちの一部は利用されずに放棄されていることになる。(図 5-7 参照) このように Institutional System では発電能力に余裕があるのが普通であるため、携帯電話や充電式照明具といった小型機器の充電のために少量の電気エネルギーを取り出して使ってもバッテリーの容量が低下して本来の用途が制限されるという事態にはならないと考えられる。(図 5-8 参照) もちろん、BCS の機能のうちで大量の電気を必要とする自動車用バッテリー充電の需要に対応する部分については新規に設置しなければならない。

Institutional System との複合化を考えるのは、あくまでも携帯電話やランタンの充電に関する部分だけである。

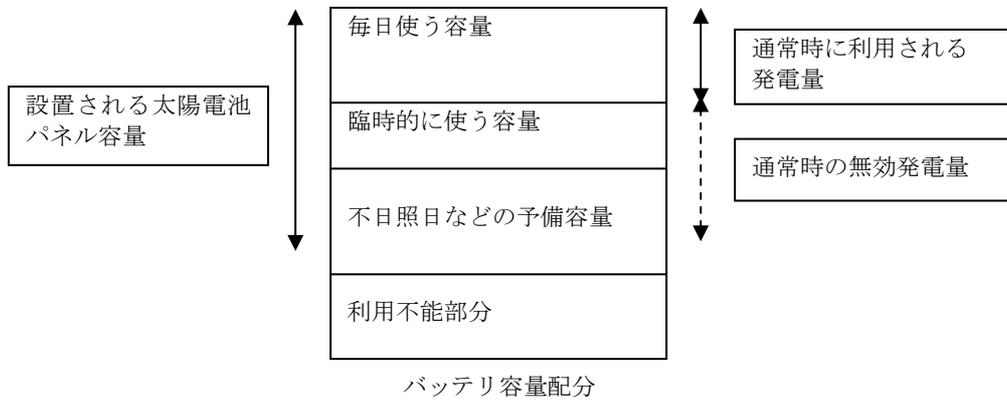


図 5-7 Institutional System におけるバッテリー容量配分

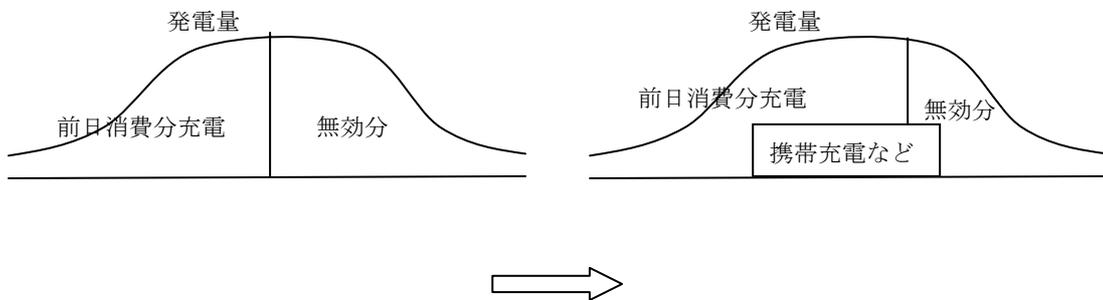


図 5-8 太陽電池の発電無効分の有効活用

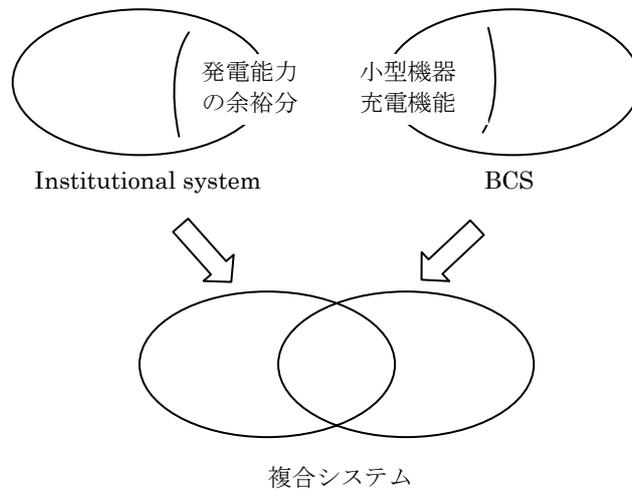


図 5-9 Institutional System と BCS の複合化

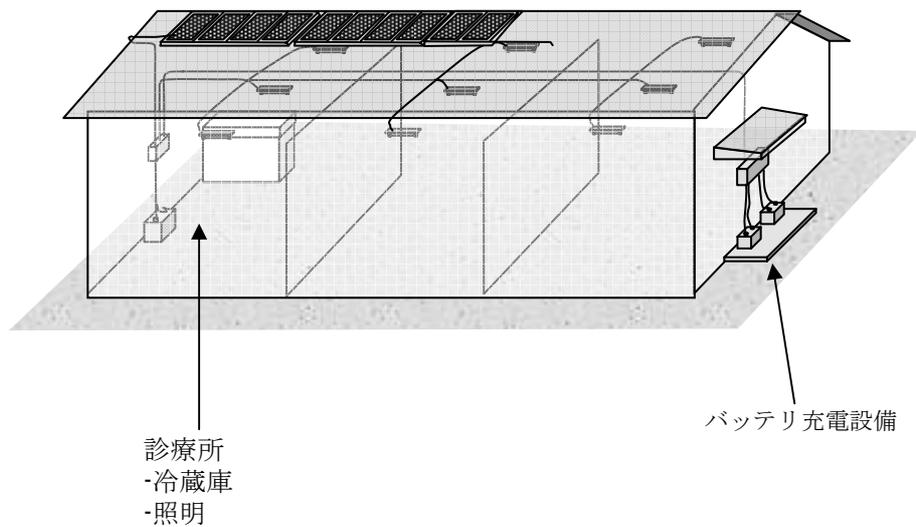


図 5-10 診療所の Institutional System に BCS を付設

BCS と Institutional System を複合化するメリットは費用の削減だけではない。BCS が独立している場合には、毎日の利用者への対応を行うために管理者は出かけていかなければならず、また数時間後の充電完了確認や料金徴収などにも対応しなければならないため、時間的な拘束が大きな負担となる。これに対して Institutional System と併存していればその公共施設の職員に本来業務に支障のない範囲で一部の BCS 業務を分担してもらうことが可

能であろう。BCS ではバッテリーを接続して充電が始まれば特に操作は必要ないのである。この BCS の運営管理は重要な課題であって、専任スタッフを確保し、適正な給与を支払うことができればよいが、設置当初の充電需要は必ずしも多くはなく、収入が予想を下回ることも十分考えられる。そうなると BCS の管理が十分に行われず、住民の不満が高まる結果となる。こういったケースも想定して、BCS を村落の財産として位置づけ、その管理者は村落の代表者または公共施設の管理者が兼務し、BCS 業務を公共施設の職員や村内の住民が組織的に分担する体制を作ることから始める必要がある。充電サービス収入は公共施設の運営費用に充当できるため施設管理者としてもメリットが大きく、またその一部は太陽光発電システムの維持管理にも振り向けることができるであろう。もちろん、BCS が軌道に乗れば専任スタッフも雇用できる。このような運営組織づくりの場合、関係者はこういったサービス業務に慣れていないため、操作方法、顧客対応などについてのトレーニングが必要となるが、ウガンダでは UNDP の支援によって地方ごとに Private Sector Foundation という地場産業育成を図る専門組織が活動している。こういった組織の力を借りて BCS の運営モデルを構築し、経営指導のマニュアル化やバックアップ体制の整備を図ることも可能であろう。ただし、学校や保健所という公的施設に対してバッテリー充電という商業的機能を付設することについては、その施設の本来業務を阻害するため好ましくないという意見もあることには留意する必要がある。

以上、述べてきたとおり、BCS を Institutional System と組み合わせて設置するというプロジェクトによって、未電化村落に太陽光発電に関する知識が蓄積され、さらに以下のような新たな便益が生まれるであろう。これによって、太陽光発電による地方電化を進めていくための強い基盤が整備できると考えられる。なお、この BCS の設置と並行して、太陽光発電に関するポスターや農村部で主要な情報入手源となっているラジオを通じた啓蒙活動などを行うことも効果的であろう。

- ①BCS による携帯電話などの充電に要する時間の節約
- ②BCS による照明やラジオの利用拡大と個人レベルの収入増加
- ③Institutional System による公共施設のサービス向上と BCS による運営資金確保

5-2-3. モデルプラン（第2期）

以上述べてきたのは BCS による村落住民が共有できる知識普及効果を前提とした太陽光発電に関する知識基盤づくりのプロジェクトである。これによって未電化村落住民が太陽光発電システムの効用について **confidence** が持てるようになれば、中流層でもそういったシステムを導入しようという動きが出てくるであろう。また、住民が知識を持っているため持続可能性も高まり、SHS の導入がスムーズに進む環境がつくられる。この BCS は太

陽光発電の技術を普及させるためには適したシステムであるが、地方電化の最終形ではなく、やはり多くの住宅が太陽光発電システムを所有し、照明やラジオ・テレビなどを利用できるという状態にもっていくことを最終的な目標とすべきである。したがって、そのために次のステップ（＝第2期プロジェクト）についても早めに着手する必要がある。現在、ウガンダでSHSの普及を阻害している要因としては以下の点があげられる。

- ①太陽光発電についての知識が農村部には蓄積されていない
- ②商品価格が高い
- ③中流層向けのファイナンスメカニズム（長期分割払いなど）が存在しない
- ④近くに販売店がなく部品などの供給に支障がある

このうち①と④についてはBCS設置によって解決できると考えられる。未電化農村の多くに多目的なBCSが設置され、それを住民が充電用に利用しながら学習していくというシナリオであり、また、こういった需要が拡大すれば新しい機材販売業者も生まれてくるであろう。したがって、残る問題は②と③の資金がらみの課題である。

（1）SHS 価格の引き下げと資金メカニズム

SHS 価格の引き下げのアイデアとしては、第一に、太陽電池パネルを無償資金により供与するという方法が考えられる。わが国は過去にモンゴルに対してノンプロ無償によって太陽光発電機材を供与した実績がある。ウガンダ政府は援助された太陽電池パネルを販売業者に一定の価格で払い下げることで、SHS 価格を大幅に引き下げるとともに、得られた代金を地方電化基金に組み入れてプロジェクト費用に利用できる。現在、ウガンダ政府は地方電化基金から販売業者に対する補助金交付を行っているが、わが国からの機材の無償供与は地方電化基金への直接的な資金供与以上の効果を発揮できるであろう。

このほか、長期低利資金をウガンダ政府に貸し付け、政府が太陽電池パネルを直接購入して販売業者に支給するという方法も考えられる。現在、実施されている販売業者に対する補助金交付を直接的な機材提供に変更するということである。この方法であれば、太陽電池パネルを大量に購入できるため単価は下がり、また、販売業者は太陽電池パネル調達のための自己資金が不要となり、資金繰りがしやすくなる。

さらに、わが国では今後大量に発生する中古太陽電池パネルの活用も検討に値する。わが国では1980年代からさまざまな太陽光発電システムが実験され、導入されてきた。このうち、短期間で撤去されたものもあったが、住宅用に設置されたシステムはほとんどが現在まで利用されてきたはずである。しかし、こういった住宅も建替え時期を迎えているも

のがあり、建替えが行われれば太陽光発電システムが撤去され、まだ十分使用可能である（理論的には太陽電池の寿命は半永久的といわれている）太陽電池パネルが廃棄されるか中古品として流通することとなる。わが国に設置されている太陽光発電システムは約1500MWと推計されており、これが平均30年の寿命を持つと想定しても、年間50MW程度の太陽電池パネルが廃棄される。これを50WのSHSに再活用できれば100万台分となる。わが国ではすでにそういう中古パネルを販売するビジネスもスタートしている。したがって、こういった中古パネルをアフリカで再活用できる可能性が出てきている。わが国からアフリカへの中古車輸出がビジネスとして成功していることも参考になる。このためには、わが国の太陽電池メーカーからの協力を得て、廃棄されるパネルの性能確認などを実施するとともに、アフリカにおけるビジネス支援といった観点からの融資制度の適用やビジネス立ち上げのための専門家派遣などの支援を行うことが考えられる。

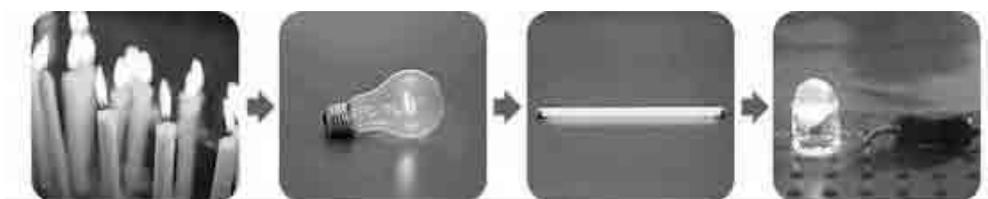
価格水準と同様に重要なテーマであるファイナンスモデルについては、消費者ローンの返済期間の長期化が必要であり、このためには長期化に伴う地元金融機関のリスク負担を軽減することが必要となる。条件の緩いコミュニティ開発型融資をウガンダの地方部に浸透している小規模金融機関を窓口として実施することなどによって、現在の最大2年という枠組みよりも長い5年程度の分割払いを実現することを検討する必要がある。

（2）ソーラーランタンの普及への対応

以上のようにSHSの普及については、さまざまな手法を組み合わせる必要があるとあり、ある程度の時間がかかることを覚悟しなければならない。これに対して、SHSに先行して普及すると予想されるのが中流層でも購入可能な価格のソーラーランタンである。これはミニサイズの太陽電池パネルを使った可動式SHSと言えるものであって、最低限の照明や携帯電話充電が可能で\$50程度で販売されているものが多い。LEDの実用化によってわずかな電気エネルギーで長時間の照明を行うことが可能となったため、照明と携帯電話充電だけでよいと考えるユーザーはSHSではなくソーラーランタンでニーズを満たすことができ、その潜在的な市場規模は大きいと予想される。

参考：LED 照明

数年前までは実用化されていなかった LED が小型照明用途に普及しはじめており、アフリカの市場にも中国製品などが出回り始めている。この LED 技術を利用すれば蛍光灯に比べて大幅な（数分の 1 の）消費エネルギー削減が可能であり、しかも寿命が 20,000 時間以上と極めて長いことから、SHS の充電負荷も減り、ランプ交換も必要なくなるため 10W クラスの小型 SHS やソーラーランタンが十分に実用的なものとなる可能性が出てきている。



照明技術の進化（蠟燭—白熱灯—蛍光灯—LED）

これに対して SHS は照明以外の用途にも使えるということが利点であり、テレビや電動器具などを利用したいユーザーが購入すると予想される。現在のところソーラーランタンはまだプロトタイプ的な商品で、さまざまな仕様のものが市場に出始めた段階であり、今後、多くの海外メーカーが参入し、製品開発を競うことが予想され、消費者の支持を受けた製品が販売を伸ばすことであろう。特に、太陽光発電機器市場に進出しつつある中国やインドのメーカーは、途上国におけるニーズをよく理解して小型で機能をしばった安価な製品をつくり、途上国での市場開拓を進めようとしている。ウガンダにもそういった製品を取り扱う新興の業者が現れている。したがって、従来からの欧米メーカー機材を利用したオーソドックスな太陽光発電システムに代わって、途上国向けのコンセプトに基づく中国、インド製品がウガンダの国内市場でのシェアを高め、太陽光発電関連商品の多様化、低価格化が進行していくことが予想される。低価格であるソーラーランタンについては特別な資金メカニズムは必要なく、政策的な対応としては、製品の性能や信頼性が不十分なため一般消費者の太陽光発電に関する不信感が生まれることがないよう、市場に出回る製品の検査、認証を行うことなどが考えられる。

このような方向性から、第 2 期モデルプランでは、未電化村落における太陽光発電に関する知識基盤の整備と太陽光発電機器の市場の動向を見極めつつ、ソーラーランタンや SHS を異なるセグメントに導入していくという多角的な対応が必要となるであろう。村落に知識ベースができて潜在的ユーザーが覚醒されれば、太陽光発電システムを販売するビ

ビジネスを起こそうという動きも活発化してくるはずである。そうなった段階で事業化支援のための新たな援助プログラムを考案し、推進することで地方電化は加速されていくことであろう。

(3) 第2期におけるBCSの役割

第2期ではSHSやソーラーランタンの普及が始まり、それに伴ってBCSへの需要が低下することが考えられるが、逆に、BCSによって新たに低所得者層での自動車用バッテリーの利用が拡大し、充電需要が増加するという可能性もある。このように、BCSについては安定的に需要が確保できるものではなく、今後の状況変化によって設置した村落としてのニーズは変化するであろう。長期的に需要が低下し、設備として過大であると判断される場合には他の未電化村落への移設を考慮することが一案であり、また、太陽電池パネルを生かして照明用など通常の発電システムとして活用することも可能である。太陽電池パネルは非常に長寿命であり、再利用すべきものである。このため、BCSの設計に当たっては解体、移送も想定しておくことが必要である。

5-3. モデルプランの持続可能性

以上述べてきたモデルプランについては、第1期は第2期の前段階の作業であり、両者は連続的に実施されることが必要である。その持続的可能性を要約すれば以下の通りである。

太陽光発電システムの維持管理に必要な「技術」については、基本的にはSHSやBCSの場合には難しい操作や維持管理手法は必要なく、BCSを使っていく過程でほとんどの人が理解できるであろう。第1期モデルプランによって設置されるBCSがうまく立ち上がり、村落内に太陽光発電技術について詳しい人が何人か育てば、技術的なトラブルは村落内で解決できるようになると考えられる。

次に「資金」についてであるが、BCSの利用者は1回の充電ごとにその料金を支払う。携帯電話の場合には500Ush(\$0.3)、自動車用バッテリーの場合には1,000Ush(\$0.6)が一般的であり、こういった経常的料金収入によってBCSの維持管理費用(人件費、維持費など)をまかなうことが基本となる。したがって、設置する村落での需要予測に基づき設置規模を決定し、予定される収入に基づき運営プランを作成する必要がある。なお、携帯電話については充電専用の小型太陽電池パネルが普及する可能性もあり、また、他の商店などで同様のサービスを行う可能性もある。そういった場合にはBCSでの利用者は減少し、料金収入が計画を下回るというリスクがある。

「組織体制」については、第1期モデルプランのBCSについては多くのユーザーへの対応が必要なため最も重要な項目であり、いくつかの選択肢が考えられる。Institutional Systemと複合したBCSであれば、その公共施設の業務の一部として運営できる可能性があるが、施設の本来業務への支障となるという懸念もある。モデルプランとしてこのようなシステムを多数展開する計画であれば、村落共通の財産としての管理運営を基本として、具体的な運営手法をマニュアル化し、それをもとに設置場所の条件に対応して組織化を行い、その運営をサポートするという外部組織を別途育成することも必要であろう。第2期に入れば、村落内で太陽光発電システムの本格的な利用が始まると考えられ、これに対応したビジネスを起こそうという動きも活発化してくるはずであり、販売業者によるサポート体制は充実していくと予想される。

5-4. モデルプランに関するわが国の対応可能性

既に述べたとおり、わが国では独立型太陽光発電システムに関する技術・ノウハウの蓄積は限られており、そういった分野に経験豊富な人材も非常に少ない。このため、モデルプラン（第1期）によるBCSの多数設置を実施する場合には、施設の設計、施工監理、さらに技術指導や組織整備などのさまざまな業務を確実にこなせる人材の確保について慎重に検討する必要がある。外国人コンサルタントの活用や地方電化の経験が豊富な途上国の人材を活用することも検討すべきであろう。また、太陽光発電利用の地方電化の経験が豊富なアジア諸国における事例紹介や現地を訪問しての研修などは有効と考えられる。

さらに長期的な視点に立てば、今後、わが国として、こういった太陽光発電関連のプロジェクトに取り組む必要性がさらに高まると予想されるため、太陽光発電を理解し途上国に指導できるコンサルタント、NGO、ボランティアを国内において育成していくことも視野に入れるべきであろう。そのためにはこういった人々が途上国における太陽光発電を学べるフィールドづくりが重要であり、また、こういった分野に長期的に取り組みたいという組織や人材の定着を図るために継続的に安定した業務が確保される環境をつくることが重要である。

第6章 小水力発電

6-1. 途上国における水力開発

6-1-1. 水力発電の区分

水力発電所建設は河川の流量と地形から得られる落差という自然条件をもとに発電に有望な地点を選定して、発電所と送電線を建設するという事業である。水力発電所計画では地点ごとにその条件（水量、落差、地形など）に基づき基本計画を作成し、各設備の設計作業を行う必要があり、これは小規模な発電計画であっても同様である。まさに、自然相手のオーダーメイド事業である。これに対して、製品として規格化されているディーゼル発電については、必要とされる技術的作業は大幅に簡略化される。また、同じ再生可能エネルギーではあるが、市販されている機材の利用と基本とする太陽光発電システムとも異質な事業である。

水力発電所は未利用の再生可能エネルギー資源を有効に利用するものであり、その開発は化石燃料に依存する火力発電と比較すれば優先されるべきであるが、開発地点が山岳地帯にあるため困難な工事になりがちで、長期の建設期間と多額の建設費用が必要であるという事業としての難しさがある。一般に水力発電は以下のように分類され、小水力(small hydropower)は出力 10MW 以下のものを指す²⁷。1MW 以下についてはさらに細かく区分される。

大水力	—————	100MW 以上
中水力	—————	10MW～100MW
小水力	—————	10MW 以下
ミニ水力	……………	100kW～1MW
マイクロ水力	……………	100kW 以下
ピコ水力	……………	数 kW 以下

本研究で対象としている小水力発電は大型の水力発電所と同じく河川のエネルギーを利用して発電を行うものであり、技術体系は共通であるが、規模が小さいことから利用される設備や技術について簡素化、合理化できる部分がある。

²⁷ ウガンダでは 20MW 以下を小水力と定義している。

6-1-2. 電力系統連系と独立型水力発電

途上国における水力開発は国内の電力需要増に対応した供給力確保を目的とする場合がほとんどであるが、一部の水力資源に恵まれている国では電力輸出を目的として開発されるケースもある。このなかで、小水力発電については、大きなダムを必要としないため工事は比較的容易で、自然環境の改変が少なく環境負荷の面でも利点があり、中小規模の投資家にとっては好ましい案件となる。水力発電所は通常は既存の電力系統に接続することを目的として開発されるが、電力系統が未発達であれば地元への電力供給を目的として独立運転を前提に開発される場合もある。この場合には、代替手段である送電線延長やディーゼル発電所建設よりも有利と判断されることが前提である。このような独立型水力発電所の場合には、年間を通じて電力需要に対応できる一定の発電量を確保することが必要であり、雨季と乾季がある地域では乾季にも発電に必要な河川流量が得られる場所でなければならない。これに対して、系統連系される水力発電所であれば発電力が不足した場合には他の電源でカバーすることが可能であり、計画の制約条件は緩和される。また、独立型水力発電所については電力供給区域内での完結した電気供給事業を成立させなければならない。需給バランス、運転・保守体制の整備、料金徴収事務など小規模ながら電気事業を運営するためのさまざまな課題に取り組まなければならない。こういった非技術的な要素まで含めたプロジェクトという難しさがあることから、独立型水力発電は工学的な技術と社会・経済的な技術の融合を必要とする高度なプロジェクトであると言えよう。

一般的に途上国において、基幹電力系統が届いていない人口数万人程度までの地方中心地を独立型水力発電所によって電化する場合には、家庭用、産業用の需要規模に見合った1~5MWクラスが開発されるケースが多い。この規模であれば比較的大きなプロジェクトとなり、電気事業経営という点を考慮しても事業化が可能ということである。これに対して、未電化地域におけるコミュニティの電化を目的とする数百kW以下のミニ水力、マイクロ水力であれば、発電所建設後の電気供給事業運営のウエイトが増大するため、投資案件としては逆に難しくなり、政府やドナーの支援を必要とすると考えられる。

6-1-3. コミュニティ開発用の独立型小水力発電

農村地域でも農産品加工や紡績などの工場が立地している場合、工場用電力供給のためにミニ(マイクロ)水力発電所を開発し、同時に周囲の住宅の電化も行うという手法は古くから用いられてきた。太陽光発電による電化と比べて、水力発電の場合には産業用(業務用)の動力用電力を供給可能であるということが大きな違いであり、地域にある水力資源を有効に活用した電化率の向上と地場産業(rural enterprise)育成の両者を実現する総合的コミュニティ開発振興事業として実施することができる。そういった事業を実施しようとする場合には、以下のような条件を評価しなければならない。

- ①当該コミュニティの電化の優先度が高く、しかも業務用の動力用電力が必要
- ②代替手法であるディーゼル発電などよりも経済性が高い
- ③地元の開発意欲が強く、発電所運営への参加が可能である
- ④国内技術力育成など、開発による波及効果、副次的効果が大きい

このうち経済性については、最近の燃料価格の高騰や長期的な上昇トレンドから中長期的には水力発電がディーゼル発電と比較して有利となる傾向にある。また、環境問題からも再生可能エネルギーの価値が高く評価されるようになっており、地球温暖化対策として国際的に認められているClean Development Mechanism(CDM)の手法も適用可能である。また、地元主導の開発計画でなければ進まないことから、地元関係者の意欲、熱意は重要である。さらに、開発の副次的効果については、調達した発電機を設置するだけのディーゼル発電に比べて、地点調査から計画作成、製作・施工、運転などについて総合的な技術体系を必要とする水力発電を開発することによる国内技術力強化への貢献といった点は重要である。小水力発電であっても大規模水力と同じプロセスで開発されるため、その経験は応用範囲が広い。

6-2. わが国における独立型小水力発電技術

6-2-1. 独立型小水力発電の技術体系

小水力発電であっても通常の水力発電の技術体系と基本的には同じであり、取水設備、導水設備、水圧管路、水車、発電機、制御装置、送電設備といった一連の設備を設計し、設置する。このため、土木技術や発電用の諸装置にまたがる幅広い分野の専門知識が要求される。その基本的な技術体系を次に示す。

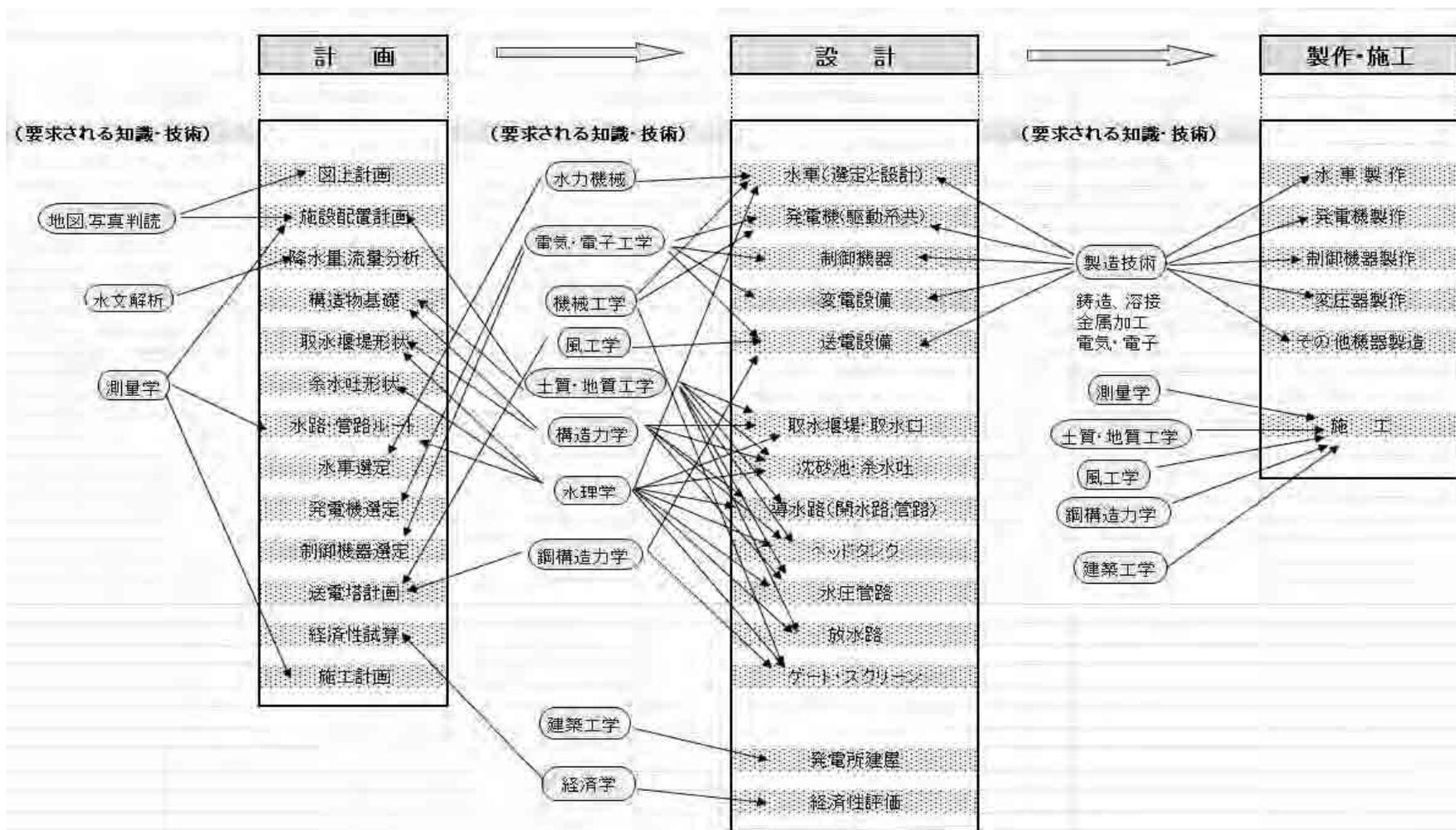


図 6-1 水力発電技術体系

6-2-2. わが国における技術蓄積

わが国においては電力系統規模が大きいため、新規電源として計画されるのは大型の発電所である。このため 1970 年代の石油危機までは、大規模火力発電や原子力発電との比較から小水力発電の必要性は低く、その積極的な開発は行われず、地方自治体の公営電気事業などが中心となって断続的に開発が続けられてきただけであった。しかし、石油危機以降、国内未利用エネルギー資源の有効活用という観点からその価値が再認識されるようになり、また、近年は地球温暖化対策という要素も加わり、再生可能エネルギーである小水力開発に注目が集まっている。そうした中で 2002 年に制定された **Renewables Portfolio Standard (RPS)** 制度によって、各電力会社は一定割合で再生可能エネルギーの導入を義務づけられ、水力については水路式の 1MW 以下の発電所が対象とされた²⁸。こういった推移をたどって小水力の開発は続けられてはきたが、それは電力系統に連系して電力会社への売電を目的としたものであり、独立型の小水力発電所は自家用発電所などのごく少数の例しかなかった。

途上国でも電力系統に連系する水力発電であれば、用いられる技術は基本的にわが国で用いられている技術と大差ない。大規模な水力発電所であればほとんど全ての設備が先進国から輸入されたものとなる。しかし、未電化農村地域において独立型小水力発電を利用して電化を行う場合には、単独の電力系統として運転されるため運転員による操作がしやすくなければならず、また代替手段であるディーゼル発電との比較から低コストの技術が求められる。このためにはこれまでのわが国の技術蓄積だけでは対応できない部分もあると考えられ、一部の関係者によって将来の途上国への援助プロジェクトを想定して、建設や運転が容易で途上国に適用可能な独立型小水力発電の関連技術の検討が 1990 年代後半から開始された。以下に NEF（新エネルギー財団）が実施した途上国向けの独立型小水力発電技術実証プロジェクトの概要を示す。このプロジェクトでは、設備の大幅な合理化、簡素化、海外資機材利用などの実証的研究が、実際に途上国で小水力発電所を建設して行われた。このなかで、電力需要変動に影響されず発電機を安定的に運転するためのダミーロード制御技術²⁹が検証され、途上国の農村地域でも技術者に頼らず小水力発電所を運転するために必要不可欠な技術として広く認識されるようになった。

²⁸ 水力のほか、風力、太陽光、地熱、バイオマスによる発電が含まれる。

²⁹ ダミーロード制御とは、発電した電気の余剰分を検知してダミーロード（ヒーター）に自動的に流すシステムであり、この結果、実際の電力負荷とダミーロード負荷の合計が一定となり、発電機は安定的に運転される。

表 6-1 新エネルギー財団による途上国向け小水力技術実証事業

サイト (国)	出力 水車形式	主な実証項目
Kotaway (インドネシア)	93kW Crossflow	土木設備合理化 ダミーロード制御
Nam Mon (ラオス)	70kW PAT ³⁰	土木設備合理化 PAT ダミーロード制御
Na Cha (ベトナム)	120kW Turgo	土木設備合理化 Turgo turbine
Mahagnao (フィリピン)	65kW Crossflow	土木設備合理化 インドネシア製水車

6-2-3. わが国の援助実績

わが国による途上国への独立型小水力発電に関連した援助実績は表 6-2 に示すとおりである。これらのほとんどが、わが国の技術に基づき設計、製造された小水力発電設備を無償援助で供与したものであるが、唯一の例外はベトナムにおけるマイクロ水力発電所 (Mai-Theu 発電所、2004 年完成) の事例である。これは JICA 開発調査の地方電化パイロット事業として、ベトナムの水力機器メーカーの技術を活用し、全て現地で調達した機材を用いて建設されたもので、ローカル技術の活用による大幅なコストダウンと地元住民による自主運営組織の構築による持続可能性を実証するものであった。この事例は単に小水力発電所を建設するという援助ではなく、コミュニティ開発のための持続可能な独立型小水力発電のモデルを目標として、運転組織づくりや料金設定など運営まで含めて住民参加によるプロジェクトとして実施したものであり、コミュニティ参加、ローカル技術活用といった考え方を導入した例である。この発電所はダミーロード制御方式で地元住民によって運転されている。ベアリングなど消耗品の入手については自主運営組織がベトナム国内の業者と連絡をとって対応している。こういったアプローチは今後の類似の援助案件に活用できるであろう。



発電所名	Mai-Theu (ベトナム)
最大使用水量	30 l/s
総落差	60 m
最大出力	10 kW
水車形式	Turgo

³⁰ ポンプ内の水流を逆向きにして逆回転させ水車として利用する技術 PAT とは pump as turbine の略

表6-2 わが国による小水力発電施設支援実績

No	相手国	地域名	地点名	実施年	使用水量 (m ³ /s)	有効水頭 (m)	出力 (kW)	水車型式	発電方式	ガバナ制御 方式	裨益世帯数	備考
1	ブータン(I期)	Tongsa 等		'86-'87	不明	不明	20~70	クロスフロー	流込み	不明	各 25~95	一般無償 マイクロ水力 10 基(クボタ製)
2	ブータン(II期)	7 県		'90-'92	不明	不明	200×3	不明	流込み	不明	不明	一般無償 ミニ水力 3 基(各 100kW×2)
3	インドネシア	ア チ ャ 州	ルルブ村	1997	0.43	82.5	250	ポンプ逆転	流込み	ダミーロード	約 1,070	一般無償
4	ラオス	ルアンパハン県	Nam Mon	2000	0.55	18.1	70	ポンプ逆転	ダム水路式	ダミーロード	469	NEF
5	インドネシア	ランブン州	Kotaway	2001	0.57	36.8	93	クロスフロー	流込み	ダミーロード	450	NEF
6	ベトナム	ソ ン ラ 省	Na Cha	2001	0.30	52	120	ターボ	流込み	ダミーロード	552	NEF
7	フィリピン	レ イ テ 州	Mahagnao	2002	0.53	25.2	65	クロスフロー (T-13)	ダム水路式	ダミーロード	308	NEF
8	ベトナム	ホ ア ビ ン 省	Mai-Theu	2004	0.03	総落差 60	10	ターボ	流込み	ダミーロード	75	JICA 開発調査
9	カンボジア	モンドルキリ州	オモレン	2005	0.94	20.5	130	クロスフロー	流込み	ダミーロード	1,650	一般無償
			オロミス	//	0.70	28.0	130	クロスフロー	流込み	ダミーロード		一般無償
			プレダクデュエル	//	1.10	15.5	110	クロスフロー	流込み	ダミーロード		一般無償
10	バヌアツ	サ ン ト 島	サラカタ川	2007	2.90	27.3	600	横軸フラン シス	流込み (既設改修)	ELC	ルガンビル市	一般無償 第 3 期(出力計 1,200kW)

6-3. 他のドナーによる独立型小水力発電の事例分析

アフリカにおける独立型小水力電開発に関する支援は世銀, UNDP, UNIDO, GTZ 等の援助機関により実施されている。ここでは、今回研究の調査対象国であるケニアとウガンダにおける事例を紹介する。

6-3-1. ケニアにおける事例

(1) Tungu-Kabiri マイクロ水力

UNDP/GEF の資金援助を利用して、ケニア政府³¹と英国系 NGO の Practical Action (旧 ITDG) が 1998 年～2002 年に Tungu 川の Mbuiru 村に設置した裨益対象 300 世帯 (1,800 人) のマイクロ水力発電所である。電力は一般家庭の照明等の他、小規模事業用として溶接、理髪店、携帯電話充電、ビデオ上映等に利用されており、将来的には製粉、冷蔵庫、揚水ポンプ、油絞り、タバコ葉の乾燥等の用途が見込まれている。Practical Action はこのようなコミュニティ開発を目的とした独立型小水力発電に関する実績が豊富である。



発電所名	Tungu-Kabiri (ケニア)
最大使用水量	0.2 t/s
総落差	13 m
最大出力	18 kW
水車形式	Crossflow

(2) ピコハイドロ発電

この他、Practical Action がケニアで実施したピコ水力発電案件の事例としては以下の2件がある。これは英国のNottingham大学との共同事業として、ピコ水力技術のケニアに対する普及を目的に行われたものである。地形や水量に恵まれた場所であれば、このようなごく小規模の水力発電が簡単に設置でき、そのメリットは大きい。

1) Kathambaプロジェクト (湧泉水源)

- ・ 裨益対象 ; 50世帯 (照明1~2、コンセント)
- ・ 制御器 ; ダミーロード バラストは調理用電熱コイル (2kW)

³¹ Ministry of Energy, Renewable Energy Department



発電所名	Kathamba (ケニア)
最大使用水量	8.4 l/s
有効落差	28 m
最大出力	1.1 kW IMAG ³²
水車形式	Pelton

2) Thimaプロジェクト (流れ込み式)

- ・裨益対象；157世帯（照明1~2、コンセント）
- ・制御器；ダミーロード バラストは調理用電熱コイル（1.8kW×2）



発電所名	Thima (ケニア)
最大使用水量	18 l/s
有効落差	28 m
最大出力	2.2 kW IMAG
水車形式	PAT

(3) Kibai 村 Energy KIOSK

UNIDO が設置した太陽光発電とピコ水力発電機を組み合わせた充電サービスセンターであり、同時に電力をバッテリーに充電したのちインバータによって交流電源を取り出し、その電力によって稼働するテレビ視聴設備、パソコン利用設備や小規模な生産用機器利用の実証設備を併設している。ここでのサービス/実証内容は次の通りである。

- ・ 携帯電話、ランタン（LED ランプ）の充電
- ・ コミュニティセンターにおける衛星アンテナ付き TV
- ・ ICT センターにおけるパソコン利用（携帯電話利用でインターネット接続可能）
- ・ 孵卵器、家庭用ジュース

³² 市販モーターを改造して発電機として利用する方式 IMAG とは Induction Motor as Generator の略

- ・ 石鹼製造用の攪拌機（モーター駆動, 消費電力 300W）
- ・ 小型製粉機（モーター駆動, 消費電力 1.1kW）

視察時には多数の携帯電話が充電中であった。充電料金は 150 Ksh (\$2.0)／月の定額であり、この施設の設置に関する住民負担については、一括支払いの場合は 2,000 Ksh (\$27.3)、割賦払いの場合は 250 Ksh (\$3.4)×10 回である。

ピコ水力発電に関しては、発電所の上流約 200m（導水管延長）の位置にコンクリート製の取水堰を設けて内径 4 インチの鋼管にて導水し、発電所建屋手前で同径 2 分岐させてタービンに導き、有効落差 20m をもって 1kW×2 の発電を行うものである。タービン/発電機は中国製であり、ダミーロード制御技術を用いて常時運転している。補修作業等は UNIDO が実施し、パーツ類は必要に応じて米国より取り寄せているとのことであった。



(4) Mbuuni 村 Energy KIOSK （参考）

UNIDO が設置した Energy KIOSK のひとつで、地元で産するひまわり油を燃料とするディーゼル発電機（バイオディーゼル）による電化の試みである。発電機は始動時のみ軽油を燃やすもので、中国製ディーゼル発電機の燃料系統配管に手を加えて使用。運営は地元の Mbuuni Sunflower Farmers Self Help Group が行っている。サービス内容は次のとおりである。



- ・ 携帯電話、ランタン（LED ランプ）及び自動車用バッテリーの充電
- ・ 電源を利用したパソコン利用など

視察時には多数の携帯電話が充電中であった。充電料金は自動車用バッテリーについては 50 Ksh (\$0.7)／回、それ以外は一律 20Ksh (\$0.3)／回である。

6-3-2. ウガンダにおける事例

ウガンダでは独立型小水力プロジェクトとして、Kisiizi ミニ水力発電所が世銀 ERT の支援を受けて建設中であり、また Bwindi マイクロ水力発電所が GTZ によって建設準備中である。

(1) Kisiizi ミニ水力

ウガンダ南西部 Rukungiri 県 Kisiizi 地区にある Kisiizi 病院は Church of Uganda により 1958 年に設立された私立病院である。現在、病院とその職員住宅向けに出力 65kW のマイクロ水力発電を設置して自家利用しているが、近年の電力需要の増大により、たびたび計画停電を余儀なくされる事態が生じていた。最寄りのグリッドからは 25km 以上離れていることから、新しい発電所を建設して出力を増強し、かつ周辺地域への配電も行うとするものである。英国から技術コンサルタントを雇って建設を行っており、総建設費は\$820,000、このうち世銀 ERT プロジェクトからの補助金が\$620,000、残りを Kisiizi 病院が負担している。旧設備（ターゴ水車、65kW 発電機）はバックアップ用として残存する予定である。必要資機材のうち、水圧鉄管（鋼管、内径 800mm/肉厚 8mm）はタンザニアから、変圧器（415kV/11kV）はカンパラにある韓国メーカーからそれぞれ調達し、流量調節用ゲート（鋼製）はウガンダの国内メーカー製である。

発電所名	Kisiizi (ウガンダ)
最大使用水量	1 t/s
総落差	39.3 m
最大出力	300 kW
水車形式	Crossflow

この Kisiizi 発電所については、発電設備等の管理運営や需要家との対応など全て Kisiizi 病院が新たに設立する会社組織で運営を行うことになっている。電力ユーザーの筆頭は Kisiizi 病院であるが、他に発電所から半径 2km 以内に位置する、寄宿学校、公共施設など 10 施設、小規模商工業者約 200 並びに一般世帯約 400 の計 600 以上の顧客を対象とする予定である。今後、必要な人員を新規に雇用し、運営費用は電気料金収入で賄う計画である。独立型水力発電ではこのように運営組織の機能を整備することが重要であり、出力が 100kW 程度以下のマイクロ水力であっても、責任ある運営組織を構築しなければならない。

(2) Bwindi マイクロ水力

ウガンダ南西部 Kanungu 県の Bwindi Impenetrable National Park におけるローカルエネルギー利用のモデルプロジェクトであり、当初は UNIDO により計画策定されたが、現在は GTZ

が推進している。GTZは2007年3月より一連の計画・設計作業に着手、2008年7月時点でタービン発注とコントラクター契約を完了し、8月中旬に着工の計画である。GTZはこのようなコミュニティ開発を目的とした独立型小水力発電をアジアでも多数建設した経験を有する。

発電所名	Bwindi(ウガンダ)
最大使用水量	0.4 t/s
総落差	21 m
最大出力	60 kW
水車形式	Crossflow

本案件は、対象地区の幹線道路沿い延長5kmのうち当面2kmの範囲を対象として、一般家庭57世帯に各3個の電灯を設備し、他に既存のインターネットカフェ1箇所、50床のヘルスセンター、12室のゲストハウス等に電力を供給するものである。将来的には、理髪店、娯楽センター、レストラン・バー等を含む123の顧客にサービスを拡張するほか、10箇所のツーリストキャンプ、Uganda Wildlife Authority (UWA)スタッフ居住区並びにリソースセンターもサービス対象とする予定である。料金は、一般家庭が最大100Wの制限付きで5,500 Ush (\$3.3)/月の定額制、その他小規模事業者は400 Ush (\$0.24)/kWhの従量制という計画である。運転要員確保については、現地で選抜された候補者を対象として建設期間内に運営・保守管理に関する訓練を施し、運開時に正規採用として上記業務に従事させるとしている。

(3) ピコ水力発電機

このほか、GTZではアジアで普及している超低落差用のプロペラ式ピコ水力発電機がウガンダでも利用可能と考えており、その装置の実証試験を準備中である。この発電機はプロペラ水車と永久磁石式発電機を一体化した装置であり、わずかな水量と低落差(1m~2m)でも発電できる。発生する電力は220V/ACであり、出力200W、500W、1kWといったサイズのもが入手可能である。この発電機の最大の特徴は、構造が単純(したがって製造・保守が容易)で移動も容易であり、据え付けもローカルな技術で可能であるという点である。簡単な支持構造により据え付けた後は自動的に運転される。ただし、水量の変動があると運転が不安定になりがちであり、また洪水時には水没、流失する危険性が高い。特に200Wクラスの小型機はアジアでは\$100以下で入手可能であり、個人用発電機として広く普及している。この技術はアフリカでも普及する可能性があり、また、鋳造によるプロペラ水車製造の技術があれば国内製造も可能と考えられる。

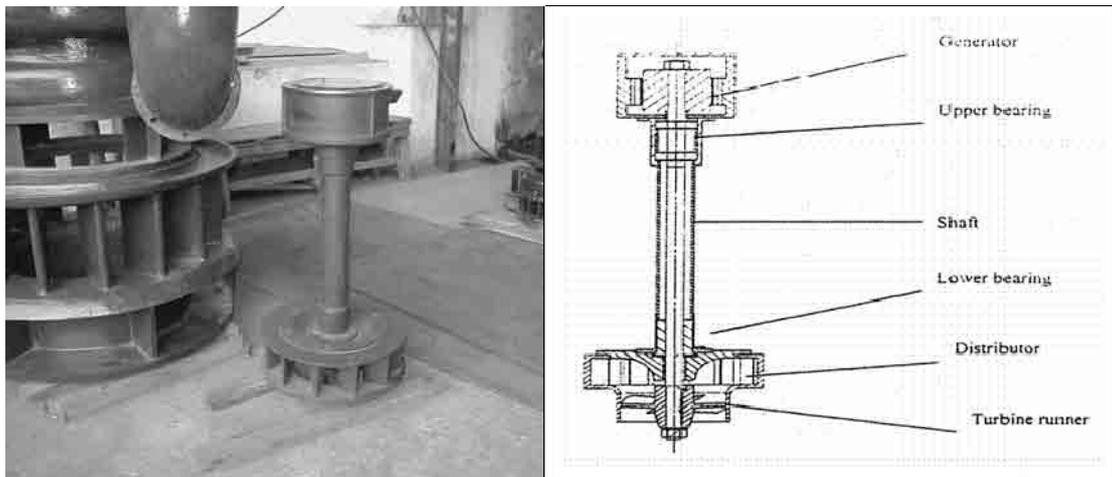


図 6-2 プロペラ式ピコ水力発電機

(4) Dirigana マイクロ水力

Sironko Valley Integrated Projects によりウガンダ東部 Sironko 県 Dirigana 地区に計画されたマイクロ水力地点である。当初計画では上流サイトに 68kW 及び下流サイトに 285kW のポテンシャルが見出され、UNDP の支援により F/S が行われ、現在は資金問題など開発計画を検討中である。第 1 期として上流部の開発を計画しており、2 つの sub-county を電力供給対象範囲としている。これも地元からの要請によって計画が進められている地点であり、推進母体となっているのは学者、技術者などが中心となっている EAST African Energy Technology Development Network (EAETDN) – Uganda という組織である。

6-4. ウガンダにおける独立型小水力開発の可能性

6-4-1. 小水力ポテンシャル

アフリカの赤道地域はインド洋側を除けば降雨量の豊富な地域であり、ウガンダもこのような気候帯に属し、降雨量に恵まれている。ここでは、ウガンダにおける小水力ポテンシャルを ①地形、②降雨量の観点から評価する。

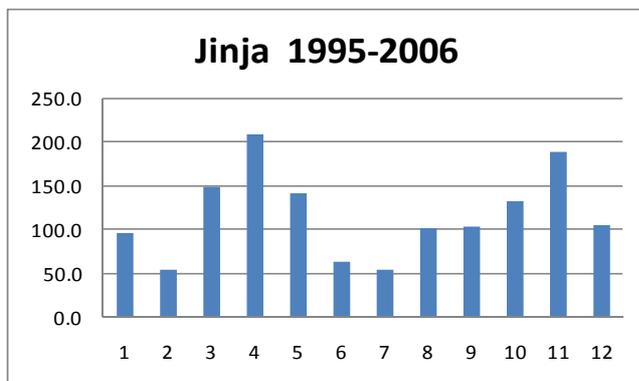
6-4-2. 地形

ウガンダの地形（資料-1 図-2 参照）は、西部にあるアルバート湖周辺とこれに続く北西部のナイル川沿い及びビクトリア湖周辺並びにビクトリアナイル沿いに低平地が分布する他は、殆どが山岳丘陵地帯である。比高は、北西部のナイル川以西、北東部～東部（エルゴン山周辺）、西部（ルウェンゾリ山周辺）～南西部が大きく、ビクトリア湖周辺並びにチヨガ湖周辺で小さいことが地形図から読み取れる。

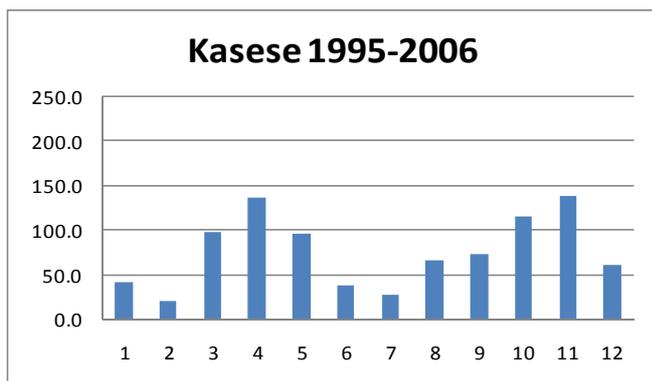
6-4-3. 降雨量

ウガンダの各地域における降雨量は概ね次のとおりである。(資料-1 図-3 参照)

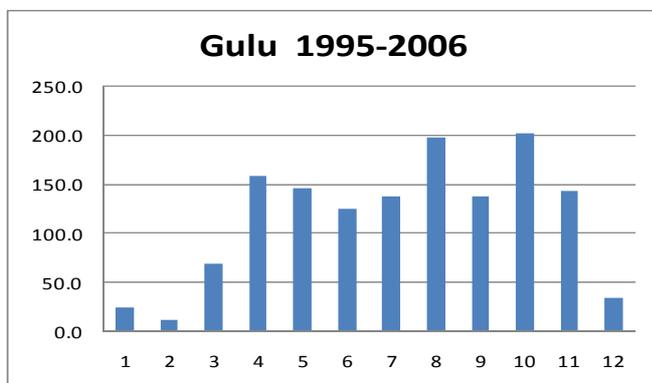
- ①ビクトリア湖流域および中央部地域；3月から5月と9月から11月にかけての2回の明確な雨季がある。年間降雨量は1,100mm～2,000mm



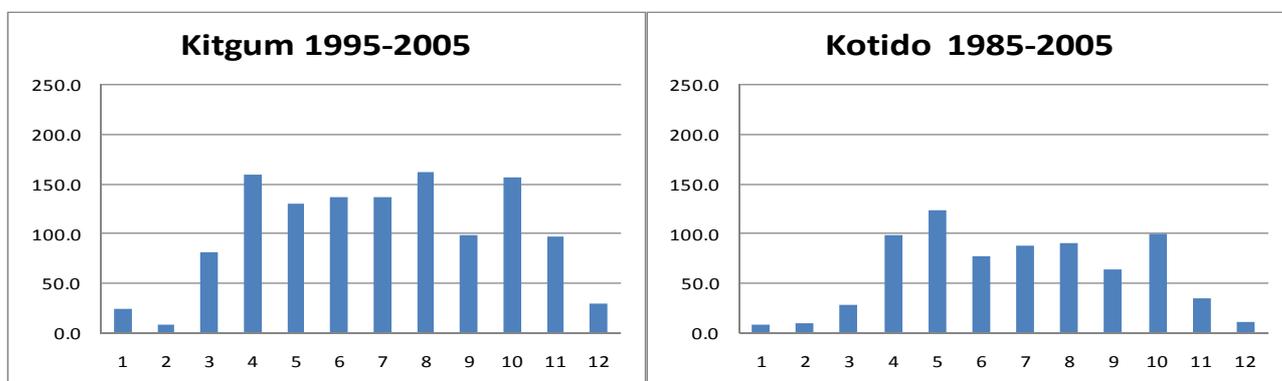
- ②西部および南西部地域；3月から5月と9月から11月にかけての2回の雨季があるが、降雨量はやや少ない。年間降雨量は900～1,600mm



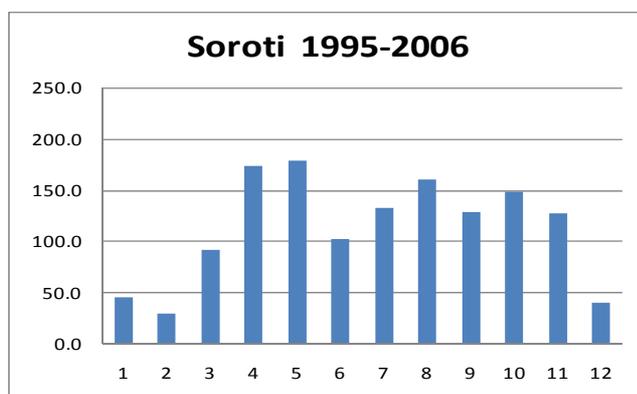
- ③北西部および北部中央地域；4月から11月にかけて雨季であり、年間降雨量は1,200～1,600mm



④北東部地域；降雨量は少なめで半乾燥から乾燥地域となっている。4月から10月にかけて雨季であり、年間降雨量は400～1,500mm



⑤東部地域；北部では雨季が1回、南部では2回という傾向を示す。年間降雨量は1,100～1,500mm.



6-4-4. 小水力ポテンシャル

以上から、ウガンダの中央部では降雨量が多いが丘陵地帯で勾配は少なく、これに対して国土の東側と西側、特に東北部にはおいては降雨量が相対的に少ないという傾向がわかる。したがって、小水力のポテンシャルが大きな地域としては、地形、降雨量、雨季と乾季の期間、といった点を考慮し、西側の国境に沿った山岳地域と東部のエルゴン山を中心とする山岳地域が最も可能性が高いと考えられる。

ウガンダでは20MW以下を小水力発電として定義しており、その開発については電力の固定買取り価格制度などの促進策を導入し、さらに2MW以下の小規模案件については許認可手続きを簡素化して、その促進を図っている。これは、こういった小水力発電の開発を加速して、電力供給力の増加、電力システムの拡大によって地方部での電化率向上につなげようという考え方によるものである。このため、こういった電力システムとの連系を前提とした50以上の小水力発電計画が出されており、その中には開発主体が具体化し、検討が進められている地点も多い。(表6-3参照)

表6-3 ウガンダにおける小水力計画 中案件

	地域	案件名/所在District	開 発 者(予定者)	設備容量 (MW)	
1	West	Kisiizi Hospital, Rukungiri	Kisiizi Hospital Power Ltd.	0.3	建設中 2008年末運転開始予定
2	West Nile	Nyagak HEP Project, Nebbi	West Nile Rural Electrification Company Ltd	3.5	建設中
3	West	Ishasha HEP Project, Rukungiri	Eco Power (U) Ltd.	6	建設準備中
4	West	Buseruka HEP Project, Hoima	Hydromax Limited	9	
5	West	Kikagati HEP Project, Isingiro	China Shan Sheng Industry International (U) Ltd	10	建設準備中
6	West	Nshungyezi HEP Project, Isingiro	China Shan Sheng Industry (U) International Ltd.	22	
7	West	Bugoye HEP Project, Kasese	Tronder Power Ltd.	13	
8	West	Waki (Masindi) & Muzizi (Kabarole) HEP Projects	Tronder Energi	Waki ; 5.1, Muzizi ; 1	
9	West	Nengo Bridge HEP Project, Rukungiri	Jacobsen Elektro AS	7.5	
10	East	Muyembe – Sirimityo HEP Project, Mbale	Mt Elgon Hydro Power Company Ltd	9	
11	East	Muyembe-SirimityoHEP Project	Eco Power (U) Ltd.	9	
12	West	Kakaka HEP Project, Kabarole	Eco Power (U) Ltd.	7.2	
13	West	R. Mahoma HEP project, Kabarole	Uganda Energy for Rural Development Ltd (UERD)	3	
14	West	R. Yeriya HEP project, Kabarole	Uganda Energy for Rural Development Ltd (UERD)	1	
15	West	Nyamabuye Mini-HEP Project, Kisoro	Uganda Sustainable Energy Company Limited	2.2	
16	West Nile	Adjumani Rural Electrification Project, Moyo	Adjumani Rural Electrification Company Limited	1	
17	West	Kyambura Gorge HEP Project, Bushenyi	South Asia Energy Management Systems	5.2	
18	West	Mpanga HEP Project, Kamwenge	South Asia Energy Management Systems	18	
19	East	River Dirigana micro-HEP, Sironko	East African Energy Technology Development Network	0.21	
20	West	River Rwizi mini-HEP project, Mbarara	Ntama Bamwine Hydroelectric Power Station Ltd.	1	
21	West	Haisesero HEP project, Kabale	Tangaza Tours	1	

出典：電力規制庁(ERA)

6-5. ウガンダにおける水力開発の位置付け

ウガンダはナイル川の上流域に位置しており降雨量にも恵まれ、国土のいたるところに水力開発に適した地点が多数残されている。ウガンダの水力資源はナイル川流域の大規模水力だけでも 2,000MW 以上と推定されており、現在建設中の Bujagali 水力発電所 (250MW) に続く多数の水力地点開発がこれから本格化する。また、ナイル川流域外にも数十か所の小水力候補地点が存在する。水力発電は今後、民生部門、産業部門で急増が予想される電力需要に対応し、同国の社会経済開発に必要な電力供給源となるだけでなく、将来的には東アフリカ地域への電力輸出による外貨獲得に貢献できる可能性も高い。こういったことからウガンダの経済発展のためには水力開発は非常に重要な課題である。

また、ウガンダでは地方部の電化率が低く、地方電化によって住民の生活改善と収入増加、通信アクセス、教育、保健などの社会サービスの充実、地場産業振興などを図っていく必要がある。電力系統から離れた未電化地域の電化を進めるためには、地域内に存在する水力エネルギー資源を活用した発電を進めることが有力な方策であり、地方電化を目的とした未利用小水力資源の開発利用も重要な開発課題である。このような小水力発電の例として、西ナイル地域で The West Nile Rural Electrification Company (WENRECO) のプロジェクトが世銀 ERT の資金援助を受けて進行しており、2 つの県に電力供給を行う 3.5MW の独立型小水力発電所 (Nyagak 水力発電所) が建設中である³³。しかし、こういった規模を下回る数百 kW クラスの独立型小水力発電の開発については、近隣の工場の操業に必要な電力供給を主目的として計画される場合などを除けば投資効率が低く、投資案件として民間ベースで行われることは難しく、電化と地場産業育成を組み合わせた農村部コミュニティの総合開発事業として政府やドナーからの支援が必要となると言えよう。

The private sector has shown strong interest in investing in small hydro especially if connected to the main distribution grid and if preferential tariffs are used. For isolated grids based on hydropower, the private sector can not offer affordable tariffs without a strong subsidy contribution from the government. (世銀ERT中間評価報告書より引用)

6-6. 独立型小水力発電の活用分野

独立型小水力発電の用途としては民生利用と産業利用に大別される。ウガンダの農村部においては、民生分野では照明、バッテリー充電 (携帯電話を含む)、ラジオ、テレビなどの一般家庭での用途のほか、学校、保健所等でも照明や各種機器を利用するために電気が必要である。ただし、こういった民生分野の需要はすべて軽負荷であり、小水力発電はもち

³³ このプロジェクトは CDM として国連に登録されている。

ろんのこと、太陽光発電でも供給可能なものである。これに対して、産業分野では農業、商工業、情報通信等の各分野での活用が考えられる。照明や充電といった用途を除けば、揚水ポンプ、農産品加工（製粉、精米など）、製材、保冷等のための各種機械の動力源、溶接用電源などに用いられる。こういった用途では電力需要が大きく、10kW 単位の 220V 交流電源が基本となるため太陽光発電では対応できない。このような事情から、独立型小水力発電については、民生用だけでなく地場産業（rural enterprise）用の電力需要も必要となる地区での開発を前提とすることが適切である。

6-7. 独立型小水力発電の持続的開発における問題点

6-7-1. 政府の水力開発実務能力

これまで、ウガンダでは大規模水力発電所の開発は 3 か所（Nalubale (Owen Falls) 180MW(運転中)、Kiira 200MW(運転中)と Bujagali 250MW(建設中))で行われただけである。また、小水力発電所も鉱山会社の自家用発電所など 6 か所程度しか開発されていない。このように、開発件数が少なく、まだほとんどの案件が外国政府および企業によって開発されたため、ウガンダ政府には水力発電に関する豊富な知識を有する人材は全く育っていない。このため、開発規模の大小に拘わらず水力開発計画の立案・策定から事業内容審査、施工監理に至る一連の実務担当能力が弱く、投資家が作成した多数の開発計画案について評価し、優先順位をつけ、関係者と折衝し、事業化を促進するといった政府の果たすべき役割が不十分である。特に、地方電化の推進に必要な小水力開発については、候補地点は多いものの事業化が遅れている案件が多く、具体的な事業に結びついたものはごくわずかである。この原因のひとつとして、政府サイドの水力開発に関する実務能力の不足があげられる。

6-7-2. 小水力発電関連業務と民間企業

独立型小水力発電の活用によってコミュニティ開発型の電化事業を促進していくためには、地元関係者との調整による計画案作成、開発事業のマネジメント、完成後の電気供給ビジネスの育成といったコンサルティング業務、また、発電機器や制御機器についての計画、製造、運転保守といった技術的な面でも民間企業の果たすべき役割は大きい。しかし、現状では小水力発電に関するウガンダ企業の実務経験や技術的蓄積はほとんどなく、開発に当たっては外国の技術者やメーカーに全面的に依存せざるを得ない状況である。たとえば、ウガンダには水車を製作できるメーカーは 1 社（Jimcol Turbines Ltd.）しかなく、その実績も 20kW 級の水車を 2 台製作しただけという状態である。その他の機器類もほとんどが輸入品とならざるを得ない。こういった、産業界の能力不足も独立型小水力発電の推進のブレーキとなる可能性がある。特に、ウガンダ政府は民間主導の地方電化を推進しつ

つあり、コミュニティ開発を目的とした独立型小水力発電についても、初期段階から民間企業による推進が求められる。資金的には政府やドナーの支援を受けるとしても、コミュニティからの要請を受けて具体的な計画作成を行うことができるのは民間企業なのである。また、メーカーとしても、多様な技術を必要とする水力開発に参加することで技術力を強化できるはずであり、そのためには小水力発電は取り組みやすい分野である。

6-7-3. 資金対策

水力発電施設の建設には多額の建設費・機器購入費（初期投資）を必要とするが、小水力発電所もその例外ではない。このため、基本的には受益者となる地元コミュニティや地元工場の負担が基本であり、その不足分を政府やドナーの資金から確保するという作業が必要になるであろう。独立型小水力発電の場合には、建設費だけでなく発電所完成後の運転経費、電気供給ビジネスの運営経費といった面についても、電気料金収入とのバランスをとって事業を進めなければならない。

6-7-4. 維持管理手法と体制整備

地方農村部に設置される独立型小水力発電所は単独運転となるため、運転・保守のほか、利用者からの料金徴収などの事業運営も必要となるが、こういった業務は地元組織により行うのが原則である。定期点検やオーバーホールは別としても、少なくとも日常の点検・整備及び軽微な補修程度は地元組織によって行われなければ施設稼働率が低下する大きな要因となり、電力利用に不便を来すこととなる。したがって、持続可能な施設運転と維持管理を実現するためには、維持管理の容易さを優先した設計を行うとともに、責任ある運転管理体制を構築し、常勤の運転・維持管理要員を育成して運転に当たることが必要である。さらに、これら要員の技量を維持・向上させるためには、定期的に技能研修を施す等のきめ細かな対応が求められる。また、機器の摩耗などによる部品交換についても、その入手方法などを明確化しておくことが重要である。こういったテーマについては、独立型小水力発電におけるソフトウェア技術として設備関連技術と同様の取り組みが必要である。

第7章 ウガンダにおける独立型小水力発電普及のモデルプラン

7-1. 独立型小水力開発における課題：Capacity Building の必要性

独立型小水力発電の場合には太陽光発電では難しい産業用の動力利用も可能になることから、電力系統から離れた未電化農村における家庭用、地場産業用への電力供給による総合的なコミュニティ開発プロジェクトとして実施できる。ウガンダの東西にある山岳地域には独立型小水力発電の適地が存在し、またこういった地域でのグリッド電化はなかなか進まないと考えられるため、地域振興の観点からプライオリティの高い地点についてはできるだけ早く開発を具体化することが必要になるであろう。再生可能エネルギーのひとつである小水力をコミュニティの総合開発に活用するモデルを確立し、そういった事例を着実に増やしていくことはドナーからの支援も得られやすく、政府、ドナー、国内企業、地元関係者などが協力して開発を進めていくことができれば優れた開発プロジェクトになる。

しかし、独立型小水力発電による地方電化は個別地点ごとに開発計画を作成して事業を実施する必要があり、高度な技術力が必要となる部分も多く、標準的なシステムを多地点で展開する太陽光発電利用の地方電化とは性格が異なっている。現状ではウガンダの政府および産業界は、こういった独立型小水力発電の計画作成や建設に関する経験に乏しく、ウガンダが主導的にプロジェクトを進めることは難しい。ウガンダにおける独立型小水力発電の開発利用はまだスタートしたばかりであり、それもドナーに完全に依存した状態であって、国内の技術力育成は大きな課題として残されたままである。ウガンダとしては、こういった状況から、独立型小水力発電についての技術的蓄積を図り、プロジェクトの案件形成やその実施についての能力育成を行っていくことを重要な課題として認識している。彼らの立場を要約すれば「魚を獲ってもらうよりも魚を獲る方法を教えてもらいたい」ということであり、ドナーの援助で新たな独立型小水力発電所が建設されても、その事業に参加して経験を得る機会とすることができなければ、ウガンダとしてプラスになる部分は少ないのである。また、独立型小水力発電のプロジェクトには地場産業振興、電気事業経営といったビジネス的要素も含まれ、内容が多岐にわたっているため学べる事項は多く、さらに基本的な工学技術は大規模水力発電と共通であるから、ここで得た経験は電力系統との連系を目的とした水力開発計画にも活用可能である。

ウガンダ政府としては、小水力に限らず、水力開発に関する政策の立案と運用、個別案件の円滑な実施といったさまざまな局面で適切な判断と対応を行っていく必要があるが、現状では政府には水力開発の専門家は育ておらず、海外投資家の計画や提案に適切に対応できていない。また、産業界としても今後、開発される多数の水力発電案件に参加でき

れば事業発展の可能性が大きいと考えられるが、ウガンダ国内の水力開発関連産業はほとんど育っていないのが実情である。したがって、国内の行政能力と産業界の技術力の育成という観点から水力発電に関する総合的な **Capacity Building** を行うことが当面の重要課題と考えられる。

7-2. Capacity Building のモデルプラン

以上のような現状認識と、既に世銀、GTZ による独立型小水力発電の開発先行例があるという事情から、ウガンダにおいて必要性が高まっている水力開発に関する Capacity Buildingをわが国からの援助テーマとすることをモデルプランとして提案する。すなわち、独立型小水力発電については、先行例に続く案件形成を行うことよりも、先行例を教材に活用しながら、ウガンダの政府および産業界の関係者に対する **Capacity Building** プロジェクトの実施によって、ウガンダ国内における水力開発に関する幅広い能力育成を目標とすることが、地方電化の促進、水力開発の円滑化に有効であると考えられる。これまで、ウガンダではさまざまなプロジェクトが実施されてきたが、そのなかで **Capacity Building** のコンポーネントについては、すぐ成果が出るものではないという理由から、他のコンポーネントに比べてウエイトが低くなりがちであったと思われる。しかし、ウガンダの現状を見ると、水力発電計画は多数の候補地点があるにもかかわらず停滞気味であり、それは資金的な問題の前に計画を前進させることができる人材が足りないという事情が大きいと考えられるのである。

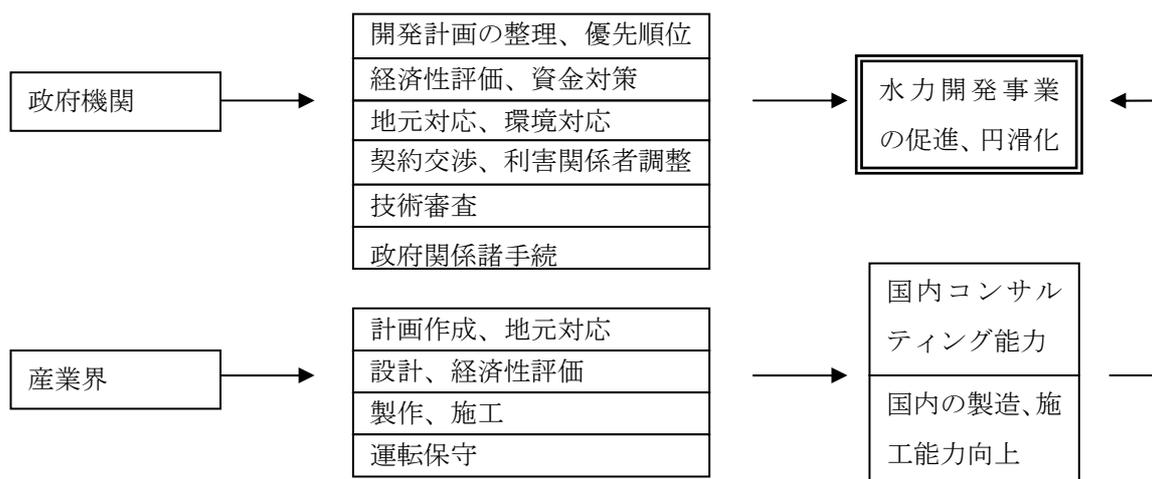


図 7-1 Capacity Building のテーマ

世銀 ERT 中間評価報告書では、再生可能エネルギー利用と地方電化に関して以下のような項目に関する **Capacity Building** が必要と指摘されている。これらの項目は技術的な項目からビジネス分野まで幅広く、また必ずしも政府機関だけを想定したものではなく、民間も対象に含まれていると考えてよいであろう。このような多方面にわたる知識と技術をウガンダ国内に育成していくことは大変時間のかかるプロセスである。しかし、それを実現できるのはこういった分野に豊富な経験を有する先進国の専門家しかいないのである。

- ・ Awareness arising
- ・ Market assessment
- ・ Preparation of business plans
- ・ Evaluation and choice of technology options
- ・ Investment promotion.
- ・ Financial advisory services.
- ・ Financial analysis
- ・ Project finance
- ・ Technical advisory services
- ・ Product development.
- ・ Support for the organisation and management of small community utilities
- ・ Tariff setting and accounting procedures.

7-2-1. 政府機関に対する **Capacity Building**

ウガンダ政府における水力開発に関する人材の不足は著しく、結果的に水力開発の計画推進のブレーキとなり、また、最適計画との相違が生じてウガンダの国益を損ねている可能性もある。したがって、ウガンダ政府としては水力開発全般に関する総合的な行政能力の強化を早急に行う必要があり、水力開発を担当するエネルギー鉱物開発省 (MEMD) と地方電化庁 (REA) の関係者が **Capacity Building** の主な対象となるであろう。このため、これら組織の水力担当者に対して、工学的・技術的事項、事業計画、資金計画などの基礎的な事項を重点に行政能力の育成・強化を図る。すなわち、水力開発の調査から事業運営までの全プロセスに対する基本的理解、技術的な選択肢に関する知識、資金計画とファイナンス、発電所の運転・管理、環境対策などについて、行政官として必要な知識を選んでトレーニングを行う。この場合、計画中の水力案件が多数あるため、その計画を教材にして実践的なトレーニングを行うことが効果的である。

7-2-2. 民間技術者に対する **Capacity Building**

水力発電事業への参画の促進と産業育成という観点から、民間業界に対する **Capacity Building** も必要である。水力発電所は土木、機械、電気・電子などさまざま技術を必要とし、簡単な構造物から高精度機器まで多種多様の設備機器が用いられる。このように非常に裾野の広い事業であり、さまざまな産業育成の母体となりうるものである。ウガンダに

においては水力発電関連機器を製作する能力はごく限られたものしかなく、したがって、ウガンダの産業界としても水力発電事業を重要な機会ととらえ、これに参加して技術力の向上を図り、新しい産業分野の発展につなげるという戦略を持つことが必要であり、政府としてもそれを積極的に支援すべきである。とりあえず、比較的簡単な構造の発電関連機器の設計・製作技術、また、溶接、金属加工、鋳造、電気・電子工作等の機器製作に係る技能の定着と拡充を図ることが必要である。さらに、技術の簡素化や合理化といった観点から、こういった技術を既に蓄積しているベトナムなどの途上国の経験も参考に南・南協力の要素も考慮したい。発電関連機器の設計・製作に携わる民間の技術者がウガンダ国内に多数育成・輩出されるようになれば、一部の機器の国産化が可能となり、その結果、独立型小水力発電所については、ウガンダ国内関係者が主体的な役割を担うことが期待され、開発に拍車がかかるであろう。加えて、これらの基本技術は全て他の工業分野にも通じるものであり、その波及効果は図り知れないものがある。

7-2-3. Capacity Building の体制

このように、水力全般に関するウガンダの政府、産業界の能力育成が急務であり、それを学習する格好のテーマとして独立型小水力開発を位置づけることができる。このような水力開発に関する Capacity Building プロジェクトについては、水力開発に必要となるノウハウが極めて広範囲にまたがっているため、その内容も総合的なものとならざるを得ない。すでに水力開発に関して先行的な援助プロジェクトを行っている世銀および GTZ との役割分担を図ることは必要であり、彼らが実施している Capacity Building についても包含して大きなプロジェクトとして形成することが望まれる。

また、こういった Capacity Building については、知識センターとしての役割を果たしうる教育機関との連携も必要になるであろう。既にウガンダの有力大学であるマケレレ大学やチャンボゴ大学では再生可能エネルギー開発利用などについて新課程を創設するなどの動きが始まっており、そういった動きとうまく組み合わせることが期待される。また、水力発電機器に関する各種技能の定着については職業訓練校との連携も必要であろう。このような、産官学の連携を構築することによって、この Capacity Building プロジェクトは、ウガンダの経済開発にとって極めて重要なテーマである水力開発に関するさまざまな教育訓練活動を統合する上位プログラムとして位置づけられるのではなかろうか。

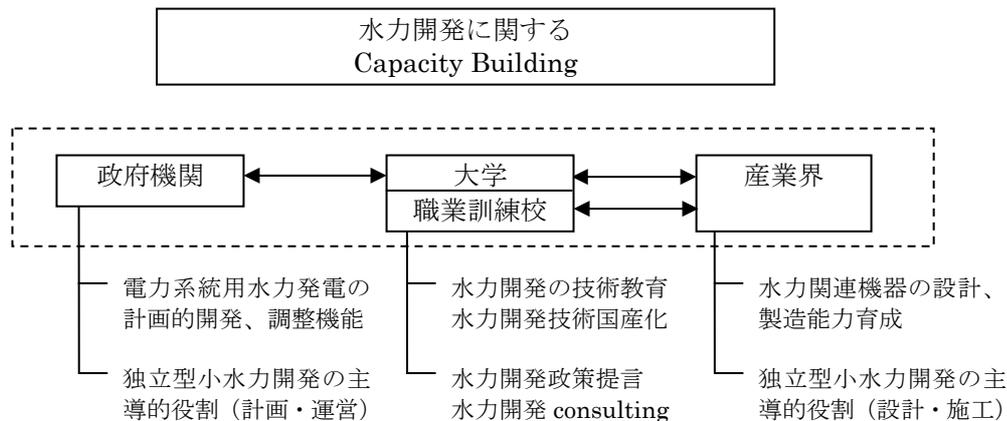


図 7-2 Capacity Building に関する連携体制

7-2-4. パイロット事業としての独立型小水力発電計画

この Capacity Building については、理論的な教育訓練に加えて、計画、開発、運転といった全プロセスを経験することで実務的な知識も修得できるよう、独立型小水力発電地点の開発事業を並行的に進めることができれば大変効果的である。特に、ウガンダの産業界としては小規模な取り組みから始める必要があり、こういった開発事業を Capacity Building と並行的に実施していくことで実需に対応した技能向上を図ることができる。このためには、世銀、GTZ に続く地点を選定して、基本計画作成から始め、2~3年かけて完成させるというシナリオが考えられる。すでにこういった独立型小水力発電の候補地点は GTZ などが確認しており、そういった調査資料を活用することも可能であろう。想定される発電規模としては、地場産業用の動力供給という観点から最低でも 20~30kW の規模が必要であるが、逆にあまり大きすぎると開発が長期化し、Capacity Building との関連から考えて効果的ではないおそれもある。したがって、20~100kW の範囲で検討することが適当であろう。こういった規模であれば、ウガンダ国内には未開発地点が多数存在すると考えられ、資金計画も実現しやすく、Capacity Building の成果を活用しながら、次々に開発を進めていくという継続的な開発が期待できる。それは Capacity Building の内容を定着させることにつながるであろう。

7-3. モデルプランに関するわが国の対応可能性

わが国では独立型小水力発電を開発した経験を有する技術者は少ないが、電力系統連系の水力発電と共通の技術がほとんどであるため、これまでに国内外で実施された多数の水力発電所建設事業に従事した経験者を指導者として活用できると考えられる。独立型太

陽光発電とは事情が異なり、わが国が投入可能な人材の層は厚く、わが国として取り組みやすいテーマと言える。さらに、民間技術者へのトレーニングであれば溶接、金属加工、鋳造、電気・電子工作等などの基礎技術から指導できる人材が必要となるが、こういった分野に関してもわが国は人材豊富である。

小水力開発モデルプランの構成(行政分野)

[テーマ]	
マスタープラン	: REA作成のものをレビュー
計画評価	: F/S調査レポートの分析
環境対策	: 環境アセスレポートの分析
資金対策	: 具体的な案件に対応し、ドナー・民間の調整
工事計画審査	土木 : 工事計画書のレビュー、ヒアリング
	電機 : 工事計画書のレビュー、ヒアリング
	制御 : 工事計画書のレビュー、ヒアリング
運転・保守	: 運転計画書のレビュー、ヒアリング
技術基準	: 現状評価と事例分析
料金	: 料金設定と経済性評価

[人材育成手法]
<p style="text-align: center;">JICAが実施してきた 行政の能力向上に関する技プロ の手法を踏襲</p> <p>進行中案件を題材に水力発電技術者、プランナー、環境問題専門家による技術移転</p> <p style="text-align: center;">海外投資家に呼びかけてウガンダの水力開発セミナーを開催</p> <p style="text-align: center;">技術的な分野に関してはウガンダ国内技術系大学との連携を図る</p> <p style="text-align: center;">技術基準については 過去のJICAプロジェクトを参考にする</p> <p style="text-align: center;">小規模開発地点（モデル地点）を参考にしたOJT</p>

小水力開発モデルプランの構成（産業分野）

[テーマ]	
机上計画	： 地図と流量資料に基づく計画立案練習
計画作成	： F/S調査の実施能力育成
環境対策	： 環境調査の実施能力育成
実施設計	： 設計能力育成
製作・工事	土木 ： 現地コントラクターの育成 電機 ： 発電関連機器の国産化を目指す(当面輸入も) 基礎技術として、溶接、金属加工、鋳造
制御	： 理論と試作 国産化を目指す
運転・保守	： 運転・保守に関する理解と実践能力

[人材育成手法]	
工科大学などの中核組織育成を目指す長期プロジェクト カリキュラム作成、講師派遣などの協力（第三国研修を含む）を総合的に実施 小規模開発地点（モデル地点）を参考にしたOJT	
計画作成	： 国内工科大学講座、OJT等を活用する
溶接	： 職業訓練センターの活用を図る
金属加工	： 職業訓練センターの活用を図る
鋳造	： 職業訓練センターに研修コースを新設し、その活用を図る
電機	： 国内工科大学講座、OJT等を活用する
電子	： 国内工科大学講座、OJT等を活用する
運転・保守	： OJT主体

第8章 JICA への提言

JICA をはじめ世界の主要なドナーは太陽光発電システムの途上国への導入について、これまで 20 年以上も取り組んできた。この間、Solar Home System(SHS)の基本設計は全く変わっていないが、これまで、アフリカ地域で SHS を導入してきたのは資金的に余裕のある階層や施設であって、一般住民レベルにまで導入が進んでいるという例はほとんどないと言ってよく、SHS の農村部への普及というテーマは援助関係者にとってはなかなか解が見いだせない難問となっている。しかし、詳しく観察すると、これまでに LED 照明、低電力消費機器、シール式バッテリー、低価格インバータ、携帯電話などが利用できるようになりつつあり、20 年前に比べれば太陽光発電が利用しやすくなっていることは間違いない。また、温暖化ガス抑制の必要性から太陽電池に対する先進国の需要が急増し、太陽電池パネルを先進国と途上国が奪い合うという想定外の状況が生まれているが、同時に中国やインドなどで新しいメーカーも増えてきている。このように SHS の設計自体は変わっていないものの、SHS を取り巻く周囲の状況は大きく動いており、そういった変化について常に関心を持ち、柔軟に対応していかなければならない。

地球温暖化の進行や石油資源の枯渇といった問題が中期的には深刻化していくことを考えれば、太陽光発電は今後、先進国と途上国がそろって利用拡大を図っていかなければならない全人類共通のコア技術と言ってもよい。その普及のためには十年単位のプログラムづくりが必要となるであろう。先進国についてはビジネススペースで進めていくことが可能であるが、途上国についてはさまざまな面で先進国が支援していくことが必要である。わが国は太陽光発電についてこれまで世界をリードしてきた。こういった経緯を踏まえ、JICA としては太陽光発電の途上国への普及について明確なビジョンを持って取り組むことが必要であろう。

また、小水力発電についても太陽光発電と同じ再生可能エネルギーであることから、途上国においてその開発利用を促進することは重要なテーマである。小水力発電が開発できれば太陽光発電では困難な生産設備の利用が可能となり、地場産業を含めた村落の総合的開発が可能となる。ただし、小水力発電については開発可能性が自然条件によって左右されるため、個別地点ごとに設計、経済性評価を行わなければならない。そのためには専門性の高い人材が必要となる。この点で市販されている機材を組み合わせる太陽光発電とは条件が異なる。途上国において、太陽光発電は携帯電話と同様に誰でも使える「商品」として普及させるメカニズムを追求することが必要となるが、小水力発電は自然条件に合わせて設計する「手作り品」にならざるを得ず、このため、資源があっても開発側の人材が伴わないと事業は進まない。このため、人材育成という視点が非常に重要となる。

水力発電は土木、機械、電気などの技術を総合化して完成するものであり、非常に幅広い内容を持っている。したがって、水力発電開発によって育てられたさまざまな技術が発展し、他の分野において応用されていくことが期待される。水力開発については再生可能エネルギーのひとつとして見るだけではなく、技術振興、産業育成といった側面からも評価していくべきであろう。

8-1. 国内の人材育成

太陽光発電や小水力発電などの再生可能エネルギーの開発利用について、JICA として今後の取り組みを強化するために、まず取り組まなければならないことは国内の人材の層を厚くすることである。JICA はエネルギー分野について、これまでプロジェクトの実施に必要な人材を国内のエネルギー関連企業やコンサルタント業界から確保することができた。しかし、太陽光発電については先進国と途上国では全く違う技術体系となっており、途上国で用いられる技術についてよく理解している国内技術者は非常に限られている。また、小水力発電については基本的な技術体系は同じであるものの、途上国の農村地域で独立型小水力発電を開発する場合には、発電所の建設だけでなくその運営まで行う必要があり、そういった経験を有する国内の人材はやはり非常に少ない。このように、途上国とわが国で必要となる技術や知識の違いから、太陽光発電、小水力発電の専門家のなかでも JICA が必要とする知識や経験を持った人材はごく少数と言わざるを得ない。電力系統から独立した電化（オフグリッド電化）事業はわが国では不要となって久しいテーマであるため、国内でそのための実務経験を得ることはできず、将来的にも人材は育たないのである。

このようにわが国では必要なく、途上国でしか学ぶことができない技術テーマの場合、それを学べる場を意識的に作って人材育成を図らないかぎり、今後のプロジェクト実施に必要な人材を増やすことはできない。そういった人材育成ができるのは JICA であって、関連業界に期待することは難しいであろう。JICA としては、途上国における再生可能エネルギー利用というテーマについて長期的に取り組んでいくために、プロジェクト実施に必要な国内の人材育成という観点から戦略的な検討をする必要があると考えられる。すなわち、関連業界との意見交換、こういった分野に関心のある NGO との連携強化などを行うとともに、業務発注の継続性を考慮し、こういったテーマに関心のある人材が JICA プロジェクトで経験を積みながら成長できるような仕組みをつくることを検討する必要がある。JICA プロジェクトに参加してこういった技術に関する知見を得た人材が、そのテーマについてさらに実務経験を積むことができずに流出してしまうのは大きな損失である。

8-2. 国際的な連携

温暖化ガス排出抑制は地球的規模でますます重要なテーマとなるため、途上国における再生可能エネルギーの普及については世界の主要なすべての援助機関が強い関心を持っており、何らかのプロジェクトを計画、実施していると言ってもよい。したがって、今後、JICAがこういった分野についてプロジェクトを実施する場合には、必ずと言ってよいほど他の援助機関との調整や連携が必要となるであろう。これから経済発展期を迎え、エネルギー需要が増大するアフリカに対して再生可能エネルギーをいかにして普及させていくか、さらにそれによって貧困削減や生活水準向上をどう実現していくかという大きな課題に対して、各援助機関の果たすべき役割と責任は大きく、国際社会も注目している。したがって、JICAとしても他の機関との積極的な協調と連携を行うことで効果的な援助事業を実施する必要があると言えよう。ただし、それぞれの機関の事業実施スタイルの違いがあることから、JICAと他の機関がひとつのプロジェクトを分担して実施することは難しい可能性がある。JICAとしては他の機関との情報交流を活発化させることからスタートし、効果的な事業実施の観点から連携内容や手法について、プロジェクトごとに具体的な検討を進めていくというアプローチが望ましいと考えられる。

8-3. アジア・アフリカ協力

太陽光発電や小水力発電などの再生可能エネルギー技術の普及については、アジア地域ではかなり進展している国もあり、こういった事例や経験をアフリカに伝えることができればプロジェクトの効果的な実施につながるであろう。再生可能エネルギーについてはアジアもアフリカも条件的な差はほとんどなく、アフリカ諸国およびアフリカで活動するドナーとしては、先行するアジアの事例から学べることも多いはずである。JICAはこれまでアジア地域に重点的に資金や人材を投入し、大きな成果をあげてきている。したがって、JICAがアジアにおける事例について掘り下げた分析評価を行い、それを体系立ててアフリカに紹介していくことによって、アフリカ諸国は貴重な情報を得ることができ、また、JICAはその存在感を高めることができるであろう。さらに、JICAが中核となって、いわゆる南南協力によってアフリカ諸国とアジア諸国との直接的な人材交流を進めることも重要であろう。

8-4. NGO やボランティア活動との連携

太陽光発電による地方電化については、草の根レベルの活動が重要な役割を担うため、農村開発などの分野における NGO やボランティアの活動にうまく取り入れることができる

であろう。SHS などの太陽光発電技術については誰でも比較的簡単に覚えることができ、また少額の資金でも事業を実施可能であるため、NGO やボランティアの活動に取り込みやすい。すでに国内の NGO の中にはアフリカ砂漠地帯で太陽光発電を利用した給水事業を行うなどのケースが出てきているが、海外の NGO はもっと積極的に太陽光発電を使っており、ノウハウの蓄積も大きい。アフリカに関心を持っている団体は数多く存在しており、そういった組織にとっては、太陽光発電利用に関する正しい知識を得て、それを活用することができれば活動の幅を広げることができるであろう。こういった草の根レベルの活動によって太陽光発電に関する知識を途上国に広めていくことは大いに有効であり、JICA 事業を補完することができる。ただし、不正確な知識に基づく事業やユーザー指導が行われた場合には、その設置目的が達成されないばかりか、太陽光発電に対する誤解や批判を招くことにもなりかねない。したがって、JICA としてはこういった NGO やボランティアの活動を支援するとともに、途上国の未電化地域において太陽光発電システムが適切に利用され、維持管理されていくよう、正しい実務的知識を提供することが必要であり、技術講習会を定期的開催するなど積極的な情報提供を行う必要がある。このことは、先に述べた国内の人材育成にもつながることである。

8-5. 太陽光発電による情報通信の基盤整備

どこでも利用できる太陽光発電は単に照明を可能にするだけでなく、農村地域の開発が遅れている村落においても携帯電話やコンピュータを利用可能にする。太陽光発電によって、そういった情報通信技術を利用した新しいアイデアによる農村の生活改善、所得向上が可能になってきているのである。特に、ウガンダでは Village Phone の成功によって情報通信網が地方農村部まで拡大しつつあり、さらに携帯電話の普及によって住民は多くの情報を得られるようになっており、情報通信基盤が着実に形成されつつある。従来、ラジオや紙媒体などを利用していた情報伝達についても、こういったネットワークを利用した新しい手法が今後開発されていくであろう。すでに、携帯電話を利用した送金サービスが利用可能になってきているなど、これまで孤立していた地方農村部の生活が大きく変わろうとしているのである。そういった大きな可能性を秘めた農村部の情報通信を支える電源として最も優位性が高いのが太陽光発電である。したがって、従来からの照明中心の地方電化という概念にとらわれず、今後、急速に進展すると見込まれる農村部における情報通信の環境整備という観点からの再生可能エネルギー利用に関する調査研究を充実し、導入支援事業に展開していくことが望まれる。

8-6. 水力開発の総合性と人材開発

アフリカでも未開発の豊富な水力資源を有する国があり、ウガンダもそのひとつである。その開発を進めて国内の経済開発および電力輸出による地域的な電力融通につなげることが求められている。これは再生可能エネルギーの有効利用による温暖化ガス抑制にもつながるため地球環境全体にも貢献する。また、アフリカにおける水力開発については、小水力発電開発によって農村部開発、電化率向上を図り、貧困削減につなげるという別の援助テーマも存在する。このような幅広い開発効果を持つ水力開発というテーマに関して、豊富な経験と蓄積を有するわが国の貢献が期待されていると言えよう。

支援を行うに際しては、水力開発が自然条件をもとにして地点ごとに開発案を作る必要があるため高度で多岐にわたる技術力が求められるということから、先進国が主導する開発プロジェクトに偏りがちであるが、貴重な自国の再生可能エネルギー資源の有効活用、環境との調和、国内の産業・技術力育成といった面から、当事国の参加を拡大するという方向性を考慮していくことは重要であろう。鉱物資源開発とは次元の異なる総合的な技術力を必要とする分野であり、途上国のポテンシャルを高めることについては短期的な成果を求めることは難しいが、水力開発プロジェクトが10年単位の時間を必要とするものであることを考えれば、それと同様の時間的フレームで取り組んでいくことが適切であろう。そのためには、個別地点開発を支援するだけでなく、相手国に対して水力開発に関する **Capacity Building** を行うというアプローチを検討すべきであろう。水力開発に関する技術的、社会・経済的な課題について、当事国がどのように関与し、対応していくことが望ましいかという検討を行い、その結果に基づき **Capacity Building** の内容を組み立てていくことが望まれる。

こういった考え方から、水力開発に関するあらゆるテーマが凝縮されている小水力開発をテーマにとりあげ、**Capacity Building** と組み合わせしていくことは大いに意義のあることである。小水力は途上国としても取り組みやすいテーマであろう。**Capacity Building** を進めることで、少なくとも小水力については途上国による主体的な取り組みが可能となり、自立的・持続可能な開発によって、コミュニティ参加による電化率向上、さらに貧困削減、農村開発といった課題についてのひとつの解決策を示すことができるであろう。その過程で得られる知識や教訓は他のさまざま事業にも応用できるはずである。こういった点から小水力開発は途上国にとって多くを学ぶことができる「学校」といえるであろう。このような「学校」は単発的なものでは意義が薄く、継続的なものとしなければならない。**Capacity Building** によって育てられた第一世代がさらに次の世代を育てていくために、複数の小水力地点をシリーズで開発していくことを一つのプロジェクトとして構築するというアイデ

アが考えられる。また、他のドナーとの連携を図って各ドナーの特色に応じた支援分野を分担することも必要となろう。ウガンダでは小水力開発に関して GTZ がこれから取り組みを開始する計画となっているが、将来的な展開についてはまだ明確なスタンスは定まっていない。世銀でも水力開発に関する Capacity Building は重視しているものの他のプロジェクトも多く、本格的な取り組みは難しいと考えられる。また、農村部の産業振興といった点から UNDP も関心を持っている分野である。こういった現地の情勢から、水力開発に関する Capacity Building に関する提案については関係者の協力を得やすいテーマと考えられる。

8-7. マルチセクトラルアプローチ

途上国農村部における再生可能エネルギー利用については、これまで電化率向上のための地方電化という切り口で取り組みが進められてきているが、実際には地方給水、地域医療、情報通信、地場産業振興、観光開発、農村開発といったさまざまな分野に関係するテーマである。JICA の中でも関係部署は非常に多く、そういった部門における理解の増進と連携協調システムの整備を図ることで、マルチセクトラルのプログラムを構築する必要がある。また、途上国の地方部で活動する協力隊、ボランティアに対する再生可能エネルギーに関する情報提供も重要である。途上国では再生可能エネルギーの利用方法について、わが国とは異なる技術体系となっている場合が多く、そういった知識を事前に持っていれば彼らの活動の幅も広がり、より大きな貢献ができるはずである。また、こういった経験者の中から、途上国での再生可能エネルギー利用に関する仕事に長期的に取り組む人材が育つことが期待される。