

アフリカ地域
未電化村における再生可能エネルギー活用促進プログラム
(公共施設電化) 準備調査

ファイナルレポート

2009年11月

日本工営株式会社
プロアクトインターナショナル株式会社

産業

JR

09-066

アフリカ地域

未電化村における再生可能エネルギー活用促進プログラム
(公共施設電化) 準備調査

ファイナルレポート

2009年11月

日本工営株式会社
プロアクトインターナショナル株式会社

調査対象位置図



目次

調査対象位置図.....	i
目次.....	ii
図目次.....	v
表目次.....	vi
略語一覧.....	viii
 第1章 序論.....	 1
1.1 背景.....	1
1.2 調査の目的.....	1
1.3 調査団構成.....	2
1.4 調査活動の概要.....	2
第2章 地方電化の現状.....	3
2.1 政府の地方電化政策とその達成状況.....	3
2.1.1 ケニア国政府の地方電化政策とその達成状況.....	3
2.1.2 ウガンダ国政府の地方電化政策とその達成状況.....	5
2.2 他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要.....	7
2.2.1 ケニア国における他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要.....	7
2.2.2 ウガンダ国における他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要.....	7
2.3 未電化村落の現況.....	8
2.3.1 電化率.....	8
2.3.2 村落の形態.....	8
2.3.3 住民の生活や収入.....	9
2.4 未電化村落における電力需要.....	10
2.4.1 携帯電話の活用状況.....	10
2.4.2 充電式照明器具の活用状況.....	11
2.4.3 自動車用大型バッテリーの活用状況.....	12
第3章 公共施設の現状と電化計画.....	14
3.1 公共施設の所管・形態・設置状況.....	14
3.1.1 ケニア国の関連セクターの現況.....	14
3.1.2 ウガンダ国の関連セクターの現況.....	16
3.2 未電化公共施設調査結果.....	17
3.3 地方公共施設における電化ニーズ.....	18
3.3.1 保健施設における電化ニーズ.....	18
3.3.2 学校における電化ニーズ.....	19
3.3.3 給水施設における電化ニーズ.....	20
3.3.4 トレーディングセンターにおける電化ニーズ.....	21
3.3.5 公共施設の位置や活用のされ方.....	22
3.3.6 将来的な電化施設の利用のされ方.....	23

3.4	地方公共施設電化の基本構想	23
3.4.1	複合型太陽光発電施設の提案	23
第4章	太陽光発電システム設計	26
4.1	過去の典型的な事例	26
4.1.1	ケニア国での過去の典型的な事例	26
4.1.2	ウガンダ国での過去の典型的な事例	29
4.2	独立型太陽光発電設備の設計手法と設計ツール	30
4.2.1	独立型太陽光発電設備の設計手法	30
4.2.2	設計ツール	33
4.3	基本条件	35
4.3.1	日射量	35
4.3.2	無日照日	41
4.3.3	その他の条件	41
4.4	設計案	43
4.4.1	学校の太陽光発電システムの設計	44
4.4.2	保健施設の太陽光発電システムの設計	50
4.4.3	充電施設の太陽光発電システムの設計	58
4.4.4	太陽光発電水ポンプシステムの設計	60
第5章	公共施設電化の対象地域および対象施設の選定	64
5.1	対象地域の選定	64
5.2	対象施設の選定	65
5.3	給水施設の取り扱い	66
第6章	複合型太陽光発電設備の利用予測と収支試算	67
6.1	需要想定	67
6.2	収支見通し	67
第7章	複合型太陽光発電設備の運営管理手法と人材育成	69
7.1	電化設備の運営の基本的考え方	69
7.2	運営体制	70
7.3	既存の充電サービス業者との関係	71
7.4	業務立ち上げ期の組織育成	72
7.5	太陽光発電普及のビジネスモデル	72
7.6	ビジネスモデルに必要な人材	74
第8章	提言	76

資料Ⅰ 未電化村落・公共施設調査結果	79
第1章 ケニア国での現地踏査・現場視察	80
1.1 ケニア国での現地踏査・現場視察実施日程	80
1.2 現地踏査・現場視察の結果	80
1.2.1 UNIDO Energy Kiosk サイト視察 (Ⅰ)	80
1.2.2 UNIDO Energy Kiosk サイト視察 (Ⅱ)	81
1.2.3 現場踏査 (Ⅰ)	82
1.2.4 現場踏査 (Ⅱ)	84
1.2.5 Grundfos サイト視察	87
第2章 ウガンダ国での現地踏査・現場視察	89
2.1 ウガンダ国での現地踏査・現場視察実施日程	89
2.2 現地踏査・現場視察の結果	89
2.2.1 現場踏査 (Ⅰ)	89
2.2.2 現場踏査 (Ⅱ)	96
2.2.3 CREEC PV システム設置パイロットサイト視察 (Ⅰ) 及び 現場踏査 (Ⅲ)	97
2.2.4 CREEC PV システム設置パイロットサイト視察 (Ⅱ)	103
2.2.5 NIDA (Nkoola Institutional Development Associates Ltd.) 充電ビジネスサイト視察	103
資料Ⅱ 日射量マップ・データ	105
Ⅱ.1 日射量マップ	106
Ⅱ.2 日射量データ	109
Ⅱ.3 無日照日数データ	114

図目次

図 2.1.1-1	ケニア国行政単位(Province)	4
図 2.1.2-1	ウガンダ国行政単位(District)	6
図 2.2.1-1	UNIDO による Energy Kiosk (写真)	7
図 2.4.1-1	携帯電話の活用状況(写真)	10
図 2.4.2-1	照明器具(写真)	11
図 2.4.3-1	自動車用大型バッテリーの活用状況(写真)	13
図 3.1.1-1	ケニア国の保健施設(写真)	14
図 3.1.1-2	ケニア国の学校(写真)	15
図 3.1.2-1	ウガンダ国の保健施設(写真)	16
図 3.1.2-2	ウガンダ国の学校(写真)	17
図 3.3.1-1	保健施設での電化ニーズ(写真)	19
図 3.3.2-1	学校での電化ニーズ(写真)	20
図 3.3.3-1	給水施設の例(写真)	21
図 3.3.4-1	トレーディングセンターと携帯電話充電サービス店の例(写真)	22
図 3.4.1-1	コミュニティソーラーシステム模式図(保健施設の例)	24
図 3.4.1-2	コミュニティソーラーシステムの設置目的	24
図 3.4.1-3	充電設備の模式図	25
図 4.1.1-1	ワクチン用冷蔵庫(写真)	27
図 4.2.1-1	電力需要算定フォーマットの例	31
図 4.2.1-2	太陽電池の電気特性	32
図 4.2.2-1	PV 設備の設計作業フロー	34
図 4.2.2-2	設計ツールの作成例	35
図 4.3.1-1	ケニア国平均日射量マップ(2000～2002 年)	36
図 4.3.1-2	ケニア国北半球/南半球/全国での水平面日射量(1983～2004 年)	38
図 4.3.1-3	ウガンダ国北半球/南半球/全国での水平面日射量(1983～2004 年)	40
図 4.4.1-1	PV システム構成図(ケニア国・学校)	47
図 4.4.1-2	PV システム構成図(ウガンダ国・学校)	50
図 4.4.2-1	PV システム構成図(ケニア国・保健施設)	53
図 4.4.2-2	PV システム構成図(ウガンダ国・保健施設)	58
図 4.4.3-1	PV システム構成図(充電施設)	60
図 4.4.4-1	井戸水汲み上げの PV システム(写真)	63
図 5.2-1	地域の集積度と電化対象施設の考え方	65
図 7.2-1	充電設備の運営体制模式図	70
図 7.5-1	地方部での PV 市場拡大の模式図	73
図 II.1-1	ケニア国日射量マップ(2000 年)	106
図 II.1-2	ケニア国日射量マップ(2001 年)	107
図 II.1-3	ケニア国日射量マップ(2002 年)	108

表目次

表 2.1.1-1	ケニア国の州別公共施設の電化率.....	5
表 4.1.1-1	ケニア国エネルギー省による PV システム設置地域・施設.....	26
表 4.1.1-2	2009 年 3 月末まで公共施設に設置された PV システムの容量の範囲.....	26
表 4.1.1-3	エネルギー省設置の PV システムのコスト.....	28
表 4.1.1-4	UNIDO の PV 関連プロジェクトサイト及び容量.....	28
表 4.1.2-1	ERT 第 1 期・第 1 ロットで設置された学校用 PV システムの容量・コスト.....	29
表 4.1.2-2	ERT 第 1 期で設置された保健施設用 PV システムの容量・コスト.....	29
表 4.1.2-3	安全な水へのアクセス率.....	30
表 4.1.2-4	DWD・世界銀行により設置された PV 水ポンプシステム.....	30
表 4.3.1-1	ケニア国北半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	37
表 4.3.1-2	ケニア国南半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	37
表 4.3.1-3	ケニア国全国最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	37
表 4.3.1-4	ウガンダ国北半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	39
表 4.3.1-5	ウガンダ国南半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	39
表 4.3.1-6	ウガンダ国全国最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m ² /day).....	39
表 4.3.2-1	ケニア国平均無日照日数(1983～2004 年).....	41
表 4.3.2-2	ウガンダ国平均無日照日数(1983～2004 年).....	41
表 4.3.3-1	バッテリーの種類.....	42
表 4.3.3-2	設計パラメータ.....	43
表 4.4.1-1	ケニア国の学校(Secondary School)で想定する負荷.....	45
表 4.4.1-2	ケニア国の学校(Secondary School)で想定する 1 日あたりの負荷量.....	45
表 4.4.1-3	システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の学校・ケース I).....	46
表 4.4.1-4	システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の学校・ケース II).....	47
表 4.4.1-5	ウガンダ国の学校(Secondary School)で想定する負荷.....	48
表 4.4.1-6	ウガンダ国の学校(Secondary School)で想定する 1 日あたりの負荷量.....	49
表 4.4.1-7	システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の学校・ケース I).....	49
表 4.4.1-8	システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の学校・ケース II).....	50
表 4.4.2-1	ケニア国の保健施設で想定する負荷.....	51
表 4.4.2-2	ケニア国の保健施設で想定する 1 日あたりの負荷量.....	51
表 4.4.2-3	システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の保健施設・ケース I).....	52
表 4.4.2-4	システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の保健施設・ケース II).....	53
表 4.4.2-5	ウガンダ国の保健施設で想定する負荷.....	54
表 4.4.2-6	システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の保健施設・ケース I).....	56
表 4.4.2-7	システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の保健施設・ケース II).....	57
表 4.4.3-1	想定する充電機器の容量と数量.....	59
表 4.4.3-2	システム容量・機器容量及び必要数(充電施設).....	60
表 6.1-1	充電設備の利用者予想.....	67

表 6.2-1	充電料金収入の予想.....	68
表 II.2-1	ケニア国月平均日射量データ(1983-2004 年の平均)	109
表 II.2-2	ケニア国月最低日射量データ(1983-2004 年の平均)	110
表 II.2-3	ケニア国月最高日射量データ(1983-2004 年の平均)	111
表 II.2-4	ウガンダ国月平均日射量データ(1983-2004 年の平均).....	112
表 II.2-5	ウガンダ国月最低日射量データ(1983-2004 年の平均).....	112
表 II.2-6	ウガンダ国月最高日射量データ(1983-2004 年の平均).....	113
表 II.3-1	ケニア国無日照日データ(1983-2004 年の平均)	114
表 II.3-2	ウガンダ国無日照日データ(1983-2004 年の平均)	115

略語一覧

略語	正式名称	訳語
CBO	Community Based Organization	地域に基盤をおく団体
CDF	Constituency Development Fund	選挙区開発基金
CREEC	Center for Research in Energy and Energy Conservation	エネルギー及び省エネルギー研究所
DWD	Department of Water Development	ウガンダ土地・水・環境省水開発局
ERT	Energy for Rural Transformation	地方改革エネルギープログラム
GNI	Gross National Income	国民総所得
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術協力公社
IFC	International Finance Cooperation	国際金融公社
IREMP	Indicative Rural Electrification Master Plan	地方電化マスタープラン(ウガンダ)
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KenGen	Kenya Electricity Generating Co. Ltd.	ケニア発電公社
KPLC	Kenya Power and Lighting Co. Ltd.	ケニア電灯・電力会社
Ksh	Kenya Shilling	ケニアシリング
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MEMD	Ministry of Energy and Mineral Development	エネルギー鉱物開発省(ウガンダ)
MoE	Ministry of Energy	エネルギー省(ケニア)
MoES	Ministry of Education and Sports	教育スポーツ省(ウガンダ)
MoMS	Ministry of Medical Service	医療サービス省(ケニア)
MoPHS	Ministry of Public Health and Sanitation	公衆保健衛生省(ウガンダ)
NFE	Non Formal Education	ノンフォーマル教育
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PSDC	Private Sector Development Center	
PV	Photovoltaic	太陽光発電
REA	Rural Electrification Agency	地方電化庁(ケニア)
REA	Rural Electrification Authority	地方電化庁(ウガンダ)
REF	Rural Electrification Fund	地方電化基金
REM	Rural Electrification Masterplan	地方電化マスタープラン(ケニア)
RESP	Rural Electrification Strategy and Plan	地方電化戦略計画(ウガンダ)
SHS	Solar Home System	ソーラーホームシステム
TICAD	Tokyo International Conference on African Development	アフリカ開発会議
UBoS	Uganda Bureau of Statistics	ウガンダ国政府統計局
UMEME	(スワヒリ語で「電気」を意味する言葉)	ウガンダ配電会社
UNEP	United Nations Environment Programme	国際連合環境計画
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国際連合工業開発機関
US\$	US Dollar	米ドル
Ush	Uganda Shilling	ウガンダシリング

通貨と換算レート (2009 年 4 月末現在)

- US\$ 1 = 97.29 円
- Ksh 1 = 1.258 円
- US\$ 1 = Ksh 77.34
- Ush 1 = 0.046 円
- US\$ 1 = Ush 2,115

Electrical Terminology

• V (Volt)	Unit of voltage
• kV (kilovolt)	1,000 volts
• W (Watt)	Unit of active power
• kW (kilowatt)	1,000 watts
• MW (Megawatt)	1,000 kW
• Wh (Watt-hour)	Unit of energy
• kWh (kilowatt-hour)	1,000 Wh
• MWh (Megawatt-hour)	1,000 kWh
• Wp (Watt-peak)	Unit of PV output ¹
• kWp (kilowatt-peak)	1,000 Wp
• MWp (Megawatt-peak)	1,000 kWp

¹ 標準測定条件(STC)における太陽電池モジュールの直流出力の最大電力をワットで表したものの。日射強度 1,000W/m²、エアマス 1.5、太陽電池温度 25°Cの条件が標準測定条件。

第 1 章 序論

1.1 背景

(1) アフリカ支援

アジアに続く経済発展地域としてアフリカが世界から注目されている。近年の資源不足から、アフリカの資源開発への投資も増加し、長期的にはアフリカ経済が低迷から離陸する好機を迎えている。

一方、アフリカの抱える問題と解決すべき課題は多い。食料価格高騰による影響や気候変動による影響も真っ先に受ける国々である。経済発展により人々を貧困から脱却させることを長期的な目標とするその一方で、現在の気候変動への対応も求められている。つまり今後期待される急速な経済発展においても、二酸化炭素の排出を極力抑制し、環境負荷を最小限に抑えた発展が強く求められている。

このような条件の下、日本政府はアフリカ支援を強力に推し進める方針を打ち出した。2008年5月に開催された第4回アフリカ開発会議 (TICAD IV) では、日本の政府開発援助 (ODA: Official Development Assistance) を漸次増加させ、今後5年間で2倍にする約束を含めたアフリカ開発のためのイニシアティブ・パッケージを発表した。気候変動対策としては、2008年1月に我が国が提唱した「クールアース・パートナーシップ」資金メカニズムで、再生可能エネルギーの普及支援等の方針を打ち出している。

(2) 再生可能エネルギー普及の支援

国際協力機構 (JICA: Japan International Cooperation Agency) では過去の支援経験から再生可能エネルギーの普及には、「ビジネスベースでの普及促進のための環境整備」が重要であるとの教訓を得ている。2008年7月から約4か月間に亘りケニアとウガンダを対象として実施した「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」では、再生可能エネルギーによる電化推進の協力に関して、地方の学校や保健所等の地方公共施設の電化推進の必要性が示された。

これらを踏まえ、JICA は本調査を実施し、新規案件の形成に必要な基礎情報を収集するとともに、ウガンダ・ケニア両国を対象に同プロジェクト研究で提案された公共施設電化にバッテリーチャージング機能を付加したモデルについて、その妥当性の確認と、同提案の内容の具体化を行い、右提案による普及を実現するための周辺環境整備のあり方を検討することになった。

1.2 調査の目的

本調査の目的は以下の通りである。

アフリカの未電化村落において太陽光発電(PV: Photovoltaic)技術普及を進めるための電化モデルとして提案されている、学校や保健所等の地方公共施設を対象に給電を行うとともに一般住民にも充電機能を利用可能とする複合型システムについて、ウガンダ・ケニア両国にお

ける実施可能性を検討した上で、現地での電化ニーズ調査をもとに基本設計及び事業費、システムの運転管理方法、電化事業実施対象候補地域に関する情報等を取りまとめ、他ドナーとの連携を含めて我が国の同分野での協力の基本構想を提言する。

1.3 調査団構成

以下の3名の専門家により調査団を構成した。

- ・ 大瀧 克彦: 総括／地方公共施設電化
- ・ ディパック ビスタ: 太陽光発電
- ・ 小川 良輔: 村落社会調査

1.4 調査活動の概要

全体の調査工程を以下に示す。

	2009/4	2009/5	2009/6	2009/7	2009/8	2009/9	2009/10	2009/11
現地調査	ケニア	ウガンダ						
レポート					▲ ドラフトファイナルレポート		ファイナルレポート	▲

主な調査内容を以下に示す。

- ・ 地方電化及び地方公共施設に関する現状、将来の電化計画等についての情報収集
- ・ 地方の未電化地域及びその地域における公共施設に関する情報収集
- ・ 他ドナーの地方電化事業計画に関する情報収集
- ・ 事業対象候補地域(村落)における電化ニーズや施設管理に関するヒアリング調査(公共施設管理者と一般住民が対象)
- ・ 複合型太陽光発電システムの基本設計と概略事業費積算
- ・ 公共施設における複合型太陽光発電システムの運営管理方法の検討
- ・ 電化事業対象候補地域選定基準の検討

第 2 章 地方電化の現状

2.1 政府の地方電化政策とその達成状況

2.1.1 ケニア国政府の地方電化政策とその達成状況

2.1.1.1 ケニア国の地方電化政策

ケニア国ではエネルギー省 (MoE: Ministry of Energy) が地方電化を所管してきたが、2007 年に地方電化庁 (REA: Rural Electrification Authority) が設立され、2009 年から本格的な事業を開始した。

グリッド電化の人口カバー率は 63% (2008 年) であるが、高額な引込み費用負担の問題などから電気を利用可能な地域でも未電化の家庭が非常に多い。このため、地方部での世帯電化率は 10%程度 (地方部での電力ユーザー450,000、太陽光発電(PV: Photovoltaic)ユーザー300,000 の合計) にとどまっている。

地方電化庁では、グリッド電化地域の人口カバー率を 2012 年までに 100%に引き上げること、地方電化率を現状の 10%程度から 2030 年までに 100%に引き上げること、また、トレーニングセンター、学校、保健施設、公共給水施設、行政機関などの公共施設については 2012 年までに 100%電化する目標を有している²。

2007 年から作成が続けられていた地方電化マスタープラン (REM: Rural Electrification Master Plan) は 2009 年 5 月に最終案が提出された。このマスタープランは 2018 年までの 10 年間を対象としているが、当面前半の 2013 年までの 5 年間の事業(アクションプラン)を具体的に示している。それによれば、2013 年までに地方電化率を 22% (オフグリッドを含む) に引き上げることとしている。

ケニア国では基幹送電線網がかなり整備されてきているため、配電線網の延伸によって未電化世帯の電化を進めていくことが可能となっている。しかし、実際には電源開発の遅れによる電力供給量の不足や引き込み料金負担などの問題から、配電線が架設された地区においても電気の引き込みを行わない家庭が多い。このため、PV や小水力発電によるオフグリッド電化の必要性は依然として高い。

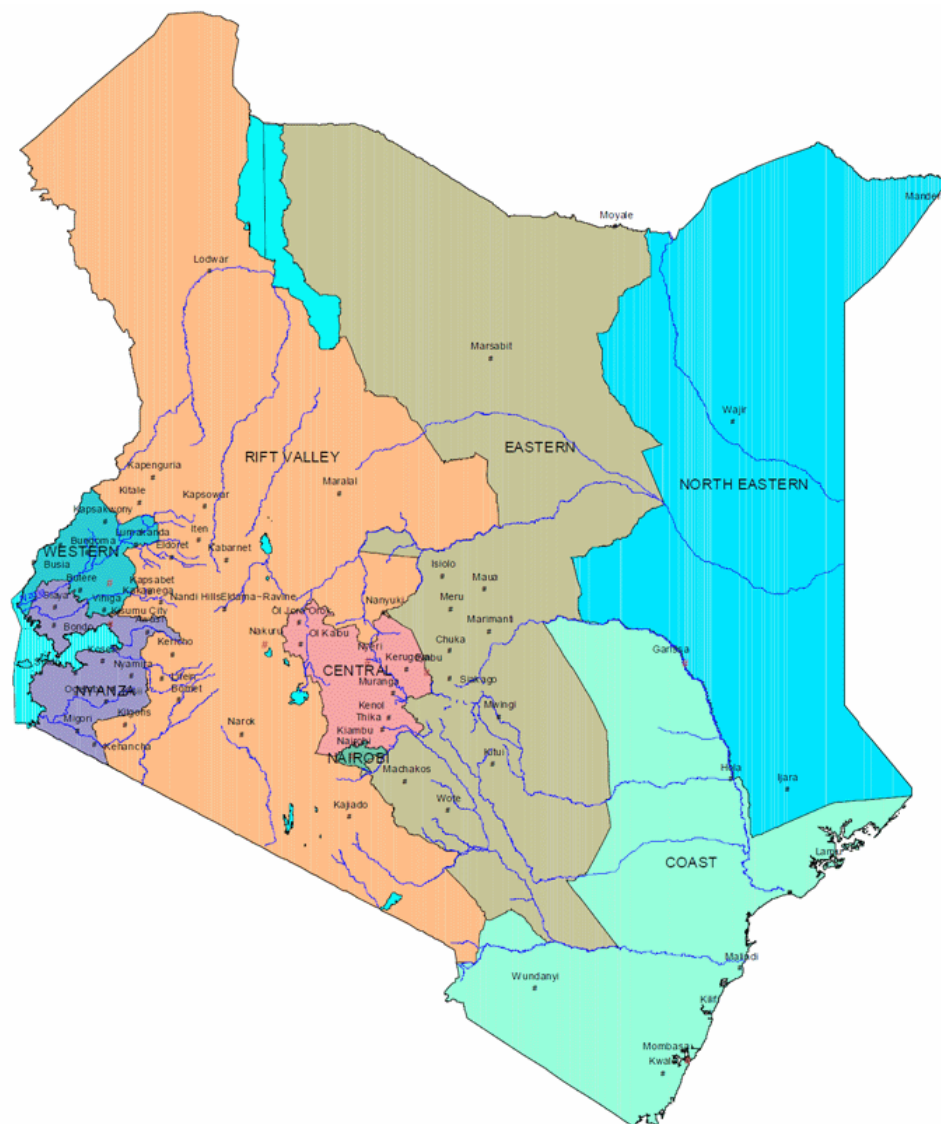
2.1.1.2 ケニア国の行政単位と地方電化率の分布

ケニア国の行政単位は 8 州 (Central, Coast, Eastern, Nairobi, North Eastern, Nyanza, Rift Valley, Western の各 Province) とその下位の行政単位である 254 の県(District)により構成されている。Division、Location、Sub-location、Village がさらにその下位の行政単位である。

210 ある選挙区(Constituency)も地方電化計画などの開発計画の単位として使われている。これは、財源として選挙区ごとに選挙区開発基金 (CDF: Constituency Development Fund) が配分され、学校や保健施設などの建設が行われているためである。以前は県と選挙区の境界は

² Rural Electrification Authority Strategic Plan 2008-2012

完全には一致しておらず、1つの県に複数の選挙区が含まれるケース、その逆に1つの選挙区に複数の県が含まれるケースもあった。しかし、2009年7月に県の数が増加した際に、1つの県に複数の選挙区が含まれるケースはなくなった。(一部の大きな選挙区は複数の県に分割されているため、選挙区の数と県の数とは一致しない。)



Source: Kenya Facts and Figures 2006, Central Bureau of Statistics

図 2.1.1-1 ケニア国行政単位(Province)

公共施設の電化率の低い地域は、日本国外務省により「渡航の是非を検討してください。」との危険情報が発出されている地域とほぼ一致すると考えられる。調査団がケニア国で現地調査を行った段階では作成中であった地方電化マスタープランはグリッド延伸事業の計画をまとめたものであるが、その中で 331 の公共施設についてはオフグリッド電化の対象として提案している。この 331 の公共施設のうち、「渡航の是非を検討してください。」との危険情報の対象となっていない地域に存在するものはわずか 19 施設 (5.74%) に過ぎなかった。

地方電化庁はこの 331 公共施設の選定とは別に、独自に 250 の公共施設をオフグリッド電化

の対象として選定³し、その一部について日本の協力を求める考えを有している。しかし、現状の配電線の延伸状況や、上述の 331 公共施設の分布を考慮すると、本件で将来の協力対象とできる公共施設の数に限られていると考えられる。

表 2.1.1-1 ケニア国の州別公共施設の電化率

Province	Electrified (No.)	Non-electrified (No.)	Unknown (No.)	Total (No.)	Electrified (%)
North Eastern	73	324	0	397	18.39
Eastern	1,603	2,616	54	4,219	37.99
Rift Valley	1,768	2,266	329	4,034	43.83
Coast	467	605	19	1,072	43.56
Nyanza	1,537	1,955	52	3,492	44.01
Western	1,064	734	33	1,798	59.18
Central	2,282	1,282	19	3,564	64.03
Total	8,794	9,782	506	18,576	47.34

Source: Rural Electrification Master Plan Draft Final Report, March 2009

2.1.2 ウガンダ国政府の地方電化政策とその達成状況

2.1.2.1 ウガンダ国の地方電化政策

ウガンダ国では新電力法が 1999 年に制定され、未電化地方部のグリッド電化及びオフグリッド電化の推進は政府の役割であると規定された。電化率の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 (REF: Rural Electrification Fund) が 2001 年に、その資金を活用した電化事業の運営組織として地方電化庁 (REA: Rural Electrification Agency) が 2003 年に設立された。なお、REF は発電課徴金(送電会社の買取価格の 5%)、政府資金、ドナーからの資金で運営されている。

2001 年に作成された地方電化戦略計画 (RESP: Rural Electrification Strategy and Plan) 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。この計画では地方電化プロジェクトに対して、政府が REF から必要な資金助成を行うことが示されている。

ウガンダ国では、2006 年現在、全国の世帯電化率は 10%とされているが、地方部の電化率はわずか 3%とされている⁴。

現在、地方電化については民間主導によって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が採用されている。具体的には、1) ウガンダ電力公社の電力系統の延長に

³ 331 の公共施設については、経済評価により決定され、対象施設はすでに特定されている。系統(将来計画も含む)から 15 km 以上離れていることが条件の 1 つになっている。これに対し、地方電化庁が独自に選定する 250 の公共施設については、系統(将来計画も含む)から 50 km 以上離れていることを条件としており、5 年間に 50 ずつ電化する計画である。2008/09 年度は 250 施設を特定する作業を行う段階であり、調査団による現地調査の段階では対象施設は特定されていない。

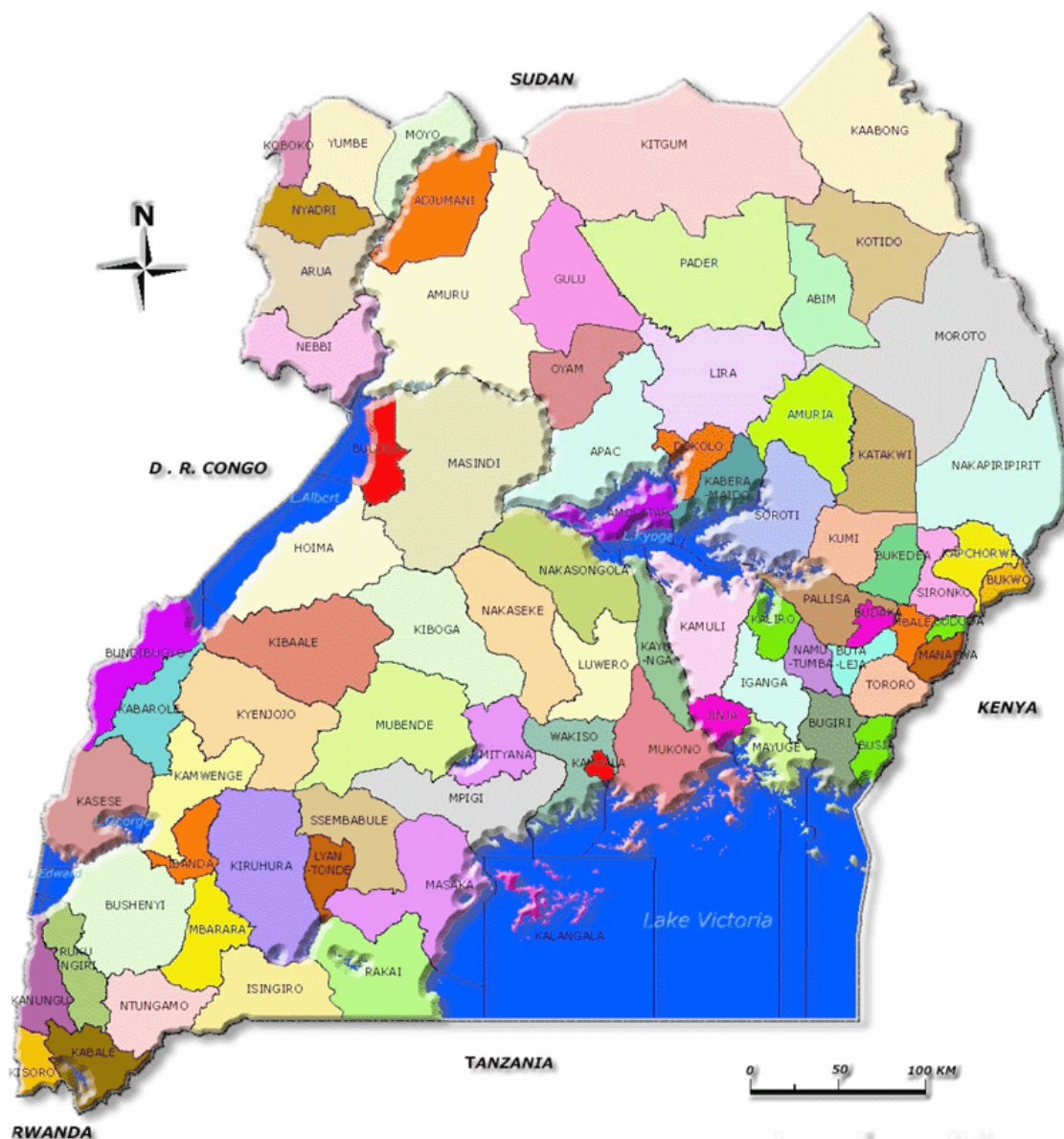
マスタープランによる 331 施設と地方電化庁の 250 施設の関係について、地方電化庁は「331 施設の中から 250 施設を選ぶわけではない」「しかし、重複することはあり得る」としている。地方電化庁が別に選定を行っている理由は、PV システムによる電化と系統の延伸が重複する可能性のある村落を対象から除外するためである。

⁴ Indicative Rural Electrification Master Plan Report (2009 年 1 月)

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システムによる電化、さらに、3) PV システムによる電化 の3つのタイプの事業に民間投資を呼び込むことで、ウガンダ国政府は 2012 年までに地方部の電化率を 10%まで引き上げることを目標としている。

2.1.2.2 ウガンダ国の行政単位と地方電化率の分布

ウガンダ国の行政単位は 80 の県 (District)と、その下位の行政単位である County、Sub-county、Parish、Village により構成されている。



Source: Statistical Abstract 2009, UBoS

図 2.1.2-1 ウガンダ国行政単位(District)

ウガンダ国においても、ケニア国と同様、「渡航の延期をお勧めします。」あるいは「渡航の是非を検討してください。」との危険情報が発出されている地域は少なくない。これらは主にウガンダ国北部である。

しかし、ウガンダ国はケニア国と比較して地方電化率が低いため、危険情報が発出されていない地域内にも本件で協力対象となり得る公共施設の数是一定数ある。世界銀行のプロジェクトである ERT やドイツ技術協力公社 (GTZ: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) により地方電化や公共施設電化が行われてはいるが、未だ行われていない地域も多い。調査団が面談した相手国政府機関からも、本件における協力対象とする県を日本側が選ぶことが十分可能である旨の説明を受けている。

2.2 他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要

2.2.1 ケニア国における他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要

ケニア国において特筆すべきは国際連合工業開発機関 (UNIDO: United Nations Industrial Development Organization) によって行われている Community Power Center (Energy Kiosk) プログラムである。これは、未電化コミュニティにおいて太陽光、小水力、バイオマス、風力などの再生可能エネルギーを利用したオフグリッド発電施設を整備し、そういった手法の可能性を実証するとともに地場産業育成や住民への充電サービス提供による生活水準向上を目指したプロジェクトであり、すでに多くのサイトで実証事業を開始している。このプロジェクトは本構想と極めて近い発想に基づくものであり、その事業内容や成果については精密な分析を行い参考にしていくとともに連携の可能性についても検討する必要がある。



UNIDO による Energy Kiosk

撮影: JICA 調査団



UNIDO が販売する充電式ランタン

図 2.2.1-1 UNIDO による Energy Kiosk (写真)

2.2.2 ウガンダ国における他ドナーによる地方電化プロジェクトの概要

ウガンダ国で実施されている最大の地方電化プロジェクトは世界銀行による Energy for Rural Transformation (ERT) プログラムである。地方電化の推進と情報通信技術セクターの発展を目的とするもので、電化に関しては RESP の目標である地方電化率 10%を達成するため、地方電化庁と協調しながら進められている。このプロジェクトでは、電源開発、グリッド建設、オフグリッド電化(公共施設電化を含む)など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。ERT 第 1 期では、公共施設に対して合計 2,120

システム、1.22 MWp の PV システムの設置が行われたと報告されている⁵。

また地方電化マスタープラン (IREMP: Indicative Rural Electrification Master Plan)は ERT の一環で作成されたもので、これは各地域の送電線拡張計画、人口、地理的条件などの条件をもとに最小費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たものである。

ERT は 2009 年 7 月から第 2 期に入る。第 2 期でも PV の普及は依然として大きなテーマであり、学校、保健施設、給水施設などへの PV 設備設置計画が固まっており、合計 2,054 システム、1.50 MWp の PV システムの設置が予定されている⁶。

現状ではウガンダ国の地方電化率は極めて低く、ERT による PV 設備設置の対象となる公共施設は必要数の 1 割程度にとどまっている。そのため、地方電化庁は JICA など他のドナーによる地方電化、公共施設電化に大きな期待を持っている。

2.3 未電化村落の現況

未電化村落の現況の把握にあたっては、ケニア国、ウガンダ国政府による地方電化計画に関連する報告書類ならびに既存プロジェクト(特にケニア国では UNIDO の Energy Kiosk、ウガンダ国では世界銀行 ERT)の報告書類を参考にしつつ、現地踏査も行い、最新の状況の把握に努めた。なお、現地踏査では当該地域における公共施設等の現況も合わせて調査を行っている。現地踏査の記録は資料 I にまとめた。

2.3.1 電化率

2.1.1.1 及び 2.1.2.1 で述べたとおり、地方農村部の電化率はケニア国では 10%、ウガンダ国では 3%程度である。

いずれの国においても、村落まで配電線が到達した後も住宅等の建物に電気を引き込まない世帯が少なくない。これは、1 戸あたり数百ドルにも達する高額な引込費用が大きな負担であるからである。また、電気料金が低い、停電が多いなどの理由で、PV システムを使用し続ける例も珍しくない。

2.3.2 村落の形態

ケニア国、ウガンダ国とも、調査団が現地踏査の対象とした地域では、道路に沿ってトレーディングセンターが発達していることが一般的であった。ただし、地域によっては、ごく少数の商店が散在しているだけで、明確なトレーディングセンターが形成されていないところもあった。トレーディングセンターとはおもに小規模な商店等が集積している地域である。

トレーディングセンター周辺では数十戸から数百戸程度で、周辺地域では十数戸程度から数十戸程度で集落を形成していることが一般的であった。

⁵ Project Appraisal Document No. 47183-UG (2009 年 5 月), 世界銀行

⁶ Project Appraisal Document No. 47183-UG (2009 年 5 月), 世界銀行

なお、村落の規模は当然、その村落によるが、ウガンダ国の場合、地方部の世帯数 4,735,943、地方部のトレーディングセンター数 2,870 とのデータが示されている⁷。単純平均では 1 トレーディングセンターあたりの世帯数は 1,650 となる。しかし、規模が特定されている 2,835 のうち、世帯数が 100 未満のものが約 4 割(1,143/2,835)、400 未満のものは約 7 割(2,160/2,835)となっている。したがって、少数の大規模な集落が平均世帯数を押し上げていることがわかる。バッテリー充電設備の設計を行う際には個別の対象村落の調査を改めて行う必要があるが、世帯数を取って一般化するならば、未電化地域内における比較的集積度の高い中心的村落が対象になるという考えから、1 集落あたり 200 世帯ないし 300 世帯程度と推定するのが妥当である。

ケニア国の場合、ナイロビ州を除く 7 州の世帯数が 6,695,986⁸、7 州のトレーディングセンター数 9,453⁹とのデータがあり、単純平均で 708 世帯となる。ウガンダ国と同様に少数の大規模な集落が平均世帯数を押し上げていると想定され、ウガンダ国と同様に 200 世帯ないし 300 世帯の集落を想定することに妥当性はあるといえる。

なお、未電化村落のトレーディングセンターの規模は既電化村落のそれよりも小さいと考えられるが、バッテリー充電施設を設置した場合、周辺村落からの利用もあることも考慮する必要がある。

2.3.3 住民の生活や収入

おもな産業は農業で、家畜飼育も多く農家で行っている。調査団が訪問した範囲では家畜飼育について大規模なものは少なく、自家消費程度のものが多かった。ただし、自家消費の程度を大きく超える牧畜を行っている地域もある。ビクトリア湖沿いの地域や島嶼部では漁業が主な産業である。

収入は収穫高、漁獲高などにより大きく左右されるため、月額や年額で定量化するのは短時間のインタビュー調査のレベルでは難しい。「最近収穫高がよくないので収入が下がっている」「家畜の市価が下がっていて家畜を売ってもあまり収入にならない」「大きな魚がとれるかどうかで収入がかなり左右される」などのコメントもあった。

ケニア国、ウガンダ国のそれぞれの 1 人あたり年間 GNI は 680 ドル、340 ドルである¹⁰。1 世帯あたりの人数を 5 人程度として計算すると、1 世帯あたりの平均月収はそれぞれ 280 ドル、140 ドル程度となる。都市部と比べて地方部の収入は低いことが一般的で、実際、ウガンダ国では、都市部の平均世帯月収が Ush 306,278、全国の平均世帯月収は Ush 170,891 であるのに対し、地方部の平均世帯月収が Ush 142,778 であるとのデータがある¹¹。

なお、本調査業務では、現在のエネルギー関連支出とその問題点、将来のエネルギー関連ニ

⁷ Indicative Rural Electrification Master Plan Report (2009 年 1 月)

⁸ 全国平均の 1 世帯あたり平均人数 5.1 人 (Kenya Integrated Household Budget Survey 2005/06)と、ナイロビ州を除く 7 州の人口予測値 34,149,527 人(Kenya National Bureau of Statistics)より計算

⁹ Rural Electrification Master Plan Draft Final Report (2009 年 3 月)

¹⁰ 世界銀行 2007

¹¹ Uganda National Household Survey 2005/2006, Uganda Bureau of Statistics

ーズを把握することにウェイトをおいた。

2.4 未電化村落における電力需要

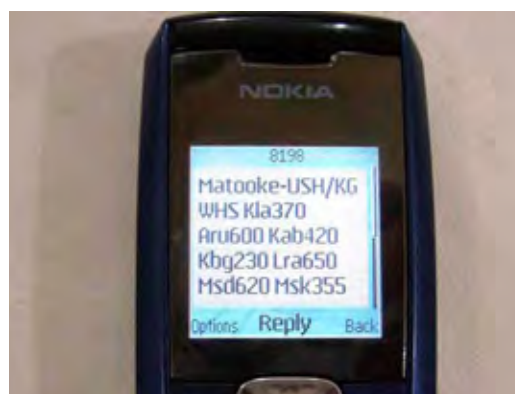
おもに未電化村落を対象とする調査の結果、電力の需要(将来的に電力が代替しうる他のエネルギーの需要を含む)は、携帯電話の充電、照明、ラジオが主なものであった。

2.4.1 携帯電話の活用状況

別の村落に行っても、また、そのためだけに代金を払ってでも電気を購入している、いわば最大の電化ニーズともいえるものが携帯電話の充電である。両国政府の統計によれば、2007 年現在、ケニア国では 4.1 百万の、ウガンダ国では 5.2 百万のそれぞれ携帯電話加入者が存在していた¹²が、新聞報道等によると、2008 年末現在でケニア国では 15.9 百万¹³、ウガンダ国では 8.2 百万¹⁴に増加している。



携帯電話による送金サービス(M-PESA)取扱店
撮影: JICA 調査団



携帯電話で農作物の市況も入手可能

図 2.4.1-1 携帯電話の活用状況(写真)

2008 年末現在の加入者数と入手可能な世帯数の値から計算すると、都市部を含めた携帯電話の世帯普及率はケニア国では 218.1%¹⁵、ウガンダ国では 157.7%¹⁶となる。この数字を未電化村落での携帯電話世帯普及率とみなすことは当然できない¹⁷が、村落でのインタビュー調査でも、たいていの大人は携帯電話を持っている旨の回答が目立ったこと、未電化村落でも携帯電話のプリペイドカード販売店が目についたこと、充電サービス店が未電化村落にも存在することなどから、携帯電話の普及が相当進んでいることは明らか¹⁸である。

¹² Statistical Abstract 2008, Kenya National Bureau of Statistics • Statistical Abstract 2008, Uganda Bureau of Statistics

¹³ Cellular News 2009/4/9

¹⁴ News Vision 2009/1/29

¹⁵ Statistical Abstract 2008, Kenya National Bureau of Statistics による 2007 年の人口(Projected) 37,183,924 人と、Kenya Integrated Household Budget Survey 2005/06 による 5.1 人/世帯から計算した世帯数 7,290,965 世帯から計算。

¹⁶ Uganda National Household Survey 2005/2006, Uganda Bureau of Statistics による世帯数 5,200,000 世帯から計算。

¹⁷ 一般に未電化村落では都市部と比較して所得水準が低く、充電に困難を伴う。また、携帯電話のサービスエリア外である場合もある。そのため、固定電話の代替の需要があるとはいえ、携帯電話普及率は都市部と比較して低いと考えられる。

¹⁸ プリペイド式の加入者が大半であると考えられるが、そもそも、ケニア国、ウガンダ国とも 2009 年 5 月現在、SIM カード購入時の身元確認が不要であり、国境付近など携帯電話の電波が弱い地域では複数の携帯電話事業者の SIM カ

なお、携帯電話の充電サービス料金はケニア国では 1 回 Ksh 20、ウガンダ国では Ush 500 が一般的で、その利用頻度はケニア国、ウガンダ国いずれでも 3 日に 1 回程度あるいは週に 2 回程度とインタビュー調査に回答する回答者が多かった。

2.4.2 充電式照明器具の活用状況

インタビュー調査の結果、充電式ランタンの所有者は多くはなかった。また、充電サービス店でも充電中の充電式ランタンを見かけることはほとんどなかった。しかし、一般の商店や、PV システム関連機器販売店、都市部の大型スーパーマーケットでは充電式ランタン・懐中電灯が販売されている。その一方で、未電化村落の多くの世帯では毎月 4～5 リットル程度の灯油を照明用に費やしている。



灯油照明(ケロシンキャンドル)



灯油照明(ケロシンランタン)



充電式懐中電灯(240 V AC)

撮影: JICA 調査団



充電式 LED ランタン(調査団員が購入したもの)

図 2.4.2-1 照明器具(写真)

したがって、充電式ランタンのニーズがないわけではなく、そのメリット、特にエネルギー消費量の少ない LED ランタンのメリットがまだ広く知られていないことが、まだ普及していない原因と考えられる。

照明の「電化」ニーズについては、携帯電話充電のニーズと比較してやや低い。しかし、照明のためのエネルギーを一切消費していないとのインタビュー回答は皆無である。地域や部

ードを差し替えて使う加入者も少なくないため、正確な加入者数や世帯普及率を把握することは難しい。

族により、また、所得水準(各世帯のエネルギーのために支出が可能な金額)にも左右されるが、照明のニーズは当然あり、すべての人の生活に関わるため携帯電話よりもむしろ高いといえる。未電化村落では灯油により照明を確保している例が目立つが、他に、懐中電灯(おもに乾電池使用)、ろうそく、薪などを使用している世帯も見受けられる。

携帯電話は電気で充電するものであるため急速な普及にともない充電が「電化」ニーズとして顕在化しているが、照明は従来から灯油等で対応してきており電気によることの必然性がないこと、また、電気によることによる利点の知識が普及していないことが、照明の「電化」ニーズが携帯電話充電ニーズよりも顕在化していないことの原因と考えられる。しかし、灯油は高いと言いながら未電化村落では毎日灯油を消費しているのが現状であり、照明のニーズ自体は携帯電話充電同様高いと言える。

例えばケニア国では、灯油照明器具(ケロシンランタン)は Ksh 300~400 程度で販売されており、これを使用するために毎月 Ksh 300 以上(灯油 4~5 リットル)を支出している例が一般的である。明るさが不足する場合はこれを複数台使用している。これに対して充電式 LED ランタンは、入手可能なものが中国製で品質が安定していない問題点はあるにせよ、Ksh 1,200 程度で販売されている。充電料金が Ksh 50/回、月 2 回程度充電と仮定¹⁹すると、充電式 LED ランタンは半年程度で灯油照明器具より経済的に有利となる計算である。

電気による照明のメリット、例えば費用(装置自体・充電などにかかる費用)が低廉であること、明るいこと、火災の危険性が少ないこと、煙が出ないこと、二酸化炭素排出量が少ないことなどのメリットが理解され、ランタンの品質が安定し、かつ、未電化村落近辺でも入手可能かつ充電可能となれば²⁰、電気による照明のニーズは飛躍的に高まり、爆発的な普及もあり得ると考えられる。

2.4.3 自動車用大型バッテリーの活用状況

おもに配電線に接続されている地域で充電した自動車用大型バッテリーを自宅や商店等の電源として使用する例は調査団が訪問した範囲では、ケニア国では見受けられなかった。ウガンダ国では限られた地域のみであったが見受けることができ、一般家庭や充電サービス店の電源として利用されていることが確認できた。しかし、東南アジアの国々ほどは多くなく、これは未電化村落での一般家庭で負荷が大きいとされるテレビの世帯普及率の差とも考えられる。ウガンダ国での充電料金は容量によるが、1 個あたり Ush 1,000~Ush 4,000 であった。

¹⁹ 調査団が確認した充電式 LED ランタンの充電電池の容量(4 Ah, 6 V)は携帯電話の充電電池(700 mAh~1 Ah, 4 V) の 6~10 倍程度であったが、単純に充電料金が 6~10 倍になるとは考えられないため、ここでは携帯電話の 2.5 倍の充電料金と仮定した。1 回の充電で 50 時間使用可能となっており、インタビュー調査の結果では 1 日 2~3 時間の照明使用が一般的であったため、必要な充電回数は月に 2 回程度である。

²⁰ ランタンの充電電池の容量は携帯電話のそれと比べると上述のようにかなり大きい。また、既存の充電サービス店の設備は PV パネル 1~2 枚程度のもので、システム容量は大きいとはいえない。そのため、充電式照明への充電ニーズが増大すれば対応できない可能性が高い。



バッテリー充電サービス店の看板(ウガンダ国)
撮影: JICA 調査団



バッテリー充電サービス店の内部

図 2.4.3-1 自動車用大型バッテリーの活用状況(写真)

第 3 章 公共施設の現状と電化計画

3.1 公共施設の所管・形態・設置状況

3.1.1 ケニア国の関連セクターの現況

3.1.1.1 ケニア国の医療・保健システム

ケニア国の医療・保健施設は、最上位の National Hospital を頂点に、Provincial Hospital、District Hospital、Health Center、Dispensary から構成され、このうち、National Hospital、Provincial Hospital、District Hospital は医療サービス省 (MoMS: Ministry of Medical Service) の管轄となっており、Health Center 及び Dispensary は公衆保健衛生省(MoPHS: Ministry of Public Health and Sanitation) の管轄となっている。

ケニア国内に医療・保健施設は 6,194 施設あり、そのうち、51%が公立、残りの 49%は私立や FBO (Faith Based Organization)によるものである。なお、医療・保健施設の多くは Dispensary である²¹。5 km 以内に医療・保健施設がある人口は全体の 52%とされている²²。



比較的大規模な Dispensary

撮影: JICA 調査団



比較的小規模な Dispensary

図 3.1.1-1 ケニア国の保健施設(写真)

日本の総合病院に近い規模のものは Provincial Hospital である。District Hospital レベルでは、Medical Officer (医師・6 年制大学卒業) はいるものの、各診療科専門の医師がそろっているわけではない状態である。Province、District の下位の行政単位である Division に最低 1 つの Health Center を、さらにその下位の行政単位である Location にできる限り Dispensary を設置する方針となっている。

Health Center では Clinical Officer (准医師・4 年制専門学校卒業) と看護師が数名おり、簡単な手術も可能である。Dispensary では若干名の看護師を中心に、診察や投薬、保健衛生知識の普及活動などを行っている。

²¹ “Health Management Information System” (Ministry of Health, 2005)によると、2004 年現在の保健施設 4,767 施設の内訳は Hospital 562 施設、Health Center 691 施設、Dispensary 3,514 施設となっている。

²² “VISION 2030 First Medium Term Plan 2008-2012”による。

3.1.1.2 ケニア国の教育システム

ケニア国の教育制度を管轄するのは教育省である。ケニア国の学制は 8-4 制である。最初の 8 年間は Primary School (Standard 1～8)、次の 4 年間は Secondary School (Form 1～4)である。ケニア国には 2007 年現在、Primary School が 26,104 校、Secondary School が 6,485 校存在する²³。(うち、Private Primary School は 8,041 校、Private Secondary School は 2,240 校²⁴である。)



Primary School の例

撮影: JICA 調査団



Secondary School (PV システム設置済み)

図 3.1.1-2 ケニア国の学校(写真)

Primary School の入学にあたっては、Public School にするか、Private School にするか、地元から通うか、寮に入れるかなどの選択は保護者に任されているが、寮や Private School に入るためには親の経済力が必要である。ただし、学校の収容能力を大きく超える希望者がある場合には政府による調整がなされることもある。

入学後の転校も珍しくない。Primary School の Standard 6 (日本の小学 6 年に相当)以上では、Prep Class と呼ばれる補習授業が夜間に行われることが一般的であるが、照明のない学校では行うことは困難で行われていない。そのため、Standard 6 になる前に、地元の学校から電化されている学校へ転校する例も多い。これは、Standard 8 (日本の中学 2 年に相当)終了時に行われる、Secondary School への進学に重要な KCPE²⁵に備えるためである。

KCPE の点数と本人の希望により、進学できる Secondary School が決まる。一般に、Public (Government) Secondary School のうち、National または Provincial の Secondary School は設備が充実しており、優秀なスタッフも多いとされるため人気であるが、かなりの好成績が求められる。District 以下の Secondary School は設備やスタッフが充実していないことが多く、親の経済力が許せば Private Secondary を選ぶ生徒も多い。Primary School 卒業生の Secondary School への進学率は地域にもよるが 40～50%程度²⁶である。Primary School 卒業後に Technical Training Institute に進学する生徒もいる。

²³ “Statistical Abstract 2008” (Kenya National Bureau of Statistics)による。

²⁴ Ministry of Education による。

²⁵ Kenya Certification of Primary Education

²⁶ “Statistical Abstract 2008” (Kenya National Bureau of Statistics)による。前年の Standard 8(Primary School の最終学年)の生徒数と、当年の Form 1(Secondary School の第 1 学年)の生徒数の比較による値。

3.1.2 ウガンダ国の関連セクターの現況

3.1.2.1 ウガンダ国の医療・保健システム

ウガンダ国の医療・保健制度を管轄するのは保健省 (Ministry of Health) である。ウガンダ国の医療・保健施設は、最上位の National Referral Hospital を頂点に、Regional Referral Hospitals、District Hospital (District レベル・人口 50 万人に 1 施設)、Health Center IV (County レベル・人口 10 万人に 1 施設)、Health Centre III (Sub-county レベル・人口 2 万人に 1 施設)、Health Centre II (Parish レベル・人口 5,000 人に 1 施設)、Health Center I (Village Health Team・人口 1,000 人に 1 施設) から構成される²⁷。Hospital は合計 114 施設、Health Center IV は 160 施設、Health Center III は 955 施設、Health Center II は 2,008 施設の合計 3,237 施設ある²⁸。なお、Health Center I は建物を持たない。

職員数は施設により差異があるが、Health Center IV では Medical Officer (6 年制大学卒業) が、Health Center III では、Clinical Officer (准医師・4 年制専門学校卒業) が置かれる基準²⁹になっており、他に、看護師、助産師、警備員などが配置されている。



Health Center III の例

撮影: JICA 調査団



Health Center II の例

図 3.1.2-1 ウガンダ国の保健施設(写真)

未電化地域であっても、多くの Health Center で PV システムなどによって電化されている例が見られた。しかし、Health Center II や Health Center III では照明用程度の小規模なものであり、ワクチン保存用冷蔵庫は LPG によっているものが多い。これに対し、Health Center IV は大規模な PV システムが設置されており、PV システムにより冷蔵庫を稼働されている例もあった。

3.1.2.2 ウガンダ国の教育システム

ウガンダ国の教育制度を管轄するのは教育スポーツ省 (MoES: Ministry of Education and Sports) である。ウガンダ国の学制は 7-4-2 制である。最初の 7 年間が Primary School (Primary

²⁷ “Health Sector Strategic Plan II 2005/06 - 2009/10” (Ministry of Health)

²⁸ “2008 Statistical Abstract” (Uganda Bureau of Statistics)

²⁹ “Health Sector Strategic Plan II 2005/06 - 2009/10” (Ministry of Health)

1～7)、次の4年間は Secondary School (O (Ordinary) レベル) (Senior 1～4)、さらにその次の2年間は Secondary School (A (Advanced) レベル) (Senior 5～6)である。ウガンダ国には2007年現在、Primary School が14,728校、Secondary School が2,644校存在する³⁰。Secondary School の中には O レベル(Senior 1～4)のみを有しているものもある。Primary School 卒業生の Secondary School への進学率は59%³¹である。Primary School の多くは Public (Government) School であるが、Secondary School には多くの Private School が含まれている³²。

Primary School 卒業後、あるいは Secondary School の O レベル終了後に Technical Institute に進学する生徒もいる。Technical Institute の入学要件は Institute により異なっている。



Secondary School の例

撮影: JICA 調査団



Secondary School の寮の例

図 3.1.2-2 ウガンダ国の学校(写真)

3.2 未電化公共施設調査結果

未電化公共施設の現況の把握にあたっては、ケニア国、ウガンダ国政府による地方電化計画に関連する報告書類ならびに既存プロジェクト(特にケニア国では UNIDO の Energy Kiosk、ウガンダ国では世界銀行 ERT)の報告書類を参考にしつつ、現地踏査も行い、最新の状況の把握に努めた。なお、現地踏査では当該地域における村落の現況、特に住民のエネルギーの利用状況及び関連支出も合わせて調査を行っている。現地踏査の記録は資料Ⅰにまとめた。

ケニア国では District Hospital 以上のレベルは電化されていると考えられるが、行政単位の変更により District の数が増加した際に、Dispensary が District Hospital に格上げされたケースもあるため、このようなところは電化されていないものもある。Health Center や Dispensary は電化されていないものが多数ある³³。多くのドナーの活動により、PV システムやディーゼル発電機、あるいはガソリン発電機により電化された施設も少なくないが、システムの故

³⁰ “Statistical Abstract 2008” (Uganda Bureau of Statistics)による。

³¹ “Statistical Abstract 2008” (Uganda Bureau of Statistics)による。2006年の Primary 7 (Primary School の最終学年)の生徒数と、2007年の Senior 1(Secondary School の第1学年)の生徒数の比較による値。

³² “Annual School Census 2007”によると、Ownership が Private のものは、Primary School 14,728校のうち2,029校(13.8%)、同様に Secondary School 2,644校のうち1,282校(48.5%)である。

³³ Rural Electrification Master Plan Draft Final Report (2009年3月)によると、ナイロビ州を除く、電化状況が把握できている医療・保健施設3,008施設のうち、約半数の1,507施設が電化されていない。

障や燃料購入費用負担の問題から、現在は電気が使用できない施設も少なくない。また、学校も、その多くが電化されていない³⁴。

ウガンダ国では Health Center IV では 1%、Health Center III では 34%、Health Center II では 65%が電化されていないと示されている³⁵が、PV システムが設置されているものの十分に機能していないもの、故障して放置されているもの、容量がニーズに対して不足しているものも少なくないことに留意する必要がある。Secondary School の 54%、Primary School (Pre-primary 及び Post-primary を含む)の 82%が “Deep Rural”地域に位置すること、Secondary School の 27.0%、Primary School (同)の 4.6%しか配電線に接続されていないこと、計画に基づく電化が完了後も、それぞれ 22.5%、47.1%が配電線に接続されず配電線から 1 km 以上離れた状態で残ることがあることが “Indicative Rural Electrification Master Plan Report” (Ministry of Energy and Mineral Development, 2009 年 1 月)で述べられている。

3.3 地方公共施設における電化ニーズ

3.3.1 保健施設における電化ニーズ

ケニア国では、Dispensary とその上位に位置する Health Center が、ウガンダ国では Health Center II、Health Center III ないし、Health Center IV が本構想の対象となり得る公共施設と考えられる。ウガンダ国の Health Center IV を除き、これらの施設には基本的には医師(6 年制コース卒業)は配置されていない。ケニア国の Health Center やウガンダ国の Health Center III では、准医師(4 年制コース卒業)を中心に、簡単な手術までの対応を行っている。ケニア国の Dispensary やウガンダ国の Health Center II では看護師を中心に、診療や医薬品の処方、保健衛生知識の普及を行っている。

これらの保健施設ではワクチンや輸血用血液保存用冷蔵庫、夜間分娩や急患対応のための照明、防犯用に設置しているセキュリティ用照明のニーズがある。また、保健知識普及のための番組放送のためのテレビやビデオ・DVD 再生装置を有している保健施設では、これらの機器のための電化ニーズもある。

現在、これらの電化ニーズに対しては、小規模な PV システムで対応している場合もあるが、PV システムがない、あるいは容量が不十分な場合、冷蔵庫の場合は LPG、照明の場合は灯油照明(ケロシンキャンドルやケロシンランタン)や懐中電灯で対応している。また、施設によってはガソリン発電機やディーゼル発電機により発電している場合もある。

必要な PV システムの容量は施設の規模にもよるため、個別の算出が必要である。**4.4.2** に想定される負荷ならびに設計案を示した。

³⁴ Rural Electrification Master Plan Draft Final Report (2009 年 3 月)によると、ナイロビ州を除く、電化状況が把握できていない学校(Primary School 卒業後の学校・主に Secondary School) 6,115 施設のうち、過半数の 3,364 施設が電化されていない。Primary School は Secondary School 以上に地方部に散在しているため、さらに電化されている施設の率は低いものと考えられる。

³⁵ “Indicative Rural Electrification Master Plan Report” (Ministry of Energy and Mineral Development, 2009 年 1 月)による。配電線(ミニグリッドを含む)で電化されている Health Center (II~IV の合計)はわずか 10%、Standalone (PV システムまたは発電機)で電化されている Health Center は 37%、電化されていない Health Center は 53%と示されている。



LPG または電気(12 V DC)により稼動する冷蔵庫
撮影: JICA 調査団



診察室の PV による照明

図 3.3.1-1 保健施設での電化ニーズ(写真)

3.3.2 学校における電化ニーズ

Primary School 及び Secondary School が対象となり得る地方公共施設と考えられる。電化ニーズとしては、職員室や寮の照明、職員室やコンピュータ教室でのコンピュータやプリンタの使用がある。また、電化されている寮の場合、食堂にテレビが設置されており、定められた時間内において生徒がテレビを視聴することができることが一般的である。また、Night Prep. Class と称される夜間の補習・自習時間の照明ニーズは Primary Class の高学年や Secondary School にある。

PV システムやケロシンランプや懐中電灯でこれらのニーズに対応している学校もあるが、「電気がないのでコンピュータ教室がない・Night Prep. Class もない」という学校も地方部には多い。したがって、現在使用している設備・備品のみから PV システムの必要容量を計算するのは望ましくなく、将来的に使用されるであろう設備・備品も考慮に入れなければならない。また、将来の進学を考えて、電気があり Night Prep. Class を行っている Boarding School へ生徒が親元を離れて転校する例、電気がないから優秀な教師が来ないなどの問題を抱えている例もあり、十分な容量の PV システムは単に電気を必要とする設備・備品が使用可能になるということだけではなく、生徒が親元から通学することができるようになる、優秀な教師が来るなど、さまざまな副次的な効果が期待できる。

現時点では Secondary School が対象施設として優先され、現に Night Prep. Class を行っている Boarding Primary School がそれに続く優先順位の対象施設と考えられる。

必要な PV システムの容量は施設の規模にもよるため、個別の算出が必要である。4.4.1 に想定される負荷ならびに設計案を示した。

なお、コンピュータを負荷として含める場合、デスクトップコンピュータについては省電力化が現行型よりも進んでいない旧型のものが現地踏査の際に多く見受けられた。また、ディスプレイも消費電力の少ない液晶タイプのものは少なく、ブラウン管のものが多かったことに留意する必要がある。



教室の例



教室の天井に設置される照明の例



寮の内部の例



Secondary School のコンピュータ教室

撮影: JICA 調査団

図 3.3.2-1 学校での電化ニーズ(写真)

3.3.3 給水施設における電化ニーズ

既存の井戸のうち、ハンドポンプでの対応が難しい比較的規模の大きな井戸は本構想の対象として考えられる。特に、ディーゼル発電機がいったん設置されたにも関わらず、発電機の故障により使用されていない井戸は、ポンプをそのまま利用できる可能性が高いため、PV システムによる電化の費用対効果が高いといえる。

他の公共施設の電化と比較して、給水施設の PV システムによる電化が優位な点はバッテリーが不要であることである。夜間など発電が不可能な時間帯にはポンプを停止すればよいからである。また、ケニア国では水に対して料金³⁶を支払うことが一般的に行われており、ここで充電サービスも開始した際に必要な料金徴収の体制作りが比較的容易であることも優位な点である。

なお、ウガンダ国では水に対して料金を支払うことは一般的には行われておらず、この点はケニア国とウガンダ国を同一視することはできない。

必要な PV システムの容量は施設の規模により一概に言えない。個々の施設の水量、深さを確認の上、個別に算出する必要がある。算出方法は 4.4.4 に示した。

³⁶ ジェリカン(20 リットルタンク)1 個につき Ksh 2 程度がインタビュー調査によると一般的であった。井戸はコミュニティが管理しており、水の料金はおもにコミュニティが井戸の設備(ポンプなど)を維持するために使用している。



ハンドポンプによる井戸

撮影: JICA 調査団



PV システムによる井戸(Grundfos 社による)

図 3.3.3-1 給水施設の例(写真)

3.3.4 トレーディングセンターにおける電化ニーズ

トレーディングセンターとは、小規模な商店等が集積している地域であり、一般に、個々の建物は民間所有である。携帯電話等の充電サービス店、理髪店(おもにバリカンのために電気を使用)、ビデオホール(テレビやビデオデッキ等のために電気を使用)など各種ビジネスが多くの未電化地域でも既に活発である。

これらの電気は、PV システムやガソリン発電機を導入することにより、あるいは近隣の配電網が接続された地域で充電した自動車用大型バッテリーを持ち込むことにより確保されている。

これらを導入するための費用は決して安価であるとはいえないが、多く地域で事業主の自己資金や金融機関のローンにより、現にこれらのビジネスが活発に行われていることを鑑みると、トレーディングセンター中の特定の建物に、本件により PV システムを設置することは現実的ではなく、また適切ではないと考えられる。したがって、トレーディングセンターを対象施設とする必然性は、保健施設、学校、給水施設と比較して低いといえる。

ただし、本調査で提案する、コミュニティバッテリー充電システムを設置する対象となる公共施設が適当な場所がない場合は、住民の利便性を考え、トレーディングセンター近傍に所在する他の公共施設を PV システムによる電化の対象施設として検討することも考慮するべきである。



ケニア国での例



ウガンダ国での例



充電サービス店外観(ケニア国)



充電サービス店店内(ケニア国)



充電サービス店店内(ウガンダ国)(1)



充電サービス店店内(ウガンダ国)(2)

撮影: JICA 調査団

図 3.3.4-1 トレーディングセンターと携帯電話充電サービス店の例(写真)

3.3.5 公共施設の位置や活用のされ方

調査団員が訪問した範囲ならびにインタビュー調査では、保健施設はその特性上、村落の中心からそう離れていないところに設置されていることが一般的であった。学校は保健施設と比較して、村落の中心からやや離れている場合もある。これはある程度の敷地の確保が必要であるためであると考えられるが、寮のある学校では生徒を勉強に集中させるためという理由も考えられる。給水施設は村落の中心とは限らないが、比較的アクセスが良好な位置に設置されている場合が多かった。

保健施設は治療のほかに、住民に対する保健衛生知識の普及活動の場として、また、学校は

生徒に対する授業のほかに、ノンフォーマル教育 (NFE: Non Formal Education) の場としても利用されているケースが見られた。

3.3.6 将来的な電化施設の利用のされ方

電化されることにより、公共施設の利用のされ方が急激あるいは大幅に変わるとは考えられないが、照明が確保されることによる利用可能時間の拡大やサービスの向上、テレビ・ビデオ等視聴覚教材の活用などの変化が起こることが予想される。

また、電化されたことにより、優秀な職員が定着する、生徒が他の学校に転校する必要性が小さくなるなど、副次的な効果も期待できる。

3.4 地方公共施設電化の基本構想

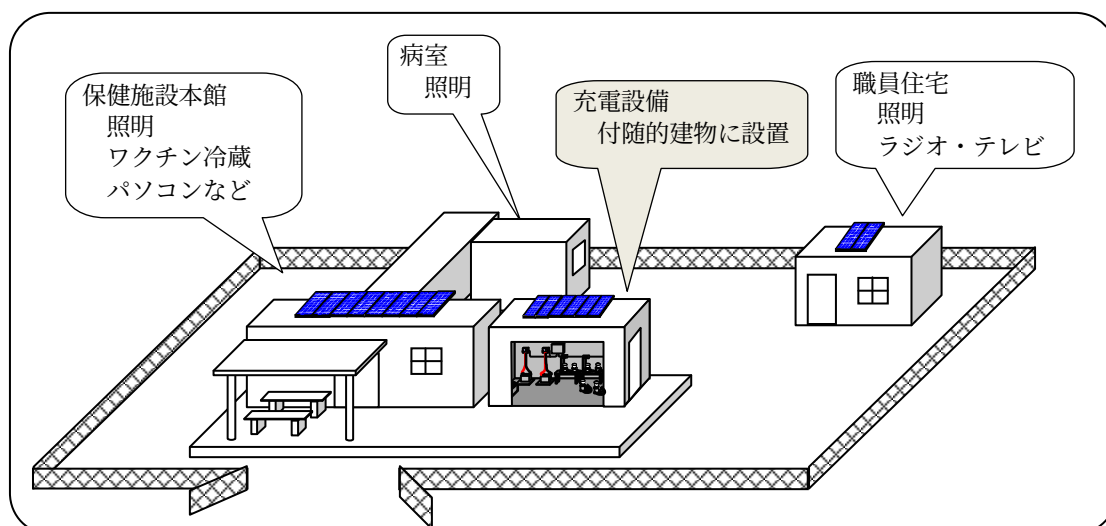
3.4.1 複合型太陽光発電施設の提案

地方農村部における公共施設(保健施設や学校等)を PV で電化することはこれまでも多くのドナーや NGO などが実施している。今回、JICA がケニア国とウガンダ国を対象に調査している構想は、これら公共施設に対する基本的な PV 設備に加え、地域住民が利用できるバッテリー充電機能を付加した複合型システム(=コミュニティソーラーシステム(仮称))である。(図 3.4.1-1 参照)

公共施設を電化する目的は詳しい説明を要するまでもなく、教育、保健あるいは給水といった地方部においても生活の基本となる公共サービスの向上である。加えて、このような PV を利用した充電施設を地方部に展開し、現下の大きなニーズである携帯電話の充電に対応するとともに LED 利用または蛍光灯利用の充電式ランタンの普及を促すためのインフラを整備することによって、未電化農村ではほとんど唯一の照明手段である灯油ランプからの脱却を図るという新しい貧困対策のシナリオを自立的に実現していくことが可能と考えられる。

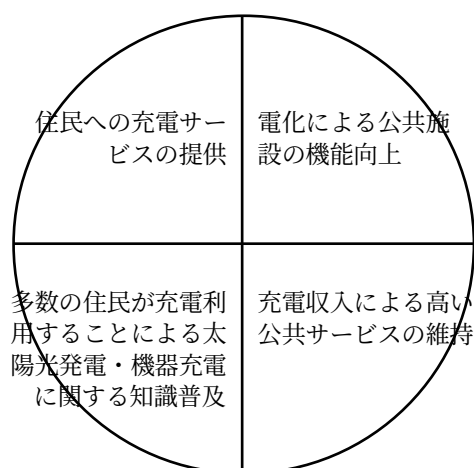
このバッテリー充電施設については、充電施設のみを分離して設置することももちろん可能であるが、本構想では未電化コミュニティにおける公共施設を対象とした電化設備による住民サービス向上と充電設備を併設することによるシナジー効果を実現するものであり、電化設備、充電設備を別々に設置するよりも大きな効果が期待できる。これは、従来進められてきた未電化コミュニティにおける SHS (Solar Home System) の普及とは異なるアプローチであるが、高価格であるものの便利な装置である SHS を否定するものではなく、むしろ、SHS への道を切り開く先行的プロジェクトとして位置付けることができよう。

灯油ランプからほぼ同価格の充電式ランタンに切り替われば、燃料の灯油価格上昇による経済的負担増大の抑止、火事などのリスクの低減、煤などによる健康被害の抑制などのメリットがあり、さらに二酸化炭素排出量削減効果も生じる。長寿命・省エネルギーの LED ランタンの未電化地帯への普及は世界銀行/IFC 主導のプロジェクトである「Lighting Africa」とも共通する考え方である。我が国は太陽電池パネル、LED、充電式電池などの分野で世界のトップランナーであり、本件のようなプロジェクトへの期待は大きい。



Prepared by JICA Study Team

図 3.4.1-1 コミュニティソーラーシステム模式図(保健施設の例)



Prepared by JICA Study Team

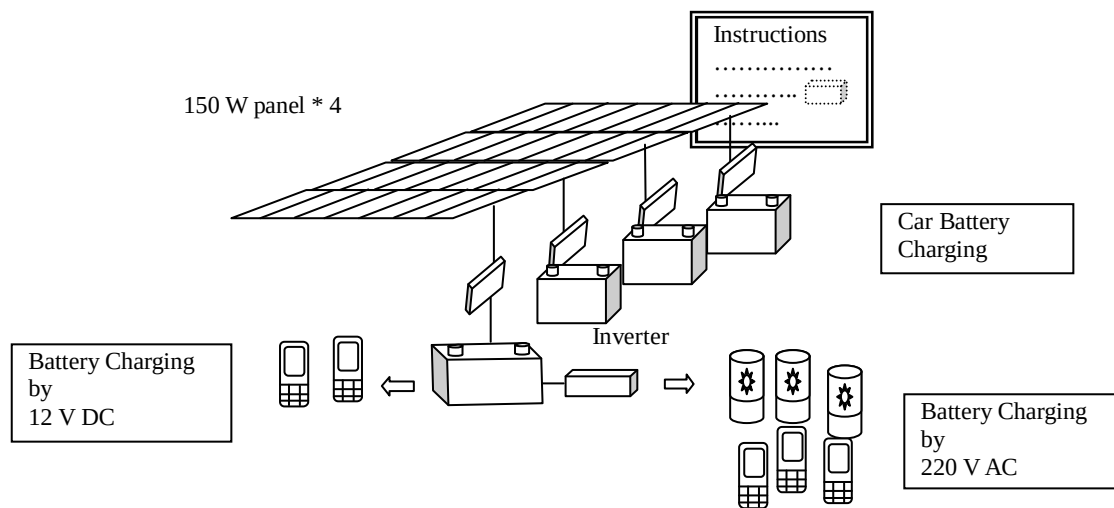
図 3.4.1-2 コミュニティソーラーシステムの設置目的

このプロジェクトによって期待される効果は以下のとおりである。

- ・ 電気の利用(照明、ワクチン冷蔵、事務機器使用など)により公共施設の機能・サービスのレベルが向上する。
- ・ 住民が各種機器(携帯電話、充電式ランタン、自動車用大型バッテリーなど)の充電を地元で容易に行える。
- ・ 充電サービスに対する利用料の徴収によって公共施設の PV 設備の維持管理費用の確保など資金収支が改善され、その結果、公共施設における高いレベルのサービスが持続的に提供可能となる。
- ・ 多数の住民に充電施設を利用してもらう過程で地域内に PV に関する知識が広まる。(啓蒙・教育効果)

充電設備を利用する住民がそこに集まることで各種のバッテリー利用機器に関する情報が村落内に短期間で伝わり、共有される。まだほとんど知られていない充電式 LED ランタン

などもこのようなプロセス(情報伝達の「場」)があれば普及のスピードは速くなる。したがって、充電設備については収入を得る手段という側面だけでなく、このような村落内における PV に関する情報(知識)普及効果(マーケット開拓効果)も大きなメリットとして位置付ける必要がある。



Prepared by JICA Study Team

図 3.4.1-3 充電設備の模式図

第 4 章 太陽光発電システム設計

4.1 過去の典型的な事例

4.1.1 ケニア国での過去の典型的な事例

ケニア国ではこれまで再生可能エネルギーについて明確な政策がなかった。そのため、以前から太陽光発電(PV: Photovoltaic)のマーケットは商業ベースで動いており、国内の設置件数や容量等も把握されていない状況である。エネルギー省では、2005 年から学校や保健施設に PV システムの設置を進めている。各選挙区の国会議員が希望する施設の案を提出し、その中からエネルギー省が対象施設を選定している。表 4.1.1-1 にエネルギー省が入札を行い PV システムの設置を行った地域及び施設を示す。

表 4.1.1-1 ケニア国エネルギー省による PV システム設置地域・施設

Fiscal Year	Region	Facilities
2005/2006	North Eastern	Secondary schools
2006/2007	Rift Valley, North Eastern, Eastern and Coast	Secondary schools
2007/2008	Rift Valley, North Eastern and Eastern	Secondary schools, Boarding Primary schools, Dispensary
2008/2009 (To March end)	North Eastern and Eastern	Dispensary, Health Center, Primary school, District Hospital, Sub-District Hospitals
2008/2009 (On Going project)	Rift Valley and Eastern	Dispensary, Health Center, Primary and Secondary schools
2008/2009 (To Start)	Rift Valley, Eastern and Coast	Boarding Primary and Secondary schools, Dispensary and National park

Prepared by JICA Study Team based on data from MoE

エネルギー省は優先的に Eastern、North Eastern 及び Rift Valley 各州の全寮制の学校、保健施設に PV システムの設置を行っている。2008/2009 年度の前半まではエネルギー省により PV システムの設置が行われてきたが、2008/2009 年度の後半からはエネルギー省の予算で地方電化庁が設置を行うこととなり、2009 年 5 月 24 日付の新聞に入札を行うための公告が掲載されている。今後は地方電化マスタープランに基づき、系統延長されない地域の公共施設に PV システムの設置を行う計画で、地方電化庁がサイト選定を行っている。2009 年 3 月末まで設置が行われた公共施設毎の設備容量の範囲を表 4.1.1-2 に示す。

表 4.1.1-2 2009 年 3 月末まで公共施設に設置された PV システムの容量の範囲

Facilities	Installed PV Capacity	Average
Primary School	2.4 kWp - 5.06 kWp	3.73 kWp
Secondary School	1.14 kWp - 6.3 kWp	3.32 kWp
High School	1.3 kWp - 11.68 kWp	6.49 kWp
Dispensary	0.55 kWp - 0.77 kWp	0.66 kWp
Health Centre	1.3 kWp - 3.08 kWp	2.19 kWp
Sub-District Hospital	1.5 kWp - 3.3 kWp	2.4 kWp
District Hospital	1.5 kWp - 3.3 kWp	2.4 kWp

Source: MoE and REA

設置するシステムの大きさを決定する際には、事前に施設の実地調査を行い、部屋の数や大きさ、必要負荷量等を確認した上で PV システムの容量を決めている。PV システムは主に照明負荷の電源として利用されており、システムは同じ公共施設であっても建物毎に別々の

システムを設置する方法を取っている。上記の表からも、施設の大きさに合わせて対応していることがわかる。例えば学校の場合、Administration Block (本館)では校長室、副校長室、事務室、職員室、教室、図書室、実験室、学校全体のセキュリティ等の照明用電源、コンピュータ用電源が、寮では男子寮及び女子寮別々に照明と全体のセキュリティの照明用電源が、台所・食堂では照明用電源とテレビの電源が、それぞれ設置されている。教室の照明は夜間(おもに午後7時から午後9時)の学習時間に利用され、テレビは食事中や休日に利用される。寮のない Primary School の場合であっても、6年生～8年生が夜間にも学校で学習しているが、多くの学校では電気がないため学習に支障をきたしている。学校によっては国際機関、NGO、宗教団体により、小型の PV システムが設置されているところも存在するが、灯油ランプの程度の明るさであり、教室の全体を照らし問題なく学習できるレベルとはいえない状況にある。

保健施設の場合、小規模なものでも1つの建物に4～5部屋ある。視察した Olgulului Health Centre には2つの建物があり PV システム設置工事中であったが、PV モジュール、バッテリー、インバーター等はまだ設置されていなかった。1つの建物には受付及び待合室、治療室2室、薬品保管室があり、薬品保管室には20 W 照明2灯、他の部屋には20 W 照明1灯がそれぞれ設置されていた。建物の外周には20 W 照明が合計6灯設置されていた。もう1つの建物にある分娩室には20 W 照明5灯、職員の居室には20 W 照明2灯、外周には20 W 照明が6灯あった。

保健施設にはワクチン用冷蔵庫が設置されている。LPG により動作しているが、LPG が定期的に届かないため冷蔵庫を停止せざるを得ない保健施設もある。このワクチン用冷蔵庫は12 V DC や AC による電源供給も可能なものであり、その容量は85 W である。しかし、エネルギー省がこれまでに保健施設に設置した PV システム容量は0.77 kWp 以下であり、ワクチン用冷蔵庫の電源は考慮されていないと推定される。

NGO、他援助機関や地域住民の協力により、分娩室やその他の部屋の整備が進みつつある保健施設もあり、電力需要が増えることが予測される。



小型ワクチン冷蔵庫 (85 W)

撮影: JICA 調査団



12 V DC 接続用専用プラグ

図 4.1.1-1 ワクチン用冷蔵庫(写真)

エネルギー省が設置を行った PV システムのコストを以下の表 4.1.1-3 に示す。以下の表に

は輸送費及び設置費用は含まれてない。地方電化庁によれば輸送費及び設置費用はシステムコストの 20～25%である。

表 4.1.1-3 エネルギー省設置の PV システムのコスト

Fiscal Year (F/Y)	Total Budget (Ksh)	Installed Number (No.)	Total Installed Capacity (kWp)
2005/2006	51,262,682.00	16	39.53
2006/2007	170,381,288.62	40	158.16
2007/2008	181,962,301.47	40	158.51
2008/2009	60,888,534.00	38	46.97
2008/2009	97,940,943.00	On-Going	
2008/2009	To Start		
Total	562,435,749.09	134	403.17
Average	112,487,149.82	34	100.79

Exchange rate: USD 1.0 = Ksh.79.29, Ksh.1.0 = JPY 1.285

Source: MoE

エネルギー省が設置を進めている PV システムは、施設全体を 1 つのシステムとせず、建物毎に 1 つずつのシステムを構成するようになっている。また、システム電圧 12 V DC を AC に変換して利用している。システム容量が大きい場合には、充放電装置やインバーターの数を増やして、それぞれ別々にバッテリーを備えて対応している。無日照日は 3 日とし、1 日で放電される量はバッテリーの全容量の 20% となるようにバッテリーの容量を決定している。

ケニア国では UNIDO がコミュニティパワーセンターのエネルギー源として再生可能エネルギーの利用に力を入れている。小水力、PV、植物油燃焼のディーゼル発電機、バイオガス、風力の利用が主であり、再生可能エネルギーの組み合わせによりハイブリッドシステムを構築し地域毎の適用可能なエネルギーを利用する方法をとっている。以下の表 4.1.1-4 では特に PV に関係するシステムを示す。

表 4.1.1-4 UNIDO の PV 関連プロジェクトサイト及び容量

No.	Name of site	Location	Type of system	Capacity	Commission	Note
1	Kibae Hybrid	Keruguya town on Mukengeria River, Kirinyaga District	Hydro & Solar PV hybrid	2 kW & 0.5 kWp	2008	The first Pilot project.
2	Mesocho	Keera River, Kisii District	Hydro to Solar PV	0.5 - 1 kWp		Due to reduction of water flow planned to change the power source to solar
3	Siaya	Siaya District	Straight Vegetable oil & Solar PV	10kW & 2 kWp	2009	Joint project between UNIDO/UNDP
4	Bungoma (Changara)	Past Malakisi town, Teso District	Straight Vegetable oil & Solar PV	10kW & 2 kWp	2009	Joint project between UNIDO/UNDP
5	Ngong	Kajiado District	Solar PV & Wind	3kWp & 5kW	Planned to begin in May 2009	To provide power to local Masaai Village school, hospital and trading center

Source: UNIDO

UNIDO は以上の表に示したようなコミュニティパワーセンターを設立し、携帯電話充電、充電式 LED ランタンの販売、充電やインターネットのサービス、コンピュータ講座などを行っている。サービス料収入により、運用や維持管理を行っていく方針でプロジェクトを進めている。

4.1.2 ウガンダ国での過去の典型的な事例

ウガンダ国では世界銀行(World Bank)の協力により、2002年8月から ERT (Energy for Rural Transformation) プログラムを実施しており、地方のオフグリッド地域の学校に教育スポーツ省 (MoES: Ministry of Education and Sports) を通じて PV システムを設置している。PV システムの設置は入札を通じて最小費用方式で行っている。入札に参加し、機材を納入するためには、地方電化庁の審査を受ける必要がある。ERT の第1期・第1ロットで設置された PV システムの容量やコストを以下の表 4.1.2-1 に示す。

表 4.1.2-1 ERT 第1期・第1ロットで設置された学校用 PV システムの容量・コスト

No.	District	No. of Schools	Total Capacity (Wp)	Total Cost (EUR)
1	Apac	14	7,050.00	135,897.50
2	Arua	15	9,750.00	171,912.90
3	Bushenyi	20	12,975.00	243,960.50
4	Kamuli	14	5,925.00	112,094.70
5	Kasese	14	4,575.00	93,649.00
6	Kibaale	12	6,075.00	111,495.90
7	Luwero	8	1,725.00	38,864.50
8	Mbale	12	4,200.00	82,630.20
9	Mubende	12	4,125.00	89,481.20
10	Pallisa	8	2,475.00	55,158.60
Total		129	58,875.00	1,135,145.00

Source: REA

ERTでは地方の保健施設に PV 設備を設置した。2004年3月から6月までにかけて、20 District の計 632 施設の調査を行い、病棟毎に必要なとされる電力量の算出を行っている。その際、施設の大きさ、患者数、地域の位置などを考慮して PV システムの容量を算出している。このため同じ種類の建物であっても、条件によって適切なものを選べるよう、数種類の PV システムが設計されている。例えば、外来病棟用には 4 種類、分娩室用には 3 種類、一般病棟用には 2 種類、手術室用には 2 種類、試験室用には 2 種類のシステムが設計されている。これら以外に、職員住宅用のシステムも職員の地位により異なる合計 8 種類のシステムが設計されている。

PV システム関連機器販売業者による情報を基に作成した ERT 第1期で行われた保健施設の PV システム設置コストの平均を以下の表 4.1.2-2 に示す。

表 4.1.2-2 ERT 第1期で設置された保健施設用 PV システムの容量・コスト

Purpose	Application for	Capacity (Wp)	Cost (US\$/Wp)
Lighting	Staff quarter (Health worker/Doctor)	Above 100 Wp	13.00
	Medical Ward	Above 750 Wp	15.00
HC IV	Medical, Theatre & Lab equipment	Above 1,280 Wp	21.85
HC III	Medical & Lab equipment	Above 650 Wp	20.00

Source: PVシステム関連機器販売業者に対する聞き取り結果をもとにJICA調査団作成

ウガンダ国では水資源開発局 (DWD: Directorate of Water Development) が水供給の計画を行っている。2006年の時点での各地域の人口と実績を以下の表 4.1.2-3 に示す。

表 4.1.2-3 安全な水へのアクセス率

Region	Population (no.)	Access to Water (%)
West Nile	2,104,404	63.5
Northern	2,524,173	51.2
Western	2,956,490	66.8
South Western	3,789,621	65.1
Buganda (Central)	5,395,832	58.2
Eastern	6,695,698	56.4
Karamoja (North Eastern)	1,202,850	40.5

Source: DWD

DWD の 2005 年の目標は 65%であったが、上記の表からは目標に達していないことがわかる。2015 年に 75%に引き上げることを DWD は目標としている。DWD は現在、既存の Gravity feed rural water schemes をほとんどの場合利用しており、今後の計画のためには水の汲み上げや供給のために電力が必要になると考えられる。DWD の調べでは地方部では 40~80 m ヘッドから 1 m³の水を汲み上げて供給を行うために、0.3~0.67 kWh/m³のエネルギーが必要である。

世界銀行の協力により DWD は 2006 年に 17 の PV 水ポンプシステムの入札を行い、2007 年 11 月から 2008 年 4 月にかけて設置を行った。以下の表 4.1.2-4 は 17 システムの設置箇所及び容量を示す。

表 4.1.2-4 DWD・世界銀行により設置された PV 水ポンプシステム

Region	Site	District	Installed Capacity (Wp)
West Nile	Nyapea	Nebbi	23,400
	Nyadri	Maracha	8,640
	Delo	Yumbe	18,000
	Morudu	Yumbe	18,000
	Laropi	Moyo	8,640
	Pekelle	Adjumani	8,640
	Ciforo	Adjumani	8,640
Western	Kagadi	Hoima	4,440
	Nyakabara I	Kyenjojo	13,320
	Nyakabara II	Kyenjojo	4,440
	Rwebosongo	Bundibugyo	8,880
	Muhoro RGC	Kibaale	8,640
South Western	Mahyolo	Kamwenge	12,960
Buganda (Central)	Kalangala	Kalangala	13,320
Eastern	Katakwi	Katakwi	8,880
Karamoja (North Eastern)	Nakiperimolu	Kotido	8,880
	Matany	Moroto	8,880
Total Installed Capacity (Wp)			186,600

Source: DWD

4.2 独立型太陽光発電設備の設計手法と設計ツール

4.2.1 独立型太陽光発電設備の設計手法

独立型 PV 設備は系統連系設備と異なり、太陽電池パネルで発電した電気エネルギーをバッテリーに蓄え、電気機器を利用する際にはそのエネルギーを取り出して利用するというクロードなシステムである。このため、設備を計画する場合には 1 日に必要とされる電力需要を算定し、それに対応した発電を行うための太陽電池パネル集合体(Solar array)および蓄電

を行うバッテリー集合体(Battery bank)の規模をそれぞれ算定する必要がある。

クローズドなシステムでバックアップの供給力はないため設備設計においては発電、蓄電それぞれについて余裕を大きめにとることが肝要である。この結果、設備全体としては冗長性の高いものとなり、需要の一時的な増加や日照不足などの特異な状況にも対応でき電力利用の安定性が向上する。本構想のように途上国の地方農村部に設置する場合には、維持管理についてのリスクを十分考慮し冗長性の高いシステム設計を心がける必要がある。

設備設計作業の第一歩となる 1 日当たりの電力需要を算定するフォーマットの一例を図 4.2.1-1 に示した。未電化地域の公共施設を対象とした電力需要想定を行う場合の注意事項としては、施設管理者がさまざまな電気機器についての希望を出すことが多く、その利用予想時間についても必要以上に長くなりがち傾向があることである。このような希望的な数値をそのまま採用すると PV 設備が必要以上に大型化し、その設備利用率が低いまま推移する結果となり、過剰設備という批判を受ける可能性も生じる。このような事態を避けるためには、電力需要想定においては最大需要ではなく平均需要を採用するという考え方を徹底する必要がある。独立型 PV 設備の場合にはバッテリーに電気エネルギーが貯蔵されているため、電池容量にある程度の余裕があれば平均的な需要を超える需要が発生しても十分対応可能であり、通常の発電設備の設計とは大きく異なる。(ディーゼル発電など一般の独立型発電設備の設計では蓄電は考慮しないため最大電力需要に対応した設備能力が必要となる。)

Load Analysis

AC Load				
Load Description	Qty	Power Rating (W)	Operating Time (hrs/day)	Energy Consumption (Wh/day)
*****	x	xx	xxx	(Qty * W * hrs/day)
Sub total				a

DC Load					
Load Description	Qty	Voltage (V)	Battery Capacity (Ah)	Rate of Discharge (%/day)	Energy Consumption (Wh/day)
*****	x	xx	xxx	xxx	(Qty * V * Ah * %/day)
Sub total					b

Average Daily DC Energy Consumption

a+b Wh/day

Prepared by JICA Study Team

図 4.2.1-1 電力需要算定フォーマットの例

Solar array の規模については現地の日照条件に依存することは明らかであり、需要想定と同時に気象データの入手が設計の第一歩となる。また Battery bank の規模については、曇天・雨天で十分な日照がない場合やその他のトラブルによって充電ができない場合でも蓄電さ

れたエネルギーを利用して何日間電力を利用可能とするかという条件(補償日数)の設定の仕方によってその規模は大きく変わってくる。補償日数を長くすれば設備としては安定度が向上するが、バッテリーは数年で寿命となるためその交換費用との関係からあまり長期間に設定することはできない。

需要想定結果をもとに Solar array、Battery bank の規模を決定していくことになるが、それぞれの算定に必要なデータおよび基本となる計算式は以下のとおりである。

Solar array 算定に必要なデータ

・1日の電力需要

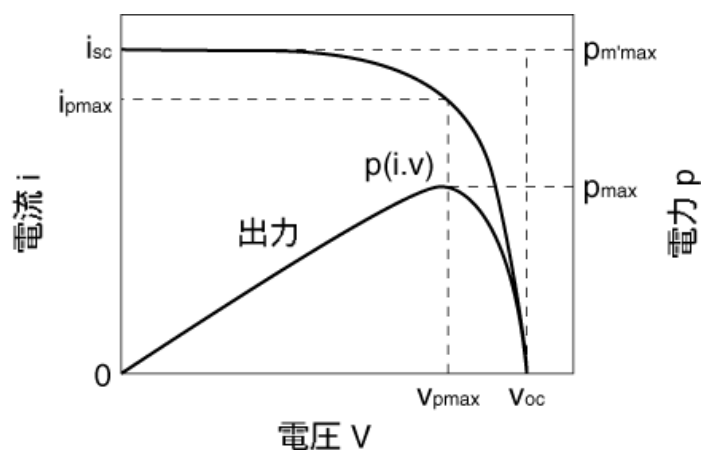
・日射量(日照時間)³⁷ (原則として日射量が最小の月のデータを基準にする)

・太陽電池パネルの発電効率(ロス)³⁸

Solar array 規模(W)

$$= \text{電力需要(Wh)} \div \text{日照時間(h)} \div \text{効率}$$

ここで注意しなければならないのは、太陽電池の定格出力(W_p)として表示されている値は日射量が $1,000 \text{ W/m}^2$ という条件での最大出力($P_{\max}$)であり、そのポイントにおける電圧、電流の値をそれぞれ最大動作電圧($V_{p\max}$)、最大動作電流($I_{p\max}$)と規定している。(以下の図参照) 通常、バッテリー電圧が 12 V の場合には最大動作電圧が 18 V 程度のパネルが用いられるが、実際に太陽電池が発電してバッテリーに充電している時の動作電圧は $13 \sim 14 \text{ V}$ であり、この時の太陽電池の出力は最大出力よりも低い値となっている。この点を考慮し、購入すべき太陽電池パネルの出力は上記の計算で得られる Solar array の出力よりも大きな値としなければならない。



Prepared by JICA Study Team

図 4.2.1-2 太陽電池の電気特性

このため、以下の計算式のように Solar array に必要な電流値を求め、その値に利用しようと

³⁷ 実際の日射量を基準となる日射量である $1,000 \text{ W/m}^2$ 場合の日照時間に換算した値を用いる。

³⁸ 電池の劣化、パネル温度、方位など多数の要因の合成値となる。

する太陽電池パネルの最大動作電圧を乗じて Solar array の出力とするほうがより正確な値³⁹となる。

Solar array 規模(W)
= Solar array の電流(A) × 最大動作電圧(V)
= (電力需要(Wh) ÷ バッテリー電圧(V) ÷ 日照時間(h) ÷ 効率) × 最大動作電圧(V)

Battery bank 算定に必要なデータ

- ・1日の電力需要
- ・補償日数
- ・バッテリー電圧⁴⁰
- ・許容する放電深度
- ・バッテリーの充放電効率(ロス)、インバーターの変換効率(ロス)

Battery bank 規模(Ah)
= 電力需要(Wh) × 補償日数 ÷ 電圧(V) ÷ 放電深度 ÷ 効率

また、本構想ではコミュニティ住民が利用できる充電設備を併設することとしている。この充電施設については以下の3種類の充電式機器を想定している。

- (1) 携帯電話 (240V AC から充電することを想定)
- (2) 充電式ランプ (同上)
- (3) 自動車用大型バッテリー (太陽電池からの直接充電を想定)

このうち、(1)と(2)については雨天や夜間の充電も考慮して Battery bank とインバーターを備えた設備とする必要がある。これに対して(3)については充電に必要なエネルギーが大きく、バッテリーを使った充電システムとすることは難しいため、太陽電池からの直接充電とする。

太陽電池パネル、バッテリーともに利用可能な出力、容量は自由に決定できるものではなく、最終的には設計値をもとに市販されている機種の中からどれを利用するかによって実際の設備規模が決定される。したがって、最終的な設備規模は前述の計算結果に基づき選定された太陽電池パネル、バッテリーの定格出力、容量に数量を乗じたものとなる。

4.2.2 設計ツール

本構想を実施する場合には、上記の基本的な設計手法を対象となる保健施設、学校などの公共施設に適用して設計を行うこととなる。しかし、このような施設についてはケニア国、ウガンダ国ともに施設の規模、部屋数、レイアウトなどは地域事情や経済事情などから地点ごとにさまざまであり、設置される PV 設備についても標準モデルという形で提案することはなかなか難しいと考えられる。このため、標準モデルを設定するのではなく、対象となる公共施設に必要な電気設備の数量や消費電力のデータをインプットすることで PV 設備の規模が計算できる「設計ツール」を開発することによってどのような施設でも対応可能とし、さらにケニア国、ウガンダ国以外の国々でも活用できるようにすることが効果的と考えられる。

³⁹ 太陽電池の電流は最大動作電圧以下ではあまり大きく変化しないという特徴がある。

⁴⁰ 12 V が基本であるが大型設備の場合には電流値を下げるため 24 V が採用されることがある。

このため、以下のような方針でこの設計ツールについて検討する。

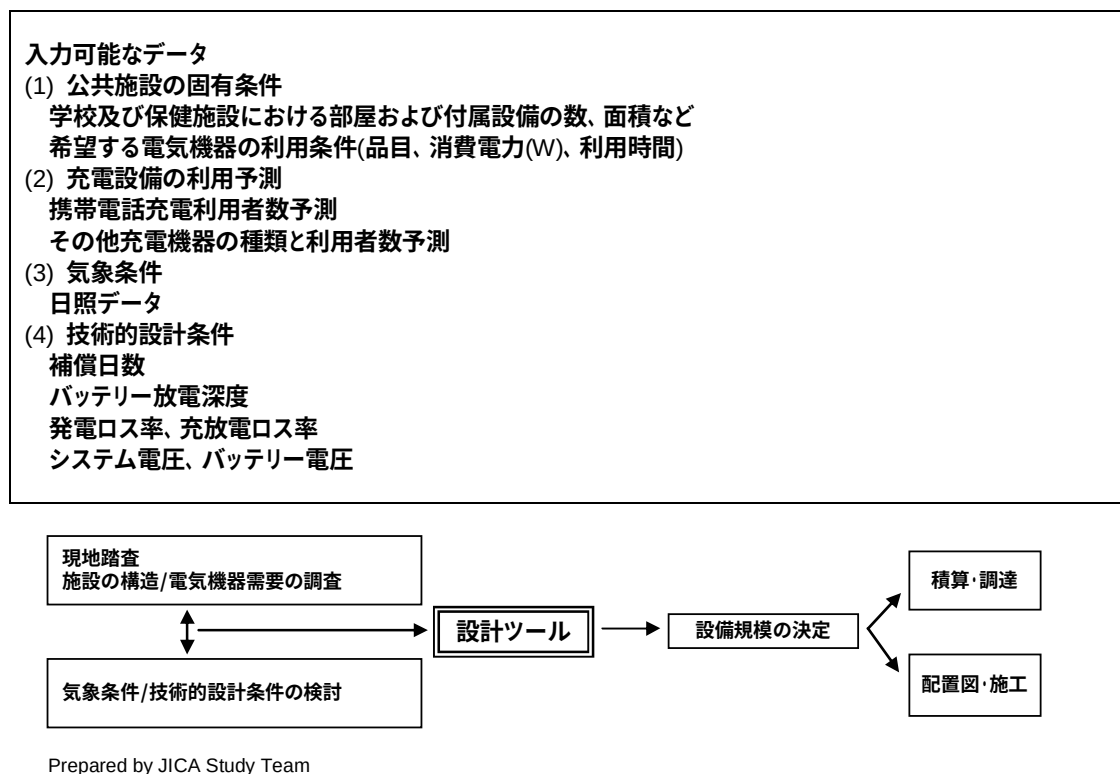


図 4.2.2-1 PV 設備の設計作業フロー

このような考え方にに基づき作成された設計ツールの作成例を以下に示す。

Demand Estimation			
	AC Load	a	Wh/day
	DC Load	b	Wh/day
	Average Daily DC Energy Consumption	a+b	Wh/day
PV Array Sizing			
	Average Daily DC Energy Consumption	c a+b	Wh/day
	DC System Voltage	d Normally 12V or 24V	V
	Insolation	e insolation data (xxx Wh/m²) divided by 1,000W/m²	hrs
	Efficiency	f Combination factor of charge/discharge loss, temperature, etc	%
	Required Maximum Current	g c/d/e/f	A
	Rated Maximum Voltage	h around 18V in case of 12V system	V
	Module Rated Maximum Power	i g*h	W
	Selected Size of Module	j	W
	Number of Modules	k round-up of i/j	
	Actual Rated Array Capacity	l j*k	W
Battery Bank Sizing			
	Average Daily DC Energy Consumption	c a+b	Wh/day
	DC System Voltage	d Normally 12V or 24V	V
	Days of Autonomy	m Normally 3 days but depends on site conditions	days
	Allowable Depth of Discharge	n	%
	Efficiency	o Combination factor of discharge loss, inverter loss, etc	%
	Battery Bank Rated Capacity	p c/d*m/n/o	Ah
	Selected Size of Battery	q	Ah
	Number of Batteries	r round-up of p/q	
	Actual Rated Battery Bank Capacity	s q*r	Ah

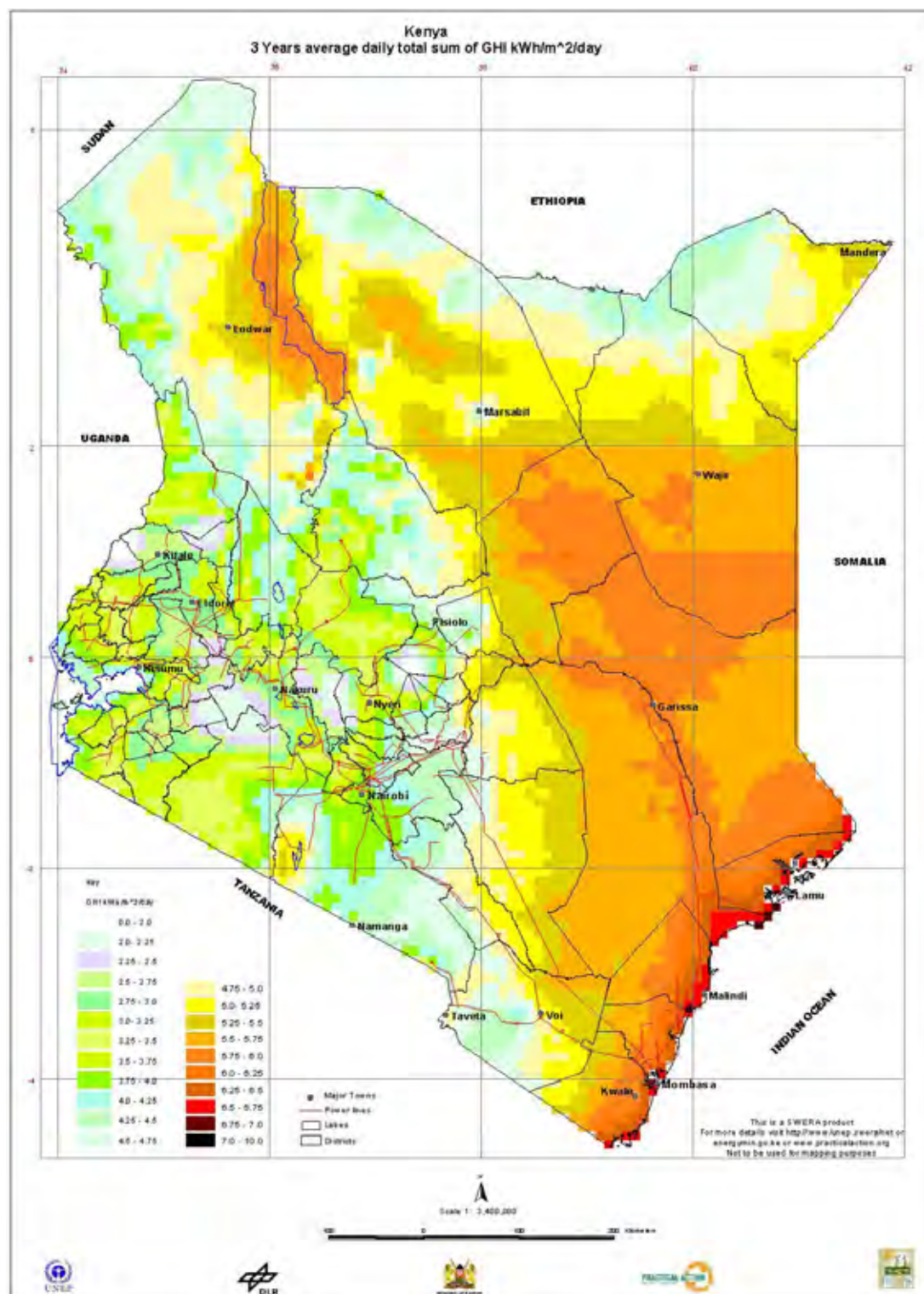
Prepared by JICA Study Team

図 4.2.2-2 設計ツールの作成例

4.3 基本条件

4.3.1 日射量

ケニア国エネルギー省から入手した 3 年間(2000～2002 年)の平均日射量マップを図 4.3.1-1 に示す。



Source: MoE

図 4.3.1-1 ケニア国平均日射量マップ(2000～2002年)

全国の平均日射量は $4 \sim 6 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ (日射時間換算値 $4 \sim 6$ 時間)あり、エネルギー省や地方電化庁はシステム構築する際には $5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ (日射時間換算値 5 時間)を使用している。東部と、北西部の一部で $5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ 以上の値を示しているが、北部のエチオピア国境付近や北西部のスーダン国境付近、西部、南部タンザニア国境付近では $4 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ より下回

るところもあることがわかる。2000 年から 2002 年の平均日射量マップを資料 II の図 II.1-1 から図 II.1-3 に示す。

地方電化庁によれば、ウガンダ国の平均日射量は 4.4～5.5 kWh/m²/day で、システム構築の際には南西部及び高山地域以外では 5.0 kWh/m²/day、南西部及び高山地域では 4.0 kWh/m²/day を使用している。

両国とも数値化したデータが入手できないため、全国の平均日射量を NASA の衛星データにより算出することとした。NASA の衛星データは 22 年間(1983 年から 2004 年まで)のデータであり、長期間の気象条件を含んだ値になる。ケニア国、ウガンダ国とも赤道を跨いでいるため北半球・南半球に分けて平均日射量を算出した。

ケニア国については、表 4.3.1-1 に北半球の、表 4.3.1-2 に南半球の、表 4.3.1-3 に全国の月平均水平面日射量の 22 年間の平均値、最小値、最大値を示す。また、図 4.3.1-2 にこれらのグラフを示す。

ケニア国の北半球では 4～8 月及び 10～12 月の月平均日射量は年間平均日射量よりも少ないが、1 年通して月平均日射量は 5 kWh/m²/day 以上あることがわかる。雨季にあたる 6 月であっても年間平均日射量に近い日射量があるなど、年間を通じた日射量の変動が比較的小さく、PV システム構築に有利な条件である。これに対して南半球では、平均日射量が 5 kWh/m²/day を大きく下回る月があるなど、北半球と比べて季節による変動が大きい傾向にあることがわかる。

表 4.3.1-1 ケニア国北半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m²/day)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	6.26	6.69	6.39	5.76	5.69	5.38	5.39	5.79	6.37	5.84	5.43	5.79	5.89	819
Minimum	5.27	5.76	5.75	5.18	5.19	4.63	4.79	5.27	5.71	5.27	4.63	5.08	5.21	(m)
Maximum	6.94	7.51	7.04	6.25	6.16	5.87	5.96	6.30	6.90	6.33	5.90	6.41	6.46	

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 4.3.1-2 ケニア国南半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m²/day)

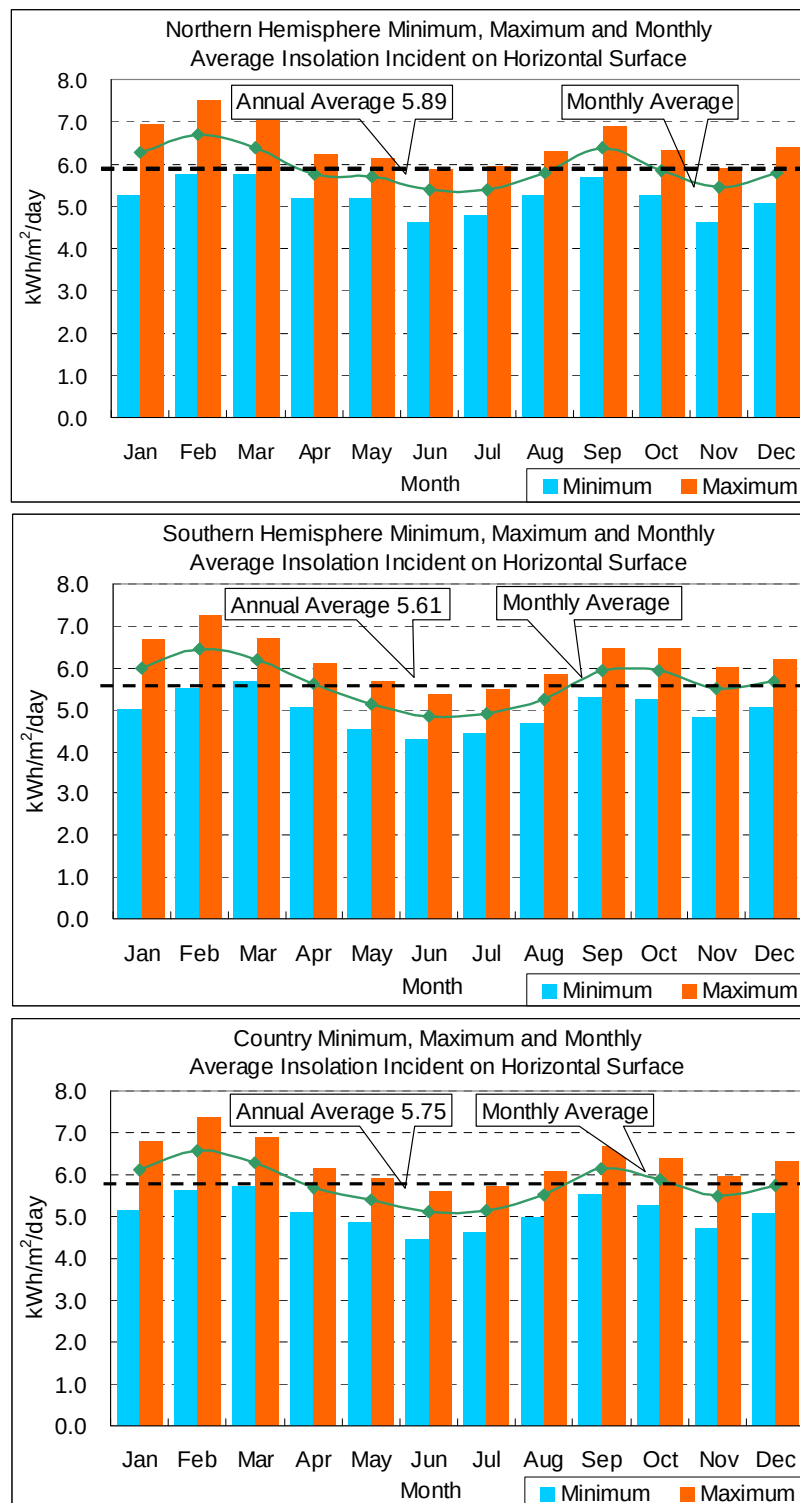
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	5.98	6.44	6.20	5.63	5.13	4.83	4.89	5.24	5.93	5.92	5.51	5.67	5.61	820
Minimum	5.03	5.51	5.67	5.07	4.54	4.29	4.46	4.66	5.31	5.24	4.81	5.09	4.97	(m)
Maximum	6.67	7.25	6.70	6.11	5.69	5.36	5.48	5.84	6.49	6.48	6.02	6.22	6.19	

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 4.3.1-3 ケニア国全国最低・最高及び月平均水平面日射量(kWh/m²/day)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	6.12	6.56	6.30	5.70	5.41	5.11	5.14	5.51	6.15	5.88	5.47	5.73	5.75	819
Minimum	5.15	5.64	5.71	5.13	4.87	4.46	4.62	4.97	5.51	5.26	4.72	5.09	5.09	(m)
Maximum	6.81	7.38	6.87	6.18	5.92	5.61	5.72	6.07	6.70	6.40	5.96	6.32	6.33	

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)



Source: NASA データをもとに JICA 調査団作成

図 4.3.1-2 ケニア国北半球/南半球/全国での水平面日射量(1983~2004 年)

ウガンダ国については、表 4.3.1-4 に北半球の、表 4.3.1-5 に南半球の、表 4.3.1-6 に全国の月平均水平面日射量の 22 年間の平均値、最小値、最大値を示す。また、図 4.3.1-3 にこれらのグラフを示す。

ウガンダ国の北半球では5～8月及び10～11月の月平均日射量は年間平均日射量よりも少ないが、1年通して月平均日射量はおおむね $5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ 以上あることがわかる。南半球でもおおむね平均日射量が $5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ で、1年を通じて変動が小さいことがわかる。また、南半球と北半球の平均値比較した場合、北半球の平均値は南半球の平均値より約 10%程度高いことがわかる。

表 4.3.1-4 ウガンダ国北半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量($\text{kWh/m}^2/\text{day}$)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	5.97	6.23	5.91	5.53	5.36	5.06	4.97	5.22	5.68	5.37	5.30	5.64	5.51	1,163
Minimum	5.47	5.30	5.38	5.10	4.95	4.50	4.58	4.83	5.15	4.90	4.49	5.06	4.98	(m)
Maximum	6.61	7.14	6.58	5.95	5.79	5.54	5.52	5.64	6.29	5.92	5.79	6.14	6.08	

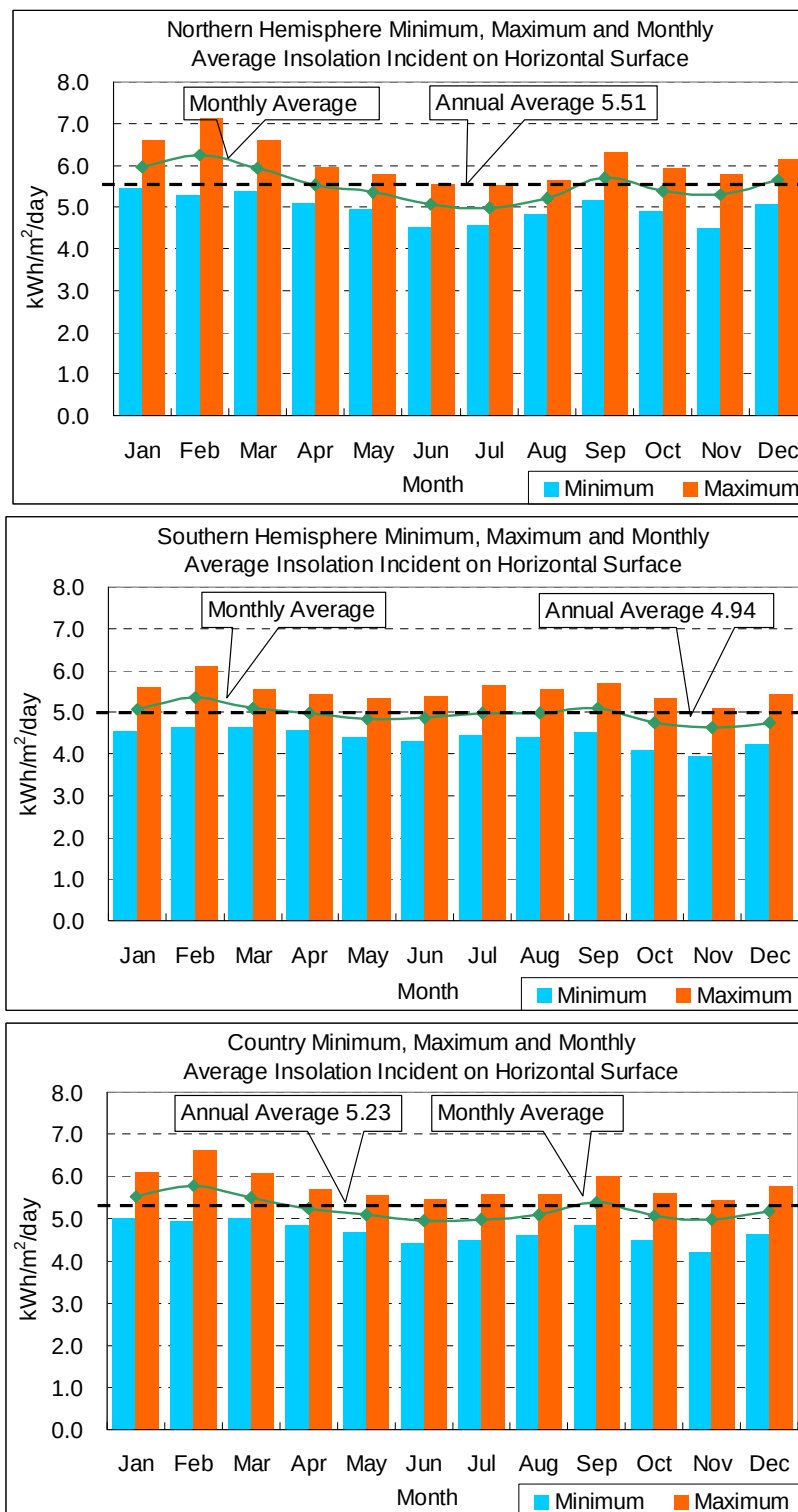
Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)表 4.3.1-5 ウガンダ国南半球側の最低・最高及び月平均水平面日射量($\text{kWh/m}^2/\text{day}$)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	5.06	5.35	5.09	4.97	4.85	4.86	4.99	4.98	5.09	4.73	4.63	4.73	4.94	1,569
Minimum	4.55	4.63	4.64	4.59	4.41	4.31	4.43	4.40	4.52	4.07	3.94	4.22	4.39	(m)
Maximum	5.59	6.11	5.55	5.43	5.32	5.39	5.65	5.55	5.71	5.31	5.10	5.43	5.51	

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)表 4.3.1-6 ウガンダ国全国最低・最高及び月平均水平面日射量($\text{kWh/m}^2/\text{day}$)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation
Average	5.51	5.79	5.50	5.25	5.10	4.96	4.98	5.10	5.39	5.05	4.97	5.19	5.23	1,366
Minimum	5.01	4.96	5.01	4.84	4.68	4.41	4.51	4.62	4.83	4.49	4.22	4.64	4.69	(m)
Maximum	6.10	6.62	6.07	5.69	5.56	5.47	5.58	5.59	6.00	5.61	5.44	5.79	5.79	

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)



Source: NASA データをもとに JICA 調査団作成

図 4.3.1-3 ウガンダ国北半球/南半球/全国での水平面日射量(1983～2004 年)

ケニア国、ウガンダ国いずれにおいても、地域や季節によっては月平均日射量が 5 kWh/m²/day を下回る場所もある。しかし、個々の PV システムの設計の際には、地域ごとの日射量を適用して計算を改めて行うため、本報告書においては、システムの容量を算出する際の日射量の値として、5 kWh/m²/day (日射時間換算値 5 時間)をケニア国、ウガンダ国い

ずれにおいても使用することとする。

実施の際に各システムの容量を算出するために使用する緯度・経度毎の 22 年間の月平均、月最低及び月最高日射量の値を資料Ⅱの表Ⅱ.2-1 から表Ⅱ.2-6 に示す。

4.3.2 無日照日

PV 設備を構築するにあたり、天候不順などによってバッテリーへの充電が連続して行われない日数(補償日数または無日照日数)の決定は重要な要素である。通常はこれを 3 日と想定するのが一般的である。ケニア国においては、エネルギー省は無日照日数を 3～4 日で計算しており、地方電化庁も同じ値を使用する方針を示している。また、ウガンダ国でも同様に 3～4 日で計算している。

表 4.3.2-1 にケニア国の、表 4.3.2-2 にウガンダ国の 22 年間の無日照日数を示す。

表 4.3.2-1 ケニア国平均無日照日数(1983～2004 年)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Average of North	4.85	3.83	3.04	3.02	2.74	4.23	3.40	2.84	3.17	3.00	4.35	3.71	3.52
Average of South	4.92	4.17	2.55	2.92	3.94	2.97	2.59	3.57	2.97	3.77	3.69	3.06	3.43
Country Average	4.88	4.00	2.79	2.97	3.34	3.60	3.00	3.20	3.07	3.38	4.02	3.38	3.47

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 4.3.2-2 ウガンダ国平均無日照日数(1983～2004 年)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Average of North	2.89	4.60	3.15	2.59	2.68	3.56	2.74	2.54	3.06	3.08	4.97	3.54	3.28
Average of South	3.16	4.19	2.86	2.52	2.84	3.39	3.24	3.04	3.44	3.72	4.65	3.30	3.36
Country Average	3.03	4.43	3.06	2.55	2.71	3.52	2.90	2.75	3.13	3.33	4.87	3.49	3.31

Source : NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

全国の年間平均の無日照日の積算日数はケニア国が約 3.5 日、ウガンダ国が約 3.3 日であることがわかる。無日照日数は月単位での無日照日数の累計であり、連続無日照日数ではない(3.5 日あるいは 3.3 日間連続して無日照である可能性は低い)こと、また、バッテリーの必要容量を算出する際には市販されている容量に切り上げる(つまりバッテリー容量は計算上算出された値よりも余裕があるものが採用される)ことから、システムの容量を算出する際の無日照日数としては 3 日を適用することとした。ケニア国及びウガンダ国の緯度・経度毎の 22 年間の無日照日数データを資料Ⅱの表Ⅱ.3-1 と表Ⅱ.3-2 に示す。

4.3.3 その他の条件

システム電圧

公共施設を PV で電化する際に、ケニア国ではシステム電圧として 12 V DC を採用している。また、ウガンダ国では保健施設では 24 V DC を、学校では 12 V DC を採用している。供給電圧はいずれも 240 V AC、50 Hz を採用している。

本計画でも同じ値を使用して、必要機器の選定や容量の算出を行うこととする。

バッテリー

ケニア国では国内で生産されている大型の開放型のバッテリーを使用する人が多い。このバッテリーは自動車用のバッテリーを改良してPVシステムでも利用可能としたものであるが、寿命が短く、数年に一度の頻度で交換することが必要である。また、ウガンダ国では運搬やメンテナンスの関係で密閉型バッテリーが使用されている。バッテリーによって放電深度や寿命が異なる。

交換コストなど何らかの理由で交換できなかった場合、PVシステムが使用できずに放置されることとなる。また、このようなバッテリーには直並列の接続数に限りがあり、バッテリーが多量の場合には均等に充放電できず、バッテリー全体の寿命に影響する。バッテリーの放電深度及び寿命を参考までに表 4.3.3-1 に示す。

表 4.3.3-1 バッテリーの種類

種類	最高放電深度	寿命
12 V自動車用バッテリー・開放型	30%	2～3年
12 V改良型自動車用バッテリー・開放型(ケニア国内で生産・使用されている)	50%	3～4年
12 Vソーラーバッテリー・密閉型	50%	4～5年
12 V, 6V(小容量)と2 V深放電深度バッテリー・密閉型	70%	7年以上
2 V 深放電深度バッテリー・開放型 サイトまでの運搬・維持管理・危険物扱い等の理由により近年は大量生産されなくなっている。	80%	8年以上
(参考) 大容量キャパシタ (定格電圧の半分の電圧まで利用した場合、4 V～2 V) バッテリーの寿命は1日の最高放電深度が20%程度の場合である。	75%	15～20年

Prepared by JICA Study Team

照明負荷

LED ランプはまだ技術開発が続けられている商品ではあるが、そのエネルギー効率の高さや長寿命であるといったメリットから次世代の照明として注目されており、すでに懐中電灯、自動車用照明などの分野では普及が始まりつつある。今後は、蛍光灯に代わる業務用、家庭用の光源としても普及していくことが予想され、我が国ではこのような用途についてもすでに多数の商品が市場に投入されている。

この LED ランプを PV 機器に利用することも十分可能である。まだその価格が高いことから本格的な利用には至っていないが、エネルギー効率が高いため SHS であれば蛍光灯を使う場合よりも PV モジュールを小さくすることができ、ランプの価格以上のコストダウンが実現する可能性がある。また、充電式ランプであればバッテリーの小型化が可能であり、同じ電池を使う場合には蛍光灯の場合よりも充電間隔が長くなるというメリットがある。

さらに、蛍光灯を使う場合には、一定の時間がたてば蛍光管の交換が必要となるが、そのスペアの入手は未電化農村部では容易ではなく、PVシステムの持続的な利用を困難にしている大きな要因となっている。長寿命の LED ランプを使うことによってランプの交換が必要なくなるということは未電化農村部での PV の持続性向上に非常に大きなインパクトがある。このような多くの利点から、地方部での PV システムの利用拡大を進めるにあたっては LED ランプの利用について積極的に取り組んでいくことが必要であろう。

本計画では2つのケースに分けてシステム設計を行うこととする。

- ・ **ケース I:** 現在公共施設に設置する場合に採用されている標準的な PV モジュール、ソーラーバッテリーなどを利用するケース。PV モジュールは欧米製やインド・中国製などさまざまであるが、調達ロットが小さいため現地価格は割高となる。バッテリーは現地または近隣国で生産されているもので放電深度は 50%と想定する。
- ・ **ケース II:** ケース I をもとに照明器具に省エネルギーで長寿命の LED ランプを使い、設備容量を小型化するケースを参考として示す。ケース I の負荷のうち、照明負荷について 70%としたものである。

表 4.3.3-2 に示す設計パラメータを適用して、システム設計を行う。

表 4.3.3-2 設計パラメータ

項目	値	単位	備考
平均日射時間	5	時間	1日の日射量を、1,000 W/m ² /hで換算した場合の日射時間 (1,000 W/m ² ×5 h/day=5 kWh/m ² /day)
無日照日	3	日	年間通じて連続で無日照日の可能性ある日数
PVモジュール効率	80	%	汚れ、温度上昇による発電量の低下、経年劣化
インバーター変換効率	90	%	DCからACへの変換を行うため(メーカーや機種によって異なる)
チャージコントローラー効率	95	%	過充放電防止やスムーズな充電を行うため(メーカーや機種によって異なる)
バッテリー充放電効率	90	%	自己放電含む温度変化による容量変化
バッテリーの最大放電深度(DOD)	50	%	改良型自動車用最高利用可能容量
システム電圧(ケニア国)	12	V	供給電圧は240 V AC・50 Hz
システム電圧(ウガンダ国・保健施設)	24	V	
システム電圧(ウガンダ国・学校及び充電施設)	12	V	
PVモジュール電圧	17	V	選択されるモジュールによって具体的な電圧は異なる

Prepared by JICA Study Team

4.4 設計案

未電化地域にはPVシステムを設置して携帯電話の充電サービスを行っている場所が多く存在するが、そのほとんどが小型のPVシステムを利用しているため容量が小さく、1日で充電できる容量や機器の数は限られる。その一方で、充電式ランタンや自動車用大型バッテリーを電源とした照明、ラジオ、テレビなどが利用されるケースもあるが、これらの充電のためには充電可能な場所まで多くの時間と費用をかけて通う必要がある。多くの住民にとってSHS (Solar Home System) のような高価なシステムの購入は経済的に困難である。しかし、灯油の代替としてLED等による充電式ランタンを購入し、充電したい意向を持っている。

このような状況から判断すると、個人が所有している携帯電話、充電式ランタン、自動車用大型バッテリーを充電可能とするシステムを公共施設に併設し、住民の利便に供することができれば理想的である。ただし、公共施設に併設できない場合には独立した充電システムを設置することも想定する。

設計パラメータ以外に負荷量、利用時間等で必要となるPVシステムの容量は大きく左右される。異なる施設、例えば学校、保健施設とではそれぞれに合った適切なPVシステムの容量を算出する必要がある。それぞれの施設で必要とされる負荷の容量や利用時間を想定し、必要とされるPVシステムの容量を算出することとする。また、住民を対象とした充電施設

については、公共施設側の PV システムとは別に容量を算出し、併設が可能な場合には公共施設側の PV システム容量に足して設置を行うこととする。

LED 照明を使用し、負荷が小さくなれば PV システム容量やバッテリーの容量を小さくすることが可能となり、システム全体の価格を下げることも可能になる。現時点では対象未電化地域での LED 照明の入手は困難であるが、我が国が機材供与を行う場合には十分可能である。したがって、今回の算出では、現地で一般的に採用されている高効率照明負荷の値を基本としつつ、参考として LED ランプ利用の場合も算出を行った。

4.4.1 学校の太陽光発電システムの設計

4.4.1.1 ケニア国の学校

エネルギー省では学校のうち、寮のある Secondary School や Primary School について、優先的に照明用電源として PV システムの設置を行っている。学校によって教室の数や大きさが異なるため、設置する際には学校の現地調査を行い、負荷および設備ごとの容量を決定し、入札を通じて設置を行っている。システム電圧は 12 V DC としており、必要容量が多い場合にはチャージコントローラーやインバーターの数量を増やして対応している。照明器具などへの供給は 240 V AC 単相、50 Hz で行っている。

実施にあたっては当該施設のある場所の日射量や、現地調査による負荷や施設の配置を確認した上でのシステム設計が必要であるが、ここでは調査団が現地で収集した情報、エネルギー省が現在まで行った実績、エネルギー省が地方電化庁を通じてこれから行う計画を参考に一般的な学校における負荷を想定した。想定した負荷を表 4.4.1-1 に示す。

表 4.4.1-1 ケニア国の学校(Secondary School)で想定する負荷

Subject	Load (W)	Qty.	Load sub-total (W)	Use (h/day)	Daily load (Wh/day)	Remark
For main building			1,440		3,700	Sub-total
Class room	120	4	480	3	1,440	(20 W x 6 lamps) x 4 room
Laboratory	20	2	40	3	120	20 W x 2 lamps
Principal office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Vic-principal office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Staff office	20	2	40	1	40	20 W x 2 lamps
Administration office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Library	20	2	40	3	120	20 W x 2 lamps
Entrance hall & corridor	10	4	40	3	120	10 W x 4 lamps
Computer for office work (including printer)	350	2	700	2	1,400	Normally running hour is short, it is also use to prepare question papers and printing
Security lights	10	4	40	10	400	Outdoor lights
For dormitory			160		960	Sub-total
Boys dormitory	10	4	40	2	80	10 W x 4 lamps (around 90 student)
Girls dormitory	10	4	40	2	80	10 W x 4 lamps (around 90 student)
Security lights	10	8	80	10	800	Outdoor lights for 2 buildings
For dining hall and kitchen			310		1,210	Sub-total
Kitchen	20	3	60	3	180	Including preparation & cleaning
Dinning hall	20	3	60	3	180	Including cleaning
Security lights	10	4	40	10	400	Out door lights
TV (holidays and free hours)	150	1	150	3	450	At dining hall
For staff quarter			130		340	Sub-total
Bed room	10	2	20	2	40	2 bed rooms
Living room	10	1	10	2	20	Common use
Kitchen	10	1	10	2	20	Common use
TV/Radio	80	1	80	3	240	Common use
Entrance	10	1	10	2	20	10 W x 1 lamp

Prepared by JICA Study Team

上記の表の値を適用した 1 日あたりの負荷量を表 4.4.1-2 に示す。照明負荷は夜間学習にほとんどが使用される。食堂でのテレビは学生用で、休日や休憩時間に利用されることを想定している。職員住宅(Staff Quarter) は 1 棟で 2 世帯が台所等を共有する構成とした。ここではテレビ・ラジオは休日や夜間の利用が想定される。

表 4.4.1-2 ケニア国の学校(Secondary School)で想定する 1 日あたりの負荷量

Subject	Daily load (Wh)	Remark
For main building	3,700	4 classes, office, admin., lab., library, security and 2 computers
For dormitory	960	2 separate dormitories for boys and girls
For dining hall and kitchen	1,210	Power included preparation, cleaning and TV
For staff quarter	340	2 bed rooms, common living and kitchen and TV/radio
Total	6,210	

Prepared by JICA Study Team

ケース I

ケニア国で一般的に利用されているバッテリー及び機器の使用を想定し、表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用して、必要なシステム容量及び機器容量と数量を算出した。その結果を表 4.4.1-3 に示す。

寮(Dormitory)は男子寮と女子寮が別々であるため、全て 2 組設置することになる。

表 4.4.1-3 システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の学校・ケース I)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	1,704	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,900	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	1,000	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	60	Amp	Capacity of each
For dormitory				
PV module	2	221	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	300	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	15	Amp	Capacity of each
For dining hall and kitchen				
PV module	1	558	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	700	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	500	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	40	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	1	157	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

表 4.3.1-3 に示した容量・必要数を算出するために、以下に示した計算式を適用した。

$$\text{1日のDC側負荷量(Wh)} = \text{1日のDC負荷(Wh)} + \frac{\text{1日のAC負荷(Wh)}}{\text{インバータ効率(\%)}}$$

PVモジュール容量(Wp) =

$$\frac{\text{1日のDC側負荷量(Wh)} \times \text{PVモジュール電圧(V)}}{\text{システム電圧(V)} \times \text{PVモジュール効率(\%)} \times \text{チャージコントローラ効率(\%)} \times \text{バッテリー充放電効率(\%)} \times \text{日射時間(hr/day)}}$$

バッテリー容量(Ah) =

$$\frac{\text{1日のDC側負荷量(Wh)} \times \text{無日照日数(day)} \div \text{システム電圧(V)}}{\text{チャージコントローラ効率(\%)} \times \text{バッテリー充放電効率(\%)} \times \text{最高放電深度(\%)} \times \text{バッテリー係数}}$$

ここでは発電中のチャージコントローラーやバッテリーの充電ロスをPVモジュールの発電側に持たし小数点以下を切り上げて計算している。

バッテリー係数を除いた容量は72時間(3日)のものになる。バッテリーの容量の表示は定格容量として10時間率や20時間率で示しているのが一般的である。バッテリーのタイプ、メーカー等により定格容量に変換するために当てはめる数値が異なり、利用するバッテリーの係数を当てはめる必要があるが、ここでは一般的な値である1.3を利用し20時間率に変換を行った容量を示す。また、バッテリーの容量も市販されている容量に切り上げている。

ケース II

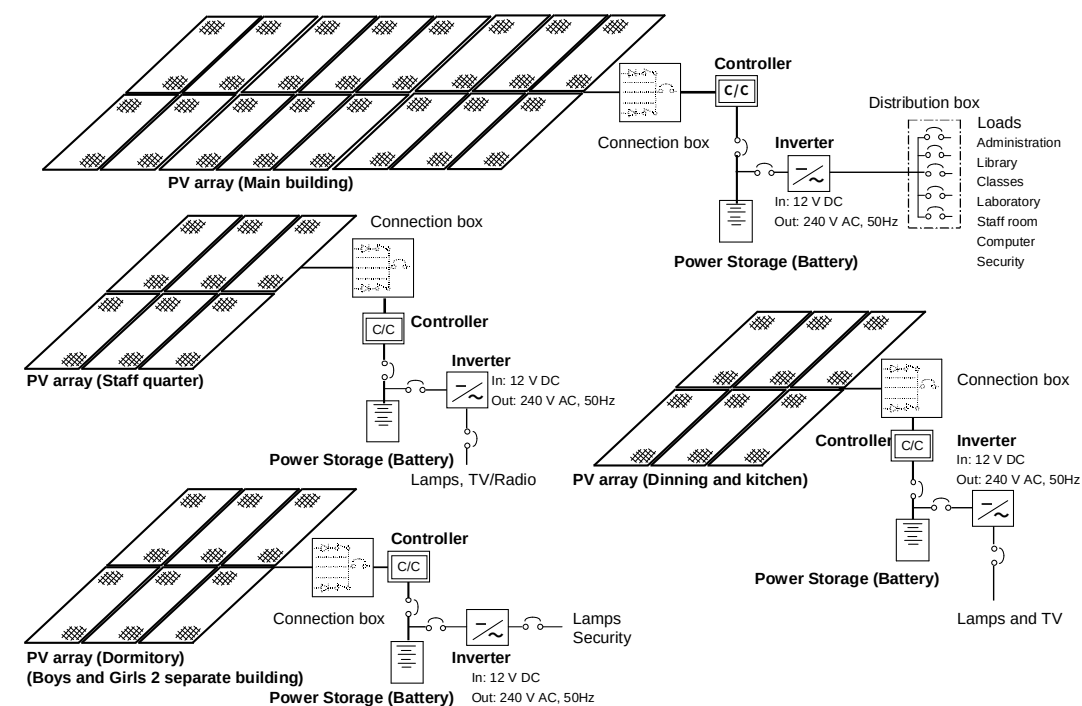
蛍光管タイプLED照明が採用された場合の負荷を想定したケースで、ケースIの負荷のうち、照明負荷について70%としたものである。表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用した結果を表 4.4.1-4 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケースIに記載の計算式を適用している。

表 4.4.1-4 システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の学校・ケース II)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	1,386	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,600	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	1,250	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	60	Amp	Capacity of each
For dormitory				
PV module	2	155	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each
For dining hall and kitchen				
PV module	1	453	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	500	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	30	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	1	143	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

学校の PV システムの構成図を以下の図 4.4.1-1 に示す。



Prepared by JICA Study Team

図 4.4.1-1 PV システム構成図(ケニア国・学校)

4.4.1.2 ウガンダ国の学校

ウガンダ国 MoES では学校のうち、寮のある Secondary School に ERT を通じて PV システムの設置を行っている。学校によって教室の数や大きさが異なるため、設置するには学校の現地調査を行い、負荷および設備ごとの容量を決定し、入札を通じて設置を行っている。

システム電圧は 12 V DC としており、必要容量が多い場合にはチャージコントローラーやインバーターの数量を増やして対応している。照明器具などへの供給は 240 V AC 単相、50 Hz で行っている。

実施にあたっては当該施設のある場所の日射量や、現地調査による負荷や施設の配置を確認した上でのシステム設計が必要であるが、ここでは調査団が現地で収集した情報、ERT の計画で行った実績を参考に一般的な学校における負荷を想定した。想定した負荷を表 4.4.1-5 に示す。

表 4.4.1-5 ウガンダ国の学校(Secondary School)で想定する負荷

Subject	Load (W)	Qty.	Load sub-total (W)	Use (h/day)	Daily load (Wh/day)	Remark
For main building			1,680		4,420	Sub-total
Class room	120	6	720	3	2,160	(20 W x 6 lamps) x 6 room
Laboratory	20	2	40	3	120	20 W x 2 lamps
Principal office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Vic-principal office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Staff office	20	2	40	1	40	20 W x 2 lamps
Administration office	20	1	20	1	20	20 W x 1 lamp
Library	20	2	40	3	120	20 W x 2 lamps
Entrance hall & corridor	10	4	40	3	120	10 W x 4 lamps
Computer for office work (including printer)	350	2	700	2	1,400	Normally running hour is short, it is also use to prepare question papers and printing
Security lights around building	10	4	40	10	400	Outdoor lights
For dormitory			200		1,040	Sub-total
Boys dormitory	30	2	60	2	120	(10 W x 3 lamps) x 2 bed rooms
Girls dormitory	30	2	60	2	120	(10 W x 3 lamps) x 2 bed rooms
Security lights	10	8	80	10	800	Outdoor lights for 2 buildings
For dining hall and kitchen			310		1,210	Sub-total
Kitchen	20	3	60	3	180	Including preparation & cleaning
Dinning hall	20	3	60	3	180	Including cleaning
Security lights	10	4	40	10	400	Outdoor lights
TV (holidays and free hours)	150	1	150	3	450	At dining hall
For staff quarter			260		680	Sub-total
Bed room	20	2	40	2	80	(10 W x 2 lamp) x 2 buildings
Living room	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings
Kitchen	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings
TV/Radio	80	2	160	3	480	80 W x 2 buildings
Entrance	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings

Prepared by JICA Study Team

上記の表の値を適用した 1 日あたりの負荷量を表 4.4.1-6 に示す。照明負荷は夜間学習にほとんどが使用される。食堂でのテレビは学生用で、休日や休憩時間に利用されることを想定している。職員住宅(Staff Quarter)は 2 棟で 1 棟あたり 1 世帯の構成とした。ここではテレビ・ラジオは休日や夜間の利用が想定される。

表 4.4.1-6 ウガンダ国の学校(Secondary School)で想定する 1 日あたりの負荷量

Subject	Daily load (Wh)	Remark
For main building	4,420	6 classes, office, admin., lab., library, security and 2 computers
For dormitory	1,040	2 separate dormitories with 2 rooms each for boys and girls
For dining hall and kitchen	1,210	Power included preparation, cleaning and TV
For staff quarter	680	2 buildings (2 bed rooms, kitchen and TV/radio for each building)
Total	7,350	

Prepared by JICA Study Team

Prepared by JICA Study Team

ケース I

ウガンダ国で一般的に利用されているバッテリー及び機器の使用を想定し、表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用して、必要なシステム容量及び機器容量と数量を算出した。その結果を表 4.4.1-7 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケニア国の学校・ケース I に記載の計算式を適用している。

寮(Dormitory)および職員住宅はそれぞれ 2 棟ずつあるため、必要な装置も全て 2 組ずつ設置することとしている。

表 4.4.1-7 システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の学校・ケース I)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	2,035	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	2,300	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	1,000	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	60	Amp	Capacity of each
For dormitory				
PV module	2	240	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	300	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	15	Amp	Capacity of each
For dining hall and kitchen				
PV module	1	558	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	700	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	500	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	40	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	2	157	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

ケース II

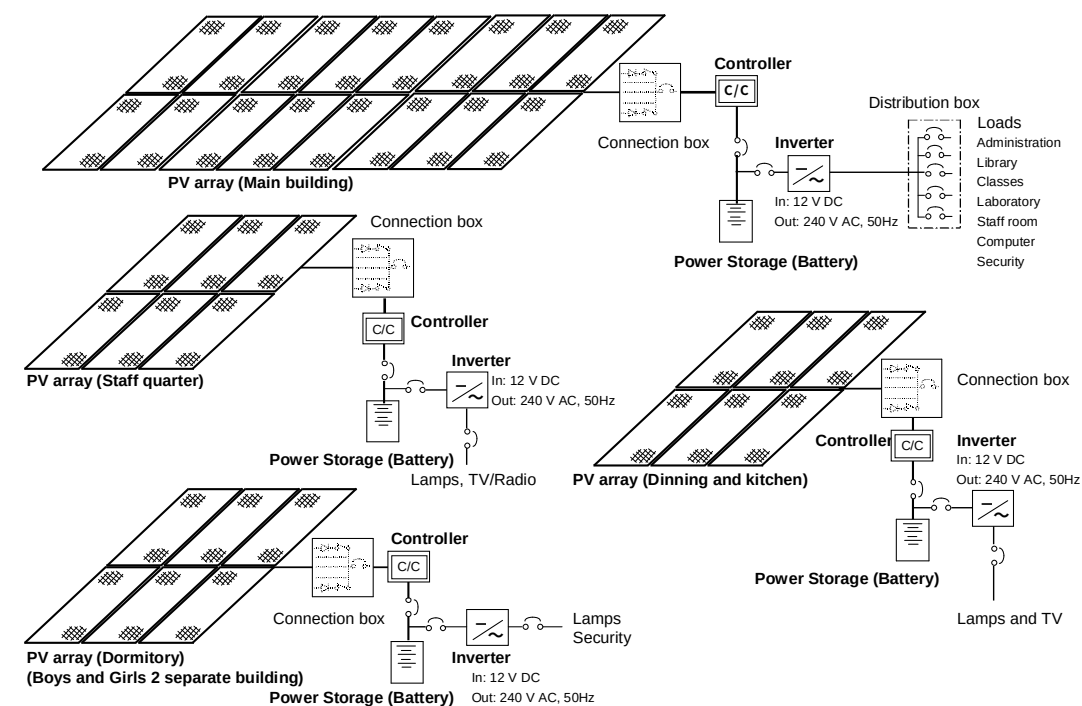
蛍光管タイプ LED 照明が採用された場合の負荷を想定したケースで、ケース I の負荷のうち、照明負荷について 70%としたものである。表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用した結果を表 4.4.1-8 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケニア国の学校・ケース I に記載の計算式を適用している。

表 4.4.1-8 システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の学校・ケース II)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	1,618	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,800	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	2	1,000	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	60	Amp	Capacity of each
For dormitory				
PV module	2	168	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each
For dining hall and kitchen				
PV module	1	453	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	500	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	1	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	30	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	2	143	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

学校の PV システムの構成図を以下の図 4.4.1-2 に示す。



Prepared by JICA Study Team

図 4.4.1-2 PV システム構成図(ウガンダ国・学校)

4.4.2 保健施設の太陽光発電システムの設計

4.4.2.1 ケニア国の保健施設

ケニア国の地方村落部での保健施設(おもに Health Center 及び Dispensary)には、診察室、医

薬品供給・保管室、倉庫などを含め5部屋程度の部屋がある。やや規模の大きな保健施設ではこれに加え、分娩室や産後の休養室等がある。村落の住民の参加により、CDF (Constituency Development Fund)を活用した診察室の追加や、宗教団体、NGO や国際機関の支援による、診察室、妊産婦病棟(Maternity Ward)の追加が行われているケースもある。

ほとんどの保健施設はワクチン用冷蔵庫を備えており、おもに LPG により稼働させているが、LPG の供給体制の問題により、この冷蔵庫を利用できていないところもある。また、NGO や宗教団体等により照明のための小型太陽電池モジュールが設置されている施設もあるが、容量が不十分な施設も多い状況である。

実施にあたっては当該施設のある場所の日射量や、現地調査による負荷や施設の配置を確認した上でのシステム設計が必要であるが、ここでは調査団が現地で収集した情報、エネルギー省が現在まで行った実績、エネルギー省が地方電化庁を通じてこれから行う計画を参考に一般的な保健施設における負荷を想定した。想定した負荷を表 4.4.2-1 に示す。

表 4.4.2-1 ケニア国の保健施設で想定する負荷

Subject	Load (W)	Qty.	Load sub-total (W)	Use (h/day)	Daily load (Wh/day)	Remark
For main building			880		2,920	Sub-total
Waiting room	20	1	20	2	40	20 W x 1 lamp
Examination room	20	2	40	2	80	20 W x 2 lamps
Treatment room	20	2	40	2	80	20 W x 2 lamps
Office	20	1	20	2	40	20 W x 1 lamp
Medicine distribution and store	20	2	40	2	80	20 W x 2 lamps
Emergency operation room	20	5	100	2	200	20 W x 5 lamps
Maternity ward	60	3	180	3	540	(20 W x 3 lamps) x 2 rooms
Store room	10	1	10	1	10	10 W x 1 lamps
TV for information (with DVD/VCR)	350	1	350	3	1,050	Health information to public
Security lights	10	8	80	10	800	Outdoor lights
For refrigerator			85		2,040	Sub-total
Small vaccine refrigerator (12V DC)	85	1	85	24	2,040	Once cooled, low consumption
For staff quarter			260		520	Sub-total
Bed room	20	2	40	2	80	(10 W x 2 lamp) x 2 buildings
Living room	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings
Kitchen	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings
TV/Radio	80	2	160	2	320	80 W x 2 buildings
Entrance	10	2	20	2	40	(10 W x 1 lamp) x 2 buildings

Prepared by JICA Study Team

上記の表の値を適用した1日あたりの負荷量を表 4.4.2-2 に示す。一般に保健施設では職員住宅(Staff Quarter) は1世帯ずつ別棟となっていることが多いため、2棟それぞれにPVシステムを設置することを想定した。

表 4.4.2-2 ケニア国の保健施設で想定する1日あたりの負荷量

Subject	Daily load (Wh)	Remark
For main building	2,920	4 medical room, administration, medicine store, operation, TV and security
For refrigerator	2,040	85W x 24hr. (consume around 1.9kW/24hr for cooling only)
For staff quarter	520	2 buildings (2 bed rooms, kitchen and TV/radio for each building)
Total	5,480	

Prepared by JICA Study Team

保健施設では住民(特に女性)を対象に医療・育児・保健衛生の情報提供が行われている。保

健施設の待合室でこれらの情報をテレビ・ビデオ(あるいは DVD 等)で放映することは有効である。1 日あたり 3 時間テレビ・ビデオが使用されるものとして、必要なシステムの容量を求めた。

保健施設では表に示したとおり、小型ワクチン冷蔵庫が小規模な保健施設にも備えられている。この冷蔵庫は LPG により動作するが、定期的な LPG の供給が困難な地域では、LPG の不足により利用できていない保健施設も少なくなかった。このためこの冷蔵庫に PV による電力供給により動作させることとし、この負荷も想定することとした。冷蔵庫が停止することは保健施設のサービスに多大な影響を及ぼすため、他の負荷や機器とは独立したシステムを構成することとし、システムの容量を算出した。保健施設で利用される冷蔵庫の場合、確実に電力供給を行うために、PV システムの設計において無日照日 5 日以上を考慮することを WHO(世界保健機構)で指導しているが、今回の設計ではバッテリーの容量は市販されている容量に切り上げられること、庫内の温度が一定になった後は消費電力が少なくなることから、ケニア国で採用されている無日照日数データを考慮して、システム設計の際に使用する平均無日照日数は 3 日を適用することとした。

ケース I

ケニア国で一般的に利用されているバッテリー及び機器の使用を想定し、表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用して、必要なシステム容量及び機器容量と数量を算出した。その結果を表 4.4.2-3 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケニア国の学校・ケース I に記載の計算式を適用している。

職員住宅 (Staff Quarter) は 2 棟あるため、必要な装置も全て 2 組ずつ設置することとしている。

表 4.4.2-3 システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の保健施設・ケース I)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	1,345	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,500	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	1	1,000	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	40	Amp	Capacity of each
For refrigerator				
PV module	1	846	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,000	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	N/A	N/A	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	60	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	2	120	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V,50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

ケース II

蛍光管タイプ LED 照明が採用された場合の負荷を想定したケースで、ケース I の負荷のうち、照明負荷について 70%としたものである。表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用し

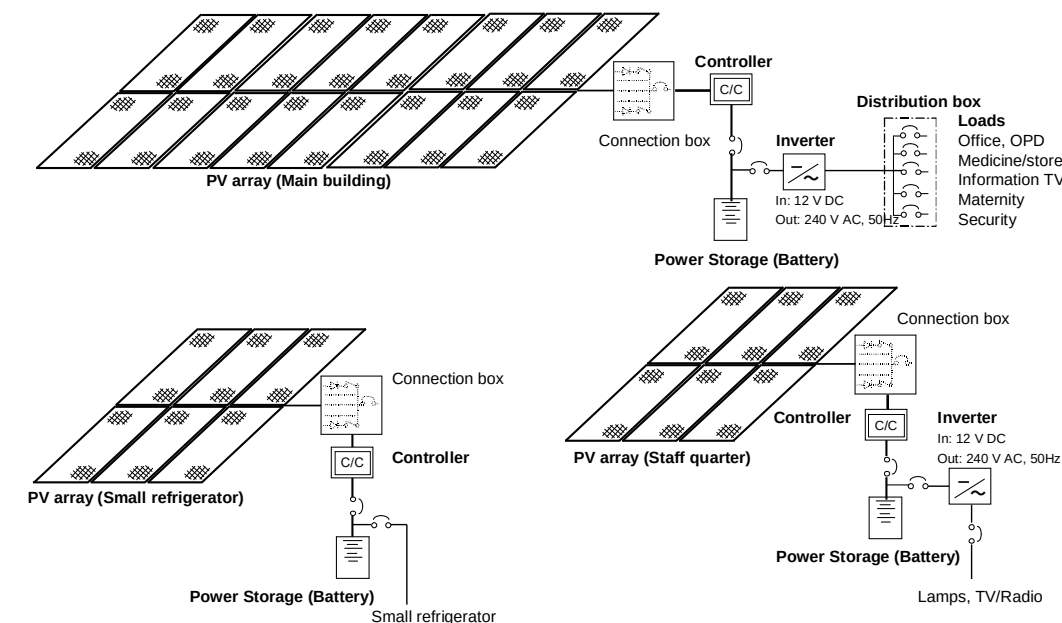
た結果を表 4.4.2-4 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケニア国の学校・ケース I に記載の計算式を適用している。

表 4.4.2-4 システム容量・機器容量及び必要数(ケニア国の保健施設・ケース II)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
For main building				
PV module	1	1,087	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	1	800	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	40	Amp	Capacity of each
For refrigerator				
PV module	1	846	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	1,000	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	N/A	N/A	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	60	Amp	Capacity of each
For staff quarter				
PV module	2	107	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	2	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	2	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	2	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

保健施設の PV システムの構成図を図 4.4.2-1 に示す。



Prepared by JICA Study Team

図 4.4.2-1 PV システム構成図(ケニア国・保健施設)

4.4.2.2 ウガンダ国の保健施設

ウガンダ国の村落レベルでの保健施設(おもに Health Center)で、未電化地域にあるものについては、ERT において、PV システムの設置が進められているものもある。ERT では特定の District に含まれる未電化地域のすべての保健施設(Health Center II~IV)については同時期に PV システムを設置するように計画している。また、ウガンダ国の保健省は将来実施する計画においても、同様に District ごとに設置を行う方針を示している。さらに、配電線が近傍

にある場合であっても、電源供給が不安定な場合には施設の運営に支障を来すため、比較的規模の大きな保健施設である Health Center III・IV では PV システムの設置を行うことも考慮している。これはおもにワクチンや輸血用血液の保存のための冷蔵庫に電源を供給するためのものである。

なお、NGO や宗教団体等により小型 PV モジュールが設置されている施設もあるが、おもに照明用で容量が不十分な施設も多い状況である。

設置にあたっては当該施設のある場所の日射量や、現地調査による負荷や施設の配置を確認した上でのシステム設計が必要であるが、ここでは ERT で施設毎に必要とされている負荷量を基にシステム容量を算出する。なお、ケース II においては、病棟(Wards)については負荷量の全て、職員住宅(Staff Quarter)については負荷量 40%をそれぞれ想定される照明負荷量とみなした。その結果を表 4.4.2-5 に示す。

表 4.4.2-5 ウガンダ国の保健施設で想定する負荷

	AC Loads (Wh/day)								
	HC IV			HC III			HC II		
Wards	Except light	Light	Total	Except light	Light	Total	Except light	Light	Total
OPD	0	628	628	0	580	580	0	475	475
Maternity	0	922	922	0	732	732	0	436	436
General	0	941	941	0	660	660	0	390	390
Operation	0	1,700	1,700	0	900	900	N/A	N/A	N/A
Laboratory	0	172	172	0	80	80	N/A	N/A	N/A
Administration	0	882	882	0	626	626	0	240	240
Staff quarter	Except light	Light	Total	Except light	Light	Total	Except light	Light	Total
Senior medical officer	576	384	960	576	384	960	282	188	470
Doctor	474	316	790	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clinical officer	282	188	470	282	188	470	N/A	N/A	N/A
Nurse 2	588	392	980	588	392	980	588	392	980
Nurse 1B	450	300	750	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Nurse 1A	258	172	430	258	172	430	258	172	430
Nurse	150	100	250	150	100	250	150	100	250
Other loads									
Refrigerator small (12V DC)	2,040			2,040			2,040		
Refrigerator medium	4,800			4,800			N/A		
Information TV (with DVD/VCR)	1,050			1,050			1,050		

Prepared by JICA Study Team

保健施設では住民(特に女性)を対象に医療・育児・保健衛生の情報提供が行われている。保健施設の待合室でこれらの情報をテレビ・ビデオ(あるいは DVD 等)で放映することは有効である。1 日あたり 3 時間テレビ・ビデオが使用されるものとして、必要なシステムの容量を求めた。

保健施設では表に示したとおり、小型ワクチン冷蔵庫が小規模な保健施設にも備えられている。この冷蔵庫は LPG により動作するが、定期的な LPG の供給が困難な地域では、LPG の不足により利用できていない保健施設も少なくなかった。このためこの冷蔵庫に PV による電力供給により動作させることとし、この負荷も想定することとした。中型の冷蔵庫は Health Center IV と III にあると想定した。冷蔵庫が停止することは保健施設のサービスに多大な影響を及ぼすため、他の負荷や機器とは独立したシステムを構成することとし、システ

ムの容量を算出した。保健施設で利用される冷蔵庫の場合、確実に電力供給を行うために、PVシステムの設計において無日照日5日以上を考慮することをWHO(世界保健機構)で指導しているが、今回の設計ではバッテリーの容量は市販されている容量に切り上げられること、庫内の温度が一定になった後は消費電力が少なくなること、地域や保健施設の大きさにより冷蔵庫の大きさも異なることから、ウガンダ国で採用されている無日照日数データを考慮して、システム設計の際に使用する平均無日照日数は3日を適用することとした。

世界銀行 ERT では保健施設のシステム電圧を 24 V DC としている。これに合わせて設計案を作成することとした。

ケース I

ウガンダ国で一般的に利用されているバッテリー及び機器の使用を想定し、表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用して、必要なシステム容量及び機器容量と数量を算出した。その結果を表 4.4.2-6 に示す。容量・必要数の算出にあたっては、ケニア国の学校・ケース I に記載の計算式を適用している。

表 4.4.2-6 システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の保健施設・ケース I)

Subject	PV module (Wp)	Inverter (W)	C/C (Amp.)	Battery (Ah)	Remark
HC IV					
					Total of PV module: 8,094 Wp
Wards					
OPD	290	800	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	425	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
General	434	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Operation	783	1,000	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Laboratory	80	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	406	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	442	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Doctor	364	500	15	200	12V battery*2 capacity @20hr
Clinical officer	217	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	452	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1B	346	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	199	200	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	116	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Refrigerator medium	2,210	800	40	1,200	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy
HC III					
					Total of PV module: 6,618 Wp
Wards					
OPD	268	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	338	500	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
General	305	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Operation	415	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Laboratory	37	300	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	289	200	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	442	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Clinical officer	217	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	452	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	199	200	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	116	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Refrigerator medium	2,210	800	40	1,200	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy
HC II					
					Total of PV module: 3,025 Wp
Wards					
OPD	219	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	201	500	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
General	180	300	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	111	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	217	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	452	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	199	200	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	116	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy

Prepared by JICA Study Team

ケース II

蛍光管タイプ LED 照明が採用された場合の負荷を想定したケースで、ケース I の負荷のう

ち、照明負荷について 70%としたものである。表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用した結果を表 4.4.2-7 に示す。

表 4.4.2-7 システム容量・機器容量及び必要数(ウガンダ国の保健施設・ケース II)

Subject	PV module (Wp)	Inverter (W)	C/C (Amp.)	Battery (Ah)	Remark
HC IV					
					Total of PV module: 7,116 Wp
Wards					
OPD	203	800	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	298	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
General	304	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Operation	549	1,000	20	300	12V battery*2 capacity @20hr
Laboratory	56	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	285	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	389	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Doctor	321	500	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Clinical officer	191	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	398	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1B	305	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	175	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	102	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Refrigerator medium	2,210	800	40	1,200	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy
HC III					
					Total of PV module: 5,951 Wp
Wards					
OPD	188	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	236	500	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
General	213	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Operation	290	500	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Laboratory	27	300	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	202	200	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	389	600	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Clinical officer	191	300	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	398	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	175	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	102	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Refrigerator medium	2,210	800	40	1,200	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy
HC II					
					Total of PV module: 2,694 Wp
Wards					
OPD	153	600	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Maternity	141	500	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
General	126	300	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Administration	78	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Staff quarter					
Senior medical officer	191	600	10	200	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 2	398	500	15	300	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse 1A	175	200	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Nurse	102	100	10	100	12V battery*2 capacity @20hr
Other loads					
Refrigerator small (12V DC)	846	N/A	30	500	12V battery*2 capacity @20hr
Information TV (with DVD/VCR)	484	200	15	N/A	No autonomy

Prepared by JICA Study Team

保健施設の PV システムの構成図を図 4.4.2-2 に示す。

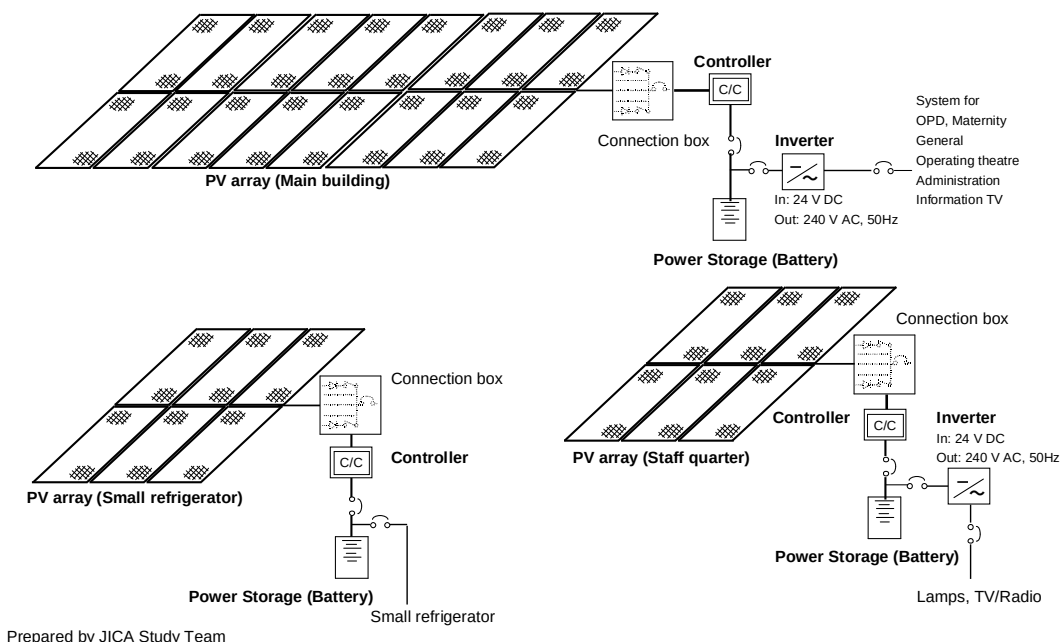


図 4.4.2-2 PV システム構成図(ウガンダ国・保健施設)

4.4.3 充電施設の太陽光発電システムの設計

地方では発電所で発電可能な電力の不足、資金の不足、世帯は点在しているか数が少ない、電力の需要があっても各世帯数当たりの電力需要が少ない等の理由で系統延長されない場合がある。そのため、グリッドが延伸されず、電力の供給がされてない地域において、個人が小型の太陽電池モジュールを設置し、携帯電話等を対象とした充電サービスをビジネスとして行っている場所も存在する。しかし、容量が小さいため、今後の需要の増加、具体的には携帯電話の台数の増加や他の充電ニーズに対応できるか大いに疑問である。

また、このようなサービスが行われていない地域では、住民は携帯電話等の充電のために、他の充電可能な場所まで通っており、多くの時間と交通費を要している。このことから、近所に充電可能な施設ができた場合、その施設が近隣住民から利用されることが予想できる。

地方では夜間の照明に灯油を使用しており、灯油の入手の手間や価格、燃焼時の煙による健康への影響や火災等の危険性などから、充電サービスが利用可能になれば、充電式ランタンの利用が増加することも考えられる。また、世帯によって懐中電灯やラジオを利用しており、十分な量の電気が利用可能になればテレビも利用したい希望をもっていることから、自動車用大型バッテリーの充電を行い、テレビや照明の利用が可能になる。このような設備は SHS より安価であるため、多くの世帯に利用されることを予想できる。

充電設備は基本的に公共施設である学校、保健施設に設置を行うシステムと同時に設置する計画である。しかし、村落によっては学校や保健施設の位置が充電に不便な場所にある場合、公共施設に充電機能を備えることがスペースや構造上の問題で困難の場合も想定される。このような場合には、最も有効利用が可能な場所を選び設置を行うのが望ましい。このような

ことから充電に必要な太陽光設備容量を単独で算出することにする。

求められる充電施設の規模、充電式ランタンやバッテリーの容量や数によって異なるが、一般に、保健施設や、寮がある学校は周辺地域の中で中心的な役割を果たしている村落に存在することが多い。したがって、村落の大きさは周辺の村落よりやや大きいことが予測できる。現場調査等の情報から村落の世帯数を 300 戸とし、携帯電話の普及率は 100% (300 台)と想定する。また、将来の需要増分として充電式ランタンとラジオやテレビなどに利用する大型バッテリーも想定し、それぞれの普及率をランタンが 75% (225 個)、大型バッテリーが約 8% (25 個) と想定した。なお、携帯電話と充電式ランタンについては AC から DC へ変換する際の効率として 70%を想定した。充電施設で充電が行われる機器について、以下表 4.4.3-1 のとおり想定した。

表 4.4.3-1 想定する充電機器の容量と数量

Subject	Qty. (/day)	Voltage (V)	Capacity (Ah)	Daily load (Wh/day)	Remark
For mobile phone and lantern				1,051	Sub-total
Mobile phone (700 mAh @70% discharge, 4 V)	100	4	0.49	280	300 nos. (100% of 300HH), charging every 3 days (100 nos./day), AC adapter efficiency (70%) is considered.
Rechargeable lantern (4 Ah @50% discharge, 6V)	45	6	2.00	771	225 nos. (75% of 300HH), charging every 5 days (45 nos./day), converting efficiency from AC to DC (70%) is considered.
For car battery as storage				1,260	Sub-total
Car battery (70 Ah @30% discharge, 12 V)	5	12	21.00	1,260	25 nos. (8% of 300HH), charging every 5 days (5 nos./day)

Prepared by JICA Study Team

一般に PV システムを設計する場合、無日照日を 3 日とするケースが多い。しかし、充電施設における PV システムでは無日照日を考慮するケースはほとんどない。充電施設で充電の対象となるバッテリーや充電式ランタンは 1 回の充電で数日間使用されることが考慮されており、充電を行うタイミングの調整が可能であるためである。仮に充電設備に無日照日を考慮してバッテリーを備えた場合、バッテリーのコストに加え、バッテリーの定期的な交換のコストも必要となり、充電料金に転嫁されることになる。

しかしながら、携帯電話はバッテリーの容量が限られており、無日照日が続く場合においても充電ニーズが想定される。また、充電式ランタンのうち、バッテリーの容量が小さなものについても同様のニーズが想定される。そのため、本提案では充電施設にも最小限のバッテリーを備えることとし、そのバッテリーの容量は無日照日を 1 日と想定した場合の必要容量とする。

上記で想定する充電施設では住民から持ち込まれる自動車用大型バッテリー(Car Battery)については、充電は DC のみとし、無日照日には充電を行わないこととする。これは、無日照日にも充電を行えるようにするためには充電施設に大量のバッテリーが必要となり、現実的でないからである。また、バッテリーの使い方は世帯によって異なるため、充電に必要な時間や電流量が大きく異なる。平等なサービスを行うためには電流計を設置し、充電された総電流量でサービス料を取る方法が望ましい。これによって曇天でも充電行い、サービス行った

分だけ料金を回収することが可能になる。充電回数が増加しても徴収される料金が増加しないことが理解されれば、充電回数が増加するとともに、住民のバッテリーの放電深度が浅くなり、長持ちさせることも可能となる。

携帯電話は短時間で確実に充電行ふ必要がある。日射量は常に変動するため、不足に備えて小容量のバッテリーを備える必要がある。また、充電式ランタンは市販されているものが持ち込まれることが想定されるため、DC と AC の両方に対応する必要がある。しかし、その数量は予測できないため、設計においては AC で充電するものと仮定した。

充電設備は公共施設に併設することを原則とし、公共施設に設置された PV システムの容量に余裕がある場合には充電にも使用し、システムの最適利用を図ることとする。

ケニア国及びウガンダ国で一般的に利用されているバッテリー及び機器の使用を想定し、表 4.3.3-2 に示した設計パラメータを適用して、必要なシステム容量及び機器容量と数量を算出した。その結果を表 4.4.3-2 に示す。

表 4.4.3-2 システム容量・機器容量及び必要数(充電施設)

Subject	Qty.	Capacity	Unit	Remark
PV module	1	1,009	Wp	And above
Battery (12V, @20hr) with base/box	1	200	Ah	Capacity @20hr
Inverter (In 12V DC, Out 240V, 50Hz)	1	300	W	Capacity of each
Charge controller (12 V DC)	1	30	Amp	Capacity of each
Charge controller (12 V DC) with Ah Meter	5	10	Amp	Capacity of each

Prepared by JICA Study Team

充電施設の PV システムの構成図を図 4.4.3-1 に示す。

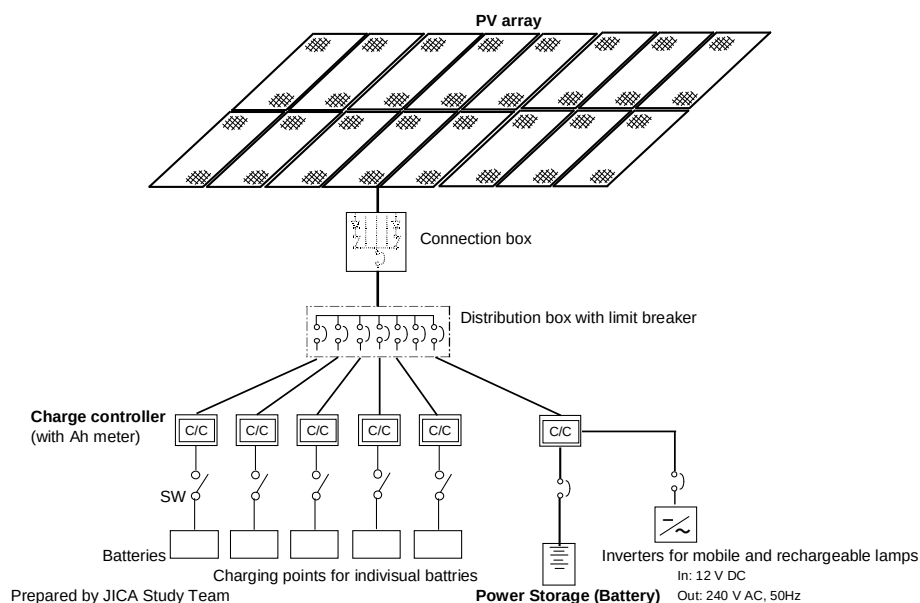


図 4.4.3-1 PV システム構成図(充電施設)

4.4.4 太陽光発電水ポンプシステムの設計

多くに地域で沢水、湧き水、ハンドポンプ、ディーゼル発電機を利用した水ポンプシステム

が存在し、飲料水や家畜用の水として利用されている。特に未電化地域では燃料の購入や維持管理に困難が伴い、特に乾季には飲料水や家畜用の水の確保に住民は苦勞している。系統延長されてない地域には地域住民が資金を集めて設置したディーゼル発電機を利用した水ポンプシステムが存在するが、維持管理が困難な状況である。ディーゼル発電機を使用した水ポンプシステムの場合、ケニア国では平均でジェリカン 1 個(20 リットル)あたり Ksh 2 を集め維持管理や燃料購入に充当しており、不足分は地域住民から資金を集めて対応している。

水ポンプシステムではディーゼル発電機の代わりに PV 設備を利用して水を汲み上げることにも可能である。PV 水ポンプシステムの場合、バッテリー利用する必要がないため、システムメンテナンスや維持管理は最小限に抑えることが可能になる。PV 設備利用して水汲み上げシステム構築した場合、短時間で多くの水を汲み上げることになり、システムを構築する際に井戸の能力を詳しく調査する必要がある。水汲み上げシステムの大きさは 1 日の総水量と汲み上げるヘッド(高さ)で決まる。設備容量は水量によって設計の考え方が異なることから、小水量の場合と大水量の場合とで分けて述べる。

小水量の場合

1 日の汲み上げ水量が少ない場合には、小型の可変速 PV 水ポンプシステムを利用する。小型のシステムの場合、ヘッドは約 100 m、1 日の水量は平均 10 m³が確保可能であり、ポンプは地上から約 120 m の深さまで設置可能である。また、ヘッドが小さい場合には、1 日の汲み上げ量を多く設計することができる。PV システム用深井戸水中ポンプの外形は平均で直径 4 インチあり、井戸の内径は最低でもポンプの設置が可能な大きさのものであることが必要である。この様な水ポンプシステムの太陽電池容量は以下のように求めることができる。

$$\bullet \text{ 必要太陽電池容量 (Wp)} = \frac{H \times Q}{Ph \times Fm \times Ft \times O}$$

ここで、

- ・ H: 合計汲み上げヘッド (m)
- ・ Q: 1 日の必要水量 (m³/day)
- ・ Ph: 最高日射時間
- ・ Fm: 電力供給ユニットの効率 (効率はメーカーや機器によって異なる)
- ・ Ft: 劣化及びモジュールの温度上昇による発電低下 (モジュール効率)
- ・ O: ポンプやモーターの日射量に応じた運転効率

例えば汲み上げヘッドを 100 m、1 日で汲み上げる水量が 10 m³の場合⁴¹、必要な太陽電池容量は、

$$\bullet \text{ 必要太陽電池容量 (Wp)} = \frac{100 \times 10}{5 \times 0.9 \times 0.8 \times 0.3} = 926(\text{Wp})$$

⁴¹ 村落でのインタビュー調査の結果を鑑みると、100 世帯程度の需要に対応できる水量である。

となる。

ただし、システム構築の際、システムに合わせた電圧を供給する必要があり、必要太陽電池容量(Wp)はそれに合わせた容量となる。また、同じ汲み上げヘッドで、1日の必要水量が少ない場合や、同じ必要水量で汲み上げヘッドが小さい場合には、必要な太陽電池容量は少なくなる。

容量の算出方法は可変速 PV 水ポンプシステム設置する際に適用可能な式であり、必要水量が多い場合には同じ井戸内に設置するポンプの数を増加させて対応することが可能である。この場合、井戸内で配管を分岐する必要があるため、より大きな井戸内径が必要となる。また、太陽電池の容量も増やす必要がある。

大水量の場合・井戸が深い場合

1日に大量の水が必要な場合、あるいは井戸が深い場合には小型の PV 水ポンプシステムでは対応できない。この場合、大型の水ポンプを設置する必要があるが、一般に市販されている大型の深井戸水中ポンプは可変速運転ができない。ポンプやモーターは商用電源で定格運転するものを利用することになる。このようなポンプやモーターは PV のように常に発電電力が異なる電源供給システムで直接運転することは困難であり、システムを構築する際に発電側や電力利用側の両方の特徴を把握しシステムを設計することが必要となる。

例えば 15 kW の交流汎用のポンプを運転する場合、単純に計算し、インバーター効率、太陽電池効率を考慮した場合、23 kW 以上の太陽電池を設置することになる。しかし、地上では 1 kW/m² の日射量があることは稀であり、ポンプが殆ど運転できない状況になる。このことから太陽電池の容量は 20%～30% 多く設置する必要がある。この場合でもポンプの運転には日射量が 700～800 W/m² 必要であり、日射量がこれを下回る場合には発電ができてポンプの運転ができず無駄になる。

この問題を解消するためには、1つの井戸に複数のポンプを設置し、低日射量の時には小容量のポンプ、日射量が十分ある場合には大容量のポンプを運転させる。これにより、日射量に応じてポンプを動作させ、水を確保することが可能になる。また、太陽電池の容量も増加させる必要がなく、同じ量でシステムの運用が可能になる。ただし、井戸の内径はポンプの大きさや分岐配管が収まる大きさが必要となる。

このような構成の PV 水ポンプシステムは 1995 年に NEDO の実証実験を通じてネパール国に設置されており、現在でも問題なく稼働している。システムの概要は以下に示す。

- ・ 太陽電池容量: 40 kWp
- ・ 大ポンプのモーターの容量: 15 kW ・ 200 V ・ 50 Hz (三相)
- ・ 大ポンプのモーターの設置深さ: 90.4 m
- ・ 小ポンプのモーターの容量: 11 kW/15 kW ・ 200 V ・ 50/60Hz (三相)
- ・ 小ポンプのモーターの設置深さ: 133.02 m
- ・ 1日の汲み上げ水量: 雨季 120～乾季 270 m³/day

朝及び夕方の日射量が少ない時間帯には小ポンプのみを、日射量が一定量ある場合は小ポンプを停止し大ポンプのみを、さらに日射量が多く十分な発電量がある場合には大小2台のポンプともを運転する。この切り替えは日射量に応じて自動的に行っている。

以下、図 4.4.4-1 に写真を示す。



太陽電池アレー(40kWp)



太陽電池サブアレー及び集電箱



コントローラー及びインバーター盤



井戸ポンプ小屋

Source: NEDO (Japan) - NAST (Nepal) 実証実験

図 4.4.4-1 井戸水汲み上げの PV システム(写真)

第 5 章 公共施設電化の対象地域および対象施設の選定

5.1 対象地域の選定

本構想に基づく複合型太陽光発電設備の設置対象となる地域は電力グリッドのない未電化地域である。グリッド電化済み地域であっても電力供給が不安定であり太陽光発電設備をバックアップとして利用したいという希望がある場合もあるが、このような場合にはバッテリーを利用した電源安定化装置などの利用のほうが経済的に有利になる可能性が高いと考えられる。なお、このようなグリッド電力供給の不安定性という現地事情から、太陽光発電設備を設置した後にグリッド延伸が行われた場合であってもその太陽光発電設備は維持活用される可能性が高い。ケニア国の地方電化庁の説明でも実際にそういった事例があったことが紹介された。

さらに、地方部では低所得者がほとんどであり、一般世帯で電力の引き込みを行うのは高所得者層に限定されるため、グリッド化後であっても充電設備は引き続き多数の住民によって利用されると予想される。(ただし、比較的所得の高い地域であれば電力の引き込みを行う世帯数が多く、携帯電話の充電程度であれば、引き込み済みの家庭の電源を利用して充電を行う人も出てくるため、有料の充電設備の利用者は一時的に減少することも予想されるが、こういった場合でも、より長時間の充電が必要となる LED ランタンの利用が拡大した段階になれば、充電設備のユーザーはまた増加するものと予想される。)

以上の考察から、グリッド延伸計画が存在するがその実施時期は未確定となっている地域は当面の対象に含めてよいであろう。さらにそういった広がりを持った未電化地域の中で社会・経済的な機能を集積しているコミュニティ(中核コミュニティ)が優先的な対象となる。この中核コミュニティとは大小多数のコミュニティが存在する一定の広がりともまとまりを持った地域の中で、その地域全体をカバーする公共機能(政府出先機関、高等学校、保健所など)や商業機能(マーケットなど)などを有する重要度の高いコミュニティをいう。

本構想では投資効果を大きくするため、まずそういった中核コミュニティに立地している重要度の高い公共施設を電化してその機能を強化し、さらに充電機能を併設することで周辺村落まで含めた地域住民の生活水準の向上、太陽光発電に関する知識普及を図ることが目的となる。

ケニア国ではすでにグリッドが地方部まで相当程度延伸されており、上記の条件を満たす地域は限定的であり、そういった未電化地域に存在する公共施設数もあり多くはないと考えられる。現在、ケニア国の地方電化庁では新しい地方電化マスタープランを策定中であり、その一部として 2013 年までに実施する約 250 の公共施設のオフグリッド電化計画の対象となる候補地点の選定作業が 2009 年 6 月を目標に進められている。したがって、JICA としてはこの選定結果をもとに対象施設を絞り込んでいくことが適当であろう。

これに対し、ウガンダ国では地方部の電化率が低く、本構想の対象となりうる地域は広く、そこに存在する公共施設数は非常に多い。ウガンダ国の地方電化の現状としてはグリッド延伸がなかなか進まないため、このような公共施設に対する太陽光発電設備の設置は重要な地

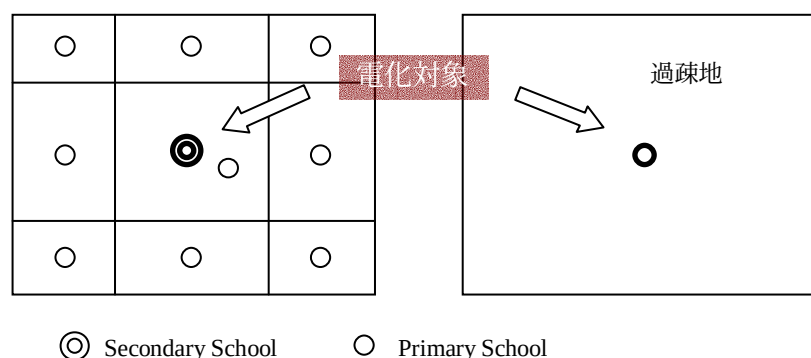
方電化プロジェクトと位置付けられており、世界銀行などのドナーも毎年、多数の施設への太陽光発電設備設置事業を進めているが、対象となる施設はまだごく一部にとどまっている。JICA としては世界銀行などの計画との調整を図りながら、ウガンダ国政府や他のドナーによる計画対象外となっている施設のなかから独自に対象施設を選定することが可能であろう。

なお、ケニア国、ウガンダ国ともに JICA では立入制限を行っている地域があり、このような地域は一般的に電化率が低いため、公共施設への太陽光発電設備の必要性は高い。したがって、JICA としてもこのような制限地域内であっても安全の確認を行いながら事業を実施できるような方策を積極的に検討することが期待される。

なお、本構想におけるカウンタパート機関としてはケニア国、ウガンダ国ともに地方電化庁を想定している。もちろん、学校や保健施設にはそれぞれの所管官庁があるが、本構想の重要な点であるコミュニティ向けの充電施設については所管外となるため、このような点、すなわち充電施設にも大きな関心を有する地方電化庁をメインのカウンタパート機関とすることが適当と考えられる。

5.2 対象施設の選定

本構想に基づく公共施設電化の対象となる施設としては、学校については原則として Secondary School やそれと同格の学校が対象となり、保健施設については機能的に上位の施設(ケニア国であれば Health Center、ウガンダ国であれば Health Center III など)が優先的な対象となるであろう。ただし、Primary School であるが過疎地にあって非常に広い範囲から児童が通学し生徒数も多い場合、また高学年用の寮を有している場合などは、そのコミュニティは地域の中心として重要な位置付けにあり、教育施設としても重要な施設と考えられるため、Secondary School に準じるものとして太陽光発電設備設置の対象とすることが適当と考えられる。同様に保健施設についても過疎地で広い範囲を対象としているような場合には下位の施設であっても対象としてよいであろう。



Prepared by JICA Study Team

図 5.2-1 地域の集積度と電化対象施設の考え方

このような条件の学校や保健施設はコミュニティ内の多くの住民が利用するものであり、コミュニティの中心地ではなくても自動車アクセス可能な場所に立地していることが一般的である。したがって、公共施設電化設備との複合設備として充電設備を設置しても、基本

的にアクセスの問題は発生しないと考えられる。充電設備については毎日多数の利用者が予想されるため、公共施設内での設置場所については学校や保健施設の通常業務の支障にならないよう配慮する必要がある。学校の場合には授業の妨げとならぬよう教室からは離れた場所に、また、保健施設であれば診察室や病室からは離れた場所に設置されることが望ましく、学校の場合には受付や職員室付近、保健施設の場合には受付や薬局付近など、日常的に外部の人々がアクセスしている場所の近くが候補となる。

なお、対象となるコミュニティ内に Secondary School と上位の保健施設が両方存在するといった場合には、本構想の考え方から基本的には両施設について充電機能付きの太陽光発電設備を設置し、それぞれの施設が太陽光発電の維持管理費用を確保できるようにすることが適当であるが、オペレータがそれぞれの充電設備に必要といった問題もある。両施設が近くに立地しているような場合には充電設備についてはどちらかに統合し、そこから得られる収入はコミュニティで管理して両施設に配分するといった対応が望ましいであろう。

5.3 給水施設の取り扱い

給水施設はコミュニティの中心に位置することが理想的であるが、水源(井戸)の場所によってはコミュニティからかなり離れた場所に井戸、揚水設備、貯水タンクなどが存在する場合がある。このような場合には太陽光発電によって揚水を行うほかに充電設備を設置しても運営管理が難しいと考えられるため、揚水機能だけに絞って設置することが適当であろう。給水施設では水利用者から一定の料金徴収を行っており、充電収入がなくても、給水による収入の中から太陽光発電設備の維持管理費用をまかなうことが可能と考えられる。また、揚水を目的とした太陽光発電設備では基本的に電池を必要としないため、その交換に要する維持管理費用が不要となるという利点がある。もちろん、給水施設がコミュニティ内の中心近くにある場合には他の公共施設の場合と同様に充電設備を併設して住民のニーズに応えることができる。このように、給水施設の PV 利用電化を計画する場合に充電設備を追加するかどうかについてはケースバイケースで判断する必要がある。本調査では基本的なケースとして多数の候補地点が想定される学校と保健施設を対象にして検討を行った。

第 6 章 複合型太陽光発電設備の利用予測と収支試算

6.1 需要想定

外部のユーザーが利用する充電設備についての利用予測の一例を以下に示す。本構想による太陽光発電設備が設置されるのは地域の中核的なコミュニティであり、その周辺の小規模なコミュニティからもユーザーが集まる可能性がある。ケニア国、ウガンダ国ともにこのような比較的大きなコミュニティの世帯数は 200～300 世帯の場合が多い⁴²。携帯電話についてはすでに地方部でも高い普及率となっており各戸 1 台という状況は珍しくない。今後は個人レベルでの普及が進んでいくと予想される。携帯電話の充電については現地調査でのヒアリングでは大体 3 日おき、週 2 回程度行っているとの回答が多かった。充電は 2～3 時間で終了するため、利用者は午前、午後、夜間などの時間帯に分散すると予想される。充電式ランプについてはまだ地方部での本格的普及は始まっていないが、すでにドナーや地方電化庁が関心を示しており、また中国、インドなどの製品が地方部にも出回りつつある。その形式や電池容量はさまざまであるが、灯油ランプに代替すると予想されるものは通常の乾電池よりも大きな容量のバッテリーを内蔵したものであり、UNIDO ケニアでは 6 V - 4 Ah の鉛蓄電池を利用する計画である。充電頻度は照明利用時間やバッテリー容量などによって変化し一般的な数値は想定しにくいだが、6 V - 4 Ah のタイプでは 5 日程度は連続して利用できると予想される。また、充電に要する時間は携帯電話よりも長くなり 8 時間程度の場合も予想され、利用者は朝に持ち込んで夕方に引き取るというパターンが多くなるであろう。このほか、大型のバッテリーを利用してテレビの視聴や多数の照明の利用を行うといったケースも予想される。このような大型バッテリーの利用(自動車用大型バッテリーの日常生活への利用)はアジア地域では以前から一般的に行われていたが、アフリカ地域ではまだほとんど行われていない。今後、PV の普及に伴ってこの手法が認知され、高所得者層を中心に拡大していくことが予想される。このような大型バッテリーの充電にはやはり 8 時間程度が必要となるため利用者は朝に持ち込んで夕方に引き取るというパターンとなるであろう。

表 6.1-1 充電設備の利用者予想

項 目	想定根拠
携帯電話充電	保有戸数 300 / 充電頻度 3 日ごと / 充電利用者数 100 人/日
充電式ランタン充電	保有戸数 225 / 充電頻度 5 日ごと / 充電利用者数 45 人/日
自動車用大型バッテリー充電	保有戸数 25 / 充電頻度 5 日ごと / 充電利用者数 5 人/日

Prepared by JICA Study Team

6.2 収支見通し

充電設備による料金収入予測(月額)は以下のとおりである。充電料金は携帯電話充電の場合には 1 回あたり US\$ 0.25 という水準がケニア国、ウガンダ国とも一般的であった。これに対して充電式ランタン利用の事例はごく少なく、料金水準も定着したものは確認できていな

⁴² 1.3.2 章参照。ウガンダ国では 1 トレーディングセンターあたりの世帯数が 100 未満の村落が 4 割、400 未満の村落が 7 割を占めるとのデータがある。200 世帯ないし 300 世帯の村落は比較的大きな村落であるといえる。なお、トレーディングセンターの数と世帯数のデータで単純計算をすると、ケニア国ではさらに村落の規模が小さいと考えられる。

いが、携帯電話との比較から US\$ 0.5 程度に充電料金が収斂すると予想される。自動車用大型バッテリー充電についてはウガンダ国での事例では充電料金が US\$ 0.5~2.0 の範囲にあった。携帯電話充電と比較した場合に 100 倍以上のエネルギー量を充電しているため充電料金としても相当の高額となっても不思議ではない。しかし、住民の支払能力から US\$ 1 程度になるものと予想される。このような事情から、このような大型バッテリーの充電については必要な太陽光発電の容量(W)に比べて収入が少なく、投資としての妙味はない。このため、ビジネスベースではなかなか普及しないと予想される。

利用者数の想定は前述の需要想定で用いた条件に従っており、想定した需要規模に達した段階における数値である。充電設備の設計においてはこの需要想定に対してさらに需要増分を考慮して設備容量に余裕を持たせることが推奨される。設備の設置当初は携帯電話の充電による収入しか期待できないが、徐々に充電式ランタンや自動車バッテリー利用に関する知識が広まり、そういった機器を利用するユーザーが増加していくことが期待される。充電サービスを提供する側では、充電式ランタンなどの機器販売を業務の一部として行い収入増を図ることも考えられる。

表 6.2-1 充電料金収入の予想

項 目	計算根拠	月間収入
携帯電話充電	保有戸数 300 / 月間充電回数 10 / 充電料金 US\$ 0.25	US\$ 750
充電式ランタン充電	保有戸数 225 / 月間充電回数 6 / 充電料金 US\$ 0.50	US\$ 675
自動車用大型バッテリー充電	保有戸数 25 / 月間充電回数 6 / 充電料金 US\$ 1.00	US\$ 150
合 計		US\$ 1,575

Prepared by JICA Study Team

一方、支出項目としてはオペレータ給与(通常 月額 US\$ 50 程度)、その Committee メンバーへの報酬などのほか、ケーブル・端子類の購入費用、バッテリーやコントローラーの交換費用などが考えられる。このほか、同時に設置される公共施設専用の太陽光発電設備の維持管理費用負担も支出される。しかし、このような費用を合計しても上記の収入があれば十分カバーできるはずであり、余剰金もかなりの額に達する可能性がある。このため、余剰金の保管、管理については十分な検討を行う必要がある。銀行預金が推奨されるが、地方農村部においても最近では携帯電話による送金が可能になっており、多くのユーザーが利用しているため、このような機能を活用することも考えられる。また、当初計画以上に需要増が生じる場合には蓄積された資金から支出して太陽光発電設備の増設を行うことも考えられる。

第 7 章 複合型太陽光発電設備の運営管理手法と人材育成

7.1 電化設備の運営の基本的考え方

対象となる学校や保健施設などの公共施設の電化のために設置される太陽光発電設備については、照明やその他の電気機器を利用する際に特殊な操作は必要ない。日常的な点検や蛍光灯管が切れた場合の交換、バッテリーの維持や経年劣化に伴う交換などの作業が必要なだけである。このような作業については、原則的にはこれまでも PV 設備が設置された施設では実施されてきており、その手法を新たな施設にも移転できるはずである。

しかし、実際にはユーザーがこのような作業の必要性や実施方法をよく理解していないという状況がよくみられる。この原因としては、PV についての基礎知識が地方部ではまだ浸透していないこと、設置を行う業者が維持管理についてごく簡単な説明しか行わないこと、機器の劣化までの時間が長く設置時に説明された事項が記憶に残っていないことなどがあげられる。

したがって、設備の計画段階および設置時においてユーザーの自主的な維持管理についてマニュアル類の整備を行い、十分なトレーニング(Hands-on が望ましい)を行うといった活動を担保することが重要である。さらに設置を行った業者による設置後のサポート、特に初期故障の場合の保証措置や使用開始後における携帯電話による情報提供など、があれば運転維持は施設に勤務するスタッフによって可能と考えられる。最近の携帯電話の普及のおかげで遠方の業者との連絡は容易にできるようになっており、故障時の対応方法や機器の交換などについての情報を得ることは問題なくできるため以前よりも状況は改善されている。

一方、同時に設置される充電設備については、当初は携帯電話の充電需要に対する対応がメインであるが、その後は灯油ランプの代替となる充電式ランタンやその他の充電式機器の普及に伴って、これら多様な器具の充電需要にも対応していくことが期待される。このような充電サービスを必要とするユーザーは非常に多いと考えられ、コミュニティ内で 1 日あたり数十人の規模に達することも十分予想される。利用者は充電したい機器を持ち込み、充電終了後に機器を受け取り、料金を支払うのが一般的である。(このほか、学校に設置される場合には生徒が登校時に充電する機器を持参し、下校時に引き取るという手法も有力な方法と考えられる。ただし、この場合には休暇期間中の対応を別途検討する必要がある。この登下校時を利用して充電を行う場合には料金は他の教育経費とまとめて徴収することも可能であろう。)

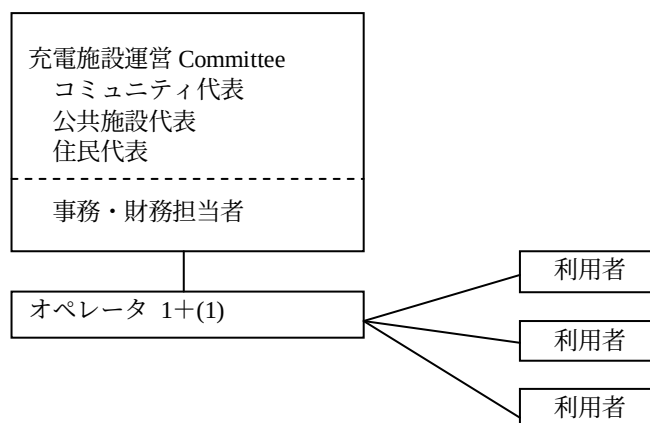
このような多数の利用者との対応や集金、さらに売上げの記録などは毎日、かなりの作業量になるはずで、この充電設備を適切に運営 (Manage) していくには当該公共施設に勤務するスタッフの片手間で行うことは困難と考えられるため、専任の担当者(オペレータ)による本格的な運営体制を構築する必要があるだろう。この事業は村落給水事業などと同様にコミュニティ住民の大きなニーズに対応し、生活を支える基本的サービスであり、しかも料金収入はかなりの規模となる。充電設備設置の目的に従い、コミュニティ住民への充電サービスの提供が平等かつ円滑に行われ、さらに収入の管理、活用(公共施設専用電化設備の維持費用への

支出を含む)が着実に実施されるよう、コミュニティが管理する資産として位置付け、コミュニティとしてのきちんとした運営組織を構築することが望ましいと考えられる。このような基本的考え方について設置計画の説明を行う時点からコミュニティの同意を得ておくことが必要であろう。

7.2 運営体制

充電サービスの運営をコミュニティとして実施する場合、運営組織の基本となるのはその公共性から企業体組織は適当ではなく、コミュニティ、公共施設、住民などの代表者で構成される委員会形式などが適当と考えられる。このような手法については、調査対象国のケニア国やウガンダ国で多数の参考例が存在する。たとえば、給水の場合には水管理委員会という住民組織を設置し、水を汲みにきた住民から一定の料金を徴収することは広く行われている。さらに、学校や保健施設の維持管理については、行政組織が資金的、人員的に実施困難な部分を、住民組織が肩代わりして行うことを目的として施設運営委員会 (Facility Management Committee) といった有力者による組織が設置されているケースが多い。

従来は中央政府や地方自治体が行ってきた業務も教育レベルの向上、社会的安定、住民意識の高まりなどから住民を組織化して実施できるようになりつつあるといえる。このようにケニア国、ウガンダ国の農村部では住民組織による施設運営ということは決して目新しいことでない。したがって公共施設電化設備と組み合わされた充電設備の運営を公共施設管理者ではなく、外部メンバーによって組織化して実施することはケニア国やウガンダ国の農村部において十分可能であると考えられる。



Prepared by JICA Study Team

図 7.2-1 充電設備の運営体制模式図

充電施設運営の基本的業務として考えられるのは以下の項目である。

(充電施設に勤務するオペレータ)

オペレータ(運転員)が最低1名ほぼフルタイムで勤務し、以下の業務を行う。この業務は本質的に民間ビジネスによる充電サービスの場合と同様に実施される。なお、このオペレータについては病気や事故などに備え代替要員を確保しておくことが望ましい。

- ・ 利用者の確認と充電装置の接続
- ・ 充電状況の確認
- ・ 料金の集金と記帳
- ・ 日常的設備点検
- ・ クレーム対応

(上部運営組織 - Committee)

全体的な事業管理の責任者を含め公共施設とは切り離して(コミュニティが組織する Committee で)運営する組織で以下の業務を行う。なお、充電収入の一部は公共施設用太陽光発電設備の維持管理費として配分することを担保する必要がある、そのためには施設の代表者を運営組織メンバーの一員とすることが必要であろう。

- ・ 利用料金(現金)の管理(銀行預金)
- ・ 経費の支出(従業員給与、修理費用など)
- ・ 会計記録作成、保管
- ・ 公共施設の設備維持に関する資金支援など

このような運営方式は前述の給水施設運営と基本的に同一であり、アフリカ地域で多数の実例もある。計画時点からコミュニティとの話し合いを行い、また設置工事や試運転の際に適切なトレーニングを行うことによって、各コミュニティが実施することは十分可能となるであろう。

7.3 既存の充電サービス業者との関係

このような複合型設備を設置するコミュニティにおいて、すでに住民が太陽光発電を利用して小規模な充電サービスを行っているケースもかなりの割合で発生すると予想される。このような場合には既存業者への影響を考慮する必要がある。この設備は商業的な利潤追求を第一目的とするものではないため既存業者の営業への打撃はできるだけ避けることが望ましいであろう。ほとんどのケースではすでに営業中の充電サービスは携帯電話だけを対象とした小規模なものであり、設備的にも貧弱なものになりがちで顧客数もそれほど多くはない。本構想による充電設備による料金を既存業者と同条件に設定した場合には、サービス内容の差はほとんどないため、地理的条件などから従来の業者を利用するユーザーも多数残るものと予想される。

このように既存業者も一定の顧客を確保することは十分可能と考えられるが、それよりも重要なことはコミュニティ内外での新規の充電需要を開拓してユーザーを増やし、パイを大きくしてその一部が既存業者を利用するようにしていくことである。また、この充電設備は携帯電話だけでなく充電式ランタンなどの大型の機器にも対応しており、このような需要については既存業者では多数のユーザーに対応できないため、新しい充電設備で対応していく必要がある。したがって、携帯電話のユーザーを制限し、このような新しい需要を重点的に開拓することによって既存業者との棲み分けを図り、共存共栄の状態をつくっていくように特に配慮する必要がある。

7.4 業務立ち上げ期の組織育成

提案されている充電設備は通常の太陽光発電関連機器を組み合わせることで設置可能なものであり、その設計、施工、保守の技術面についてはケニア国、ウガンダ国ともに国内にある既存の技術基盤によって対応可能と考えられる。そのため、我が国からの技術移転は大きなテーマとはならない。これに対して、以上述べてきた運営体制 (Management) の問題はこの設備によって期待される裨益効果を実現するために極めて重要な要素であるが、コミュニティ住民だけの力で体制を軌道に乗せていくことは容易ではない。その部分については JICA としても設備の設置作業と併せて支援していく責任があるといえよう。計画から施工に至る段階ではコミュニティ住民との接触が頻繁に行われるが、そういった機会を活用して業務運営、資金管理などの運営体制の構築について住民との対話や指導助言が行われなければならない。設備設置時におけるこのような体制整備はソフトコンポーネント業務として専門知識を有するコンサルタントによって実施されるのが通例である。

しかし、充電サービスという新しいタイプの業務であり、また料金収入もかなりのレベルになる可能性があるため、設置時に行われる指導だけで JICA からの支援が終わってしまう場合、その後うまく運営体制が立ち上がるかという懸念が残る。したがって、JICA による指導が終了した後も数年間はモニタリングを行い、運営体制を強固かつ持続的にしていくような対応を考慮する必要があるだろう。

ウガンダ国では 1998 年に、UNDP のプロジェクトとして全国に 11 の PSDC (Private Sector Development Center) が設立された。PSDC の対象とする顧客はおもに地方の中小規模企業であるが、これに限らず、コミュニティ、地方政府、NGO、CBO、MFI (Microfinance Institutions) なども対象である。PSDC はビジネス支援、コミュニティ開発、組織開発の支援、情報通信技術(Information and Communication Technology: ICT)活用等のコンサルティングサービスを幅広く行っている。

JICA 事業のフォローアップにこの PSDC をうまく活用して、「コミュニティベースのバッテリー充電事業」という小規模ビジネスを持続性の高いビジネスとして確立していける可能性がある。この場合、PSDC はコミュニティ充電ビジネスが安定的になるまでの間、コミュニティと直接契約し、料金収入の一部を指導・コンサルティング業務の対価として受けるといった手法が適しているであろう。

7.5 太陽光発電普及のビジネスモデル

このような太陽光発電による充電施設(コミュニティソーラーシステム)が整備され、住民が携帯電話、充電式ランタン、自動車用大型バッテリーなどの充電を行うことが可能になれば、以下に述べるようなメカニズムが働き、これまで地方部ではなかなか進まなかった太陽光発電の利用が自立的に進行し、将来的に充電式ランタンなどの機器販売の拡大、さらに PV を利用した他の充電機器の開発や市場拡大によって、ビジネスとしての地方部の PV 市場開拓につながっていくことが期待できる。すなわち、コミュニティソーラーシステムは住民の充電需要を満たすだけでなく、地方部における PV 市場開拓の有力な起爆剤となりうるのである。

1) 第1段階 - 携帯電話充電の定着

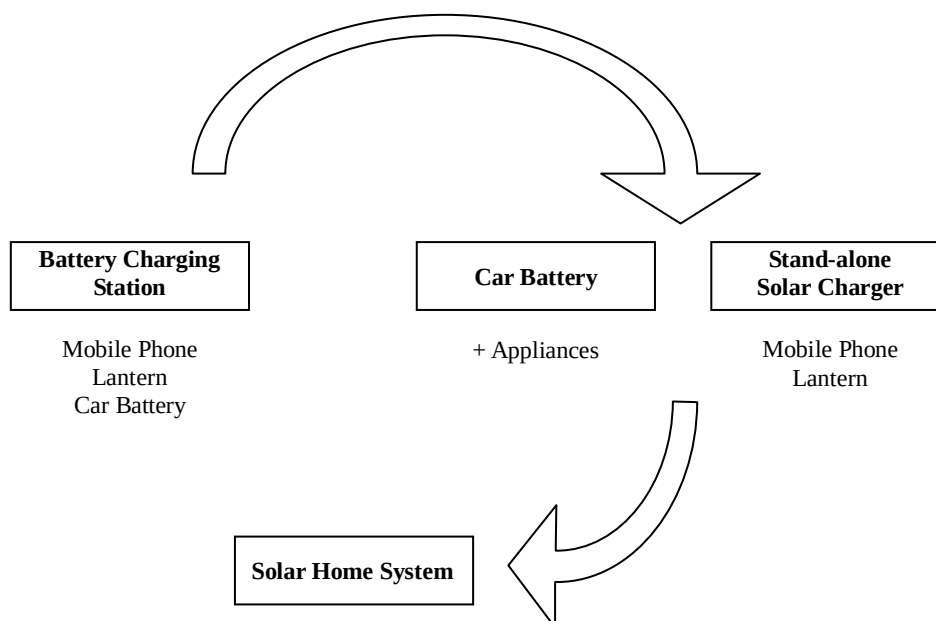
地方農村部でも現時点ですでに大きな需要が存在している携帯電話の充電を村落内でPVによって行う方式が定着する。この充電施設は相当程度の収入を得ることができるため、その収入を活用しつつ村落住民の生活に不可欠な施設として持続的に維持運営されていく。

2) 第2段階 - その他の充電機器の利用拡大

その後、携帯電話充電以外の充電利用に住民が関心を持つようになり、すでに市場に出回り始めているLED利用の充電式ランタンや自動車用大型バッテリーなどの利用が徐々に拡大し、これに対応してこのような器具を販売する業者の活動も活発化するであろう。すでにこのような可能性については多くの関係者が着目しており、世界銀行/IFCが進める「Lighting Africa」プログラムなどによって支援の動きが強まっている。多種多様の充電式機器の利用が拡大していけば、住民にとってPVはさらに身近な技術となり、そのメリットに対する知識が増加し、PV技術に対する信頼(Confidence)が高まり、またPV機器の操作や維持管理にも習熟してくる。このように、単にPVを知識として知っているだけではなく、PVを使った経験を持ちPVへの信頼を持った潜在的ユーザーが育成されていく。

3) 第3段階 - 高度なPV機器の販売拡大

携帯電話充電や充電式ランタンの利用によってPV利用に関する知識を蓄積し、その効用に対して信頼感を持つ住民が増えれば、経済的に余裕のある階層ではさらに高度かつ高価なPV機器(SHS: Solar Home Systemなど)に対する購入意欲も出てくるはずである。この段階になれば、農村部でもかなりの需要が見込めるようになり、PV業者としても積極的に販売やサービスを行うようになるであろう。そういった活動がさらに需要を喚起することでPV市場が自立的に拡大していくこととなる。



Prepared by JICA Study Team

図 7.5-1 地方部での PV 市場拡大の模式図

ここで述べたビジネスモデルはこれまでの ODA の主流となっていた、資金メカニズムを中心にして最初から SHS 普及を目指すビジネスモデルとは異なり、ユーザーサイドにおける知識・情報の蓄積によるプラス効果を考慮した新しい発想に基づくものであり、本構想による複合型施設(コミュニティソーラーシステム)はこの考え方を応用した提案である。このビジネスモデルが成立し、発展していくためには資金的な問題よりも、最初の取り組みとしての小規模な充電サービス、さらに PV の活用方法、維持管理方法、充電と組み合わせた PV 関連機器などの地方部では不足している知識や情報を浸透させていくことが重要である。また、充電式ランタンの普及可能性が大きなポイントとなるため、政策的な普及促進対策も重要なテーマとなるであろう。

7.6 ビジネスモデルに必要な人材

前述のビジネスモデルの起点となるのは、未電化コミュニティにおいて太陽光発電を利用した充電施設が設置されることである。この充電設備の設置については本構想のように援助プロジェクトとして実施される場合だけでなく、現地の起業家が小規模な充電施設を独自に設置するというケースも想定され、援助と同様にこのような草の根レベルの動きを支援することも重要と考えられる。このような起業家は通常の場合農民ではなく、これまでも商売を営んできた者であることが多いであろう。彼らが新しいビジネスとしてこのような充電サービスに取り組み、需要の拡大に応じて設備を拡張していくことになれば理想的といえる。

このような動きを支援するためには、まず資金的なサポートを考える必要があるが、初期段階のビジネスとして必要な携帯電話充電用の小規模な充電設備であれば 20~40 W 程度の太陽電池パネルを利用した設備でも可能であり、投資額としては数百ドル程度の規模でおさまるはずである。このような規模であれば資金需要として他の商売の場合と大きな違いはなく、地方部における既存の小口金融制度等で対応できると考えられる。

資金対策以上に必要なことは、このような新しいビジネスへの関心を喚起するための啓蒙であり、また必要な設備の取得方法やその維持管理に関する正確な情報の提供である。特に、中央政府が先行的にパイロット事業を行い、その成果を広報するという活動は世論に訴える力が大きく、大きな効果があると考えられる。なお、このような啓蒙活動は政府が単独で行うだけではなく、地方部での事業展開に積極的であり、このような充電サービスによってメリットを受ける携帯電話会社との協働の可能性もあろう。

さらに、ビジネスがスタートした後、潜在的な需要が掘り起こされ、ビジネスが早く軌道に乗るようユーザー側の啓蒙を行うことも重要である。太陽光発電やそれを利用したバッテリー充電に関する知識を持ったユーザーが多く存在すれば、このビジネスは短期間で立ち上がり、成長していくであろう。これまで、ユーザー教育は主に太陽光発電設備を設置する業者によって行われてきたが、遠隔地の場合には十分な時間や労力を投入することは難しかった。その結果、地方部への知識移転が進まず、太陽光発電設備の維持管理上のトラブルに対応できず持続的な利用が実現されない大きな要因となっていた。太陽光発電の場合には、一般のユーザーでも一定の知識を持てば長期間にわたって利用し続けることができる。そのためにどのような教育が必要かについては、すでに経験則としてマニュアルなどでまとめられてい

る事項がほとんどである。ポイントはその内容をどのように広めていくかであるが、通常の公的な広報活動のほか職業訓練校などでの教育課程に取り込むことも検討してよいであろう。また、地方部でこのようなビジネスに取り組む意欲のある人材に対しては太陽光発電に関する基礎知識を体系的に教育し、彼らを情報発信拠点として充電サービスを利用する一般住民に対して知識を広めていくという知識伝達メカニズムの構築が可能と考えられる。以上のことから、援助テーマとして最も重要な分野は持続的な地方部への知識移転であると言える。

第 8 章 提言

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いってもよい。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。このような経緯を踏まえ、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。

1) コミュニティソーラーの理論付けの明確化とパイロット事業の実施

公共施設を対象とした施設電化と充電サービスを目的とした太陽光発電利用の複合型施設であるコミュニティソーラーの構想については、太陽光発電を利用した途上国援助の手法としての理論付けが確立しているとはいえず、関係者への認識もまだ広がっていない。

しかし、ケニア国の UNIDO では同様の発想に基づきいくつかのパイロット事業を実施して成果を上げているなど、他のドナーでも取り組む動きが出てきている。この構想は既存技術の活用で十分可能なものであって、そのアイデアを理解することは容易であり、どのような組織でも取り組むことが可能なものである。その目的から途上国援助と地球温暖化対策の両面から注目されるべき構想のひとつであり、太陽光発電技術や LED 技術など我が国が得意とする技術分野に深く関連している。

したがって、JICA としてもこれまで検討してきた本構想についてその意義や援助効果を検討し、援助手法としての位置付けを明確にして、早めに本格的事業に取り組むことが期待される。そのためには、早期にいくつかのパイロット事業を実施し、運営面を中心にそのフィージビリティ、持続可能性、自立可能性を実証し、事業実施手法の具体化を図っていく必要がある。

2) 新しいビジネスモデルの成立条件の整備

前章で解説したこのビジネスモデルは最初の段階では小規模な充電ビジネスとしてスタートする。この充電設備設置のために必要な投資はせいぜい数百ドルであり、地元の小口金融制度が利用可能であれば地方部でも投資可能な起業家を確保することは十分可能であり、ビジネス開始後は大きな潜在的需要がある携帯電話充電や、近い将来に普及が始まると予想される充電式ランタンなどのユーザーを顧客にしてビジネスとして安定的な収入を確保できる可能性が高い。したがって、このような起業家が各地で出現するよう支援するための条件整備に取り組むことが重要である。

小口金融制度の充実のほか、そういったビジネスについて、技術知識、機材購入・設置工事、サービス提供方法などについての啓発 (Sensitization) も重要である。このような情報の提供については新聞などのメディアでとりあげることや、啓発ポスターの制作・配布などの方法が有効と考えられる。もちろん、本構想のように ODA プロジェクトを活用して公共施設電

化と同時に充電施設をすることは非常に大きなインパクトがある。また、職業訓練校などで PV を電気工学のカリキュラムの一部として組み込むことも将来の人材供給という点から長期的な効果があるであろう。

消費者サイドについては、消費者の近くで必要な情報を提供し、新規設備の購入や維持管理をサポートできる人材やそのネットワークづくりは重要である。また、すでに品質、価格とも安定してきている携帯電話と比較して、充電式ランタンなど今後の普及が期待される商品についてはさまざまなタイプの商品が出回り始めた段階であり、その性能や品質、価格などには大きなバラツキがあるため消費者としては購入に踏み切れないという状況も想定され、品質が悪い商品が混在していると将来的に普及の障害となるおそれがある。このためには、このような製品についての性能認証制度などの導入も検討されるべきであろう。また、照明器具については LED 技術の利用を進めることが持続性の点から重要であり、LED 利用製品への関税免税などの優遇措置も検討されてよい。究極的な目標となる SHS については、PV に対する一般の認識の深まりなどを見極め、PV パネルの大量購入などによるシステム価格引き下げ、消費者に対する購入資金の融資制度の整備などを長期的な取り組みとして実施していくことが必要であろう。

3) 日本国内の人材育成

独立型太陽光発電は国内に需要がほとんどないため、JICA が本構想を途上国に展開しようとする場合に必要となる人材については、国内での実務機会、教育機会の不足から将来的にも絶対的に不足するという状況が続くおそれがある。このように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、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、このような分野に関心のある 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、このような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。

また、本構想のような比較的小規模の太陽光発電を利用したプロジェクトの場合には、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。アフリカ地域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。このような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。

したがって、JICA としてはこのような 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を目的に技術講習会を開催するなど積極的な情報提供を行う必要がある。

4) 国際的連携

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。本調査でもケニア国では UNIDO が同様の構想ですでにパイロット事業を実施しており、かつ JICA との連携を模索していることが確認された。

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地域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。

資料Ⅰ 未電化村落・公共施設調査結果

第 1 章 ケニア国での現地踏査・現場視察

1.1 ケニア国での現地踏査・現場視察実施日程

ケニア国では以下の現地踏査・現場視察を実施した(合計 10 日間)。

- ・ 4 月 18 日(金曜日): UNIDO Energy Kiosk サイト視察(I)
- ・ 4 月 21 日(火曜日): UNIDO Energy Kiosk サイト視察(II)
- ・ 4 月 22 日(水曜日)～4 月 25 日(土曜日): 現場踏査(I)
- ・ 4 月 30 日(木曜日)～5 月 2 日(土曜日): 現場踏査(II)
- ・ 5 月 5 日(火曜日): Grundfos サイト視察

現場踏査対象地域の選定にあたっては「安全対策上立入が許される地域であること」「公共施設の電化(グリッド接続)率が低い地域であること」「短期間の調査のためナイロビから 1 日で到達できる地域であること」「1 回目と 2 回目の調査では特徴の異なる地域を対象とすること」を条件とした。

エネルギー省及び地方電化庁提供のデータから、未電化かつ配電網からある程度距離があり、対象と想定される公共施設(学校・保健施設)のある村落を選び、訪問予定村落とした。現地の安全状況・道路状況を鑑み、行程を決定し、公共施設の現況の調査及び村落住民に対するインタビュー調査を行った。なお、村落を訪問する際に、井戸・トレーディングセンターが近くにあればその現況も確認した。

1.2 現地踏査・現場視察の結果

1.2.1 UNIDO Energy Kiosk サイト視察 (I)

1.2.1.1 Kibae Energy Kiosk

2009 年 4 月 18 日(金曜日)に視察した。Kirinyaga District の Kerugoya town から東へ 4km に位置する。ナイロビから約 150 km。南緯 0 度 28 分 27 秒、東経 37 度 17 分 40 秒、標高 1,581 m。

- ・ Kibae 村の世帯数は 1,000 で、このうち近隣の 300 世帯が Community Power Center を利用しているとのことであった。太陽光とピコハイδροを組み合わせて電力を供給している。会員による毎月 Ksh 100 ずつの寄付により運営されている “Kibae Self Help Group” (会員数 132) の主導により運営されている。開設は 2008 年 1 月である。
- ・ ここでは、住民に対する充電サービス(携帯電話・充電式 LED ランタン)の他、コンピュータトレーニングやインターネット接続、併設された”Social Hall”でのテレビ等の上映、同じく併設された生産施設での石鹸やジュースの製造などを行っている。
- ・ ここでは携帯電話の充電は Ksh 5/回、LED ランタンの充電は Ksh 10/回で可能である(他施設との競合のため一般的な価格よりも安い)。
- ・ LED ランタンは一括払いまたは分割払い(10 回)での購入が可能である。UNIDO は 100 の LED ランタンを供給したが、このうち半分は学校へ寄付され、残りは住民によって使用されている。8 時間の充電で 30 時間の使用が可能であるため、週に 1 回程度充電を

行う必要がある。

- ・ 配電網の延伸(施設の 3 km 手前まで延伸された)により利用者が減少しており、最近では LED ランタンが返品される例もあるという。
- ・ コンピュータは 3 台設置されており Ksh 1/分で利用可能である。インターネット接続はコンピュータの使用料に加えて Ksh 0.5/分で使用である。Safaricom の USB モデムを使用してインターネットに接続している。

1.2.1.2 Kamahuha Energy Kiosk

Kibae Energy Kiosk に続いて、2009 年 4 月 18 日(金曜日)に視察した。南緯 0 度 50 分 51 秒、東経 37 度 11 分 16 秒、標高 1,353 m。

- ・ この地域で収穫されたバナナの集積場にもなっており、ナイロビから仲買人がやってくる。以前の生産量は 30 トン/月であったが、最近は気候が悪く 10 トン/月にまで落ち込んでいる。
- ・ 灌漑用水がなく、重要な問題になっている。
- ・ バナナの廃棄物(茎など)を使用したバイオガスで発電をしており、近隣の学校の調理用としても供給している。
- ・ UNIDO による Ksh 3,000,000 と、Community による Ksh 750,000 の合計 Ksh 3,750,000 により施設は建設された。その後、改良のために UNIDO が Ksh 300,000 を支出している。ディーゼル発電機及びガソリン発電機(それぞれ 10 kW)も所有しているが、これは将来他の目的に使用する予定であるとのこと。
- ・ 半年前には配電線は 8 km 手前までであったものが、現在は施設のある村落まで配電線が到達している。

1.2.2 UNIDO Energy Kiosk サイト視察 (II)

1.2.2.1 Oloosho Oiborr Village (Potential Site for Energy Kiosk)

2009 年 4 月 21 日(月曜日)に視察した。Ngong town から西へ 13 km に位置する。南緯 1 度 24 分 45 秒、東経 36 度 36 分 9 秒、標高 1,767 m。風力と太陽光のハイブリッドのポテンシャルサイトとのことである。牧畜及び農業が主要な産業である。

- ・ Primary School、Dispensary、Community Center の各施設が電気を必要としている。また、牛乳の冷蔵と携帯電話充電のための電化ニーズがある。
- ・ 井戸では現在、ジェリカン 1 個(20 リットル)あたり、Ksh 2 を徴収している。これとは別に家畜用として家畜頭数に関係なく毎月 1 世帯あたり Ksh 500 を負担している。2,000 世帯がこの井戸を使用しており、1 世帯あたり 100 リットル/日の水を使用している。オーストラリア大使館の資金により、中国製の風力発電設備が設置される予定である。
- ・ 照明はおもに灯油ランプを使用している。灯油は Ksh 80/リットルで購入しており、ある住民は自宅の 3 部屋合計で毎月 15 リットル使用している。携帯電話の充電は 13 km 離れた Ngong Town で行っており、充電料金は Ksh 20/回で、頻度は 2~3 日おきでとのことである。マタツ(乗り合いタクシー)の運賃は往復で Ksh 140 であるが、時間帯によ

ってはマタツが全く来ないことがあり、その場合は2～3時間かけて歩いて行っている。

- ・ Oloosho Oiborr Dispensary には外来診察室、入院病室、倉庫など合計 12 室あり、これはケニア国の平均的な Dispensary よりも建物の規模が大きい。過去には 1 ～1.5 kWp 程度と思われる PV モジュールが 2 枚設置されていたが、盗難にあったため、現在は LPG で冷蔵庫を使用している。1 個のシリンダの価格は Ksh 2,800 で、84 日間使用可能である。職員は 3 名(Clinical Officer、看護師、Security)である。外来患者は 600～1,200 人/月で、マラリアや風邪で患者数が増加する 6～8 月の患者数が多いとのことであった。
- ・ Oloosho Oiborr Primary School は Nursery と Standard 1～8 までの 9 クラスがある。水曜日と金曜日の午後、低学年の授業が終了したあと、住民を対象に Health Class を行っている。9 名の教師がいる。授業時間は午前 8 時から午後 5 時までであるが、電気があれば夜も授業を行いたいと考えているとのことであった。小さな太陽光パネルが屋根に設置されていたが、故障のため使用されていなかった。なお、生徒は学校周辺(最大 10km)から通学している。

この後、Ngong Hill に設置された、KenGen の風力発電所(南緯 1 度 23 分 27 秒・東経 36 度 38 分 15・標高 2,357 m)を訪問した。1993 年に稼動開始したもので、現在は 200kW/基のものが 2 基稼動している。少し離れた場所で 850kW/基のものが 6 基設置工事中であった。この地域では特に 11 月から 1 月に風が強く、発電量が期待できるとのことであった。

1.2.2.2 Mbuuni Energy Kiosk

Oloosho Oiborr Village (Potential Site for Energy Kiosk)に続いて、2009 年 4 月 21 日(月曜日)に視察した。Machakos 市街地から西へ 10 km に位置する。南緯 1 度 29 分 26 秒、東経 37 度 21 分 32 秒、標高 1,385 m。

- ・ 地元女性グループにより栽培されたひまわりから得られる種を処理(搾油)するための装置を UNIDO の補助により設置された。ジェトロファの栽培や、他の地区で収穫されたひまわりの処理も今後は考えている。
- ・ この地域ではひまわりは以前から自生しており、他に、とうもろこし、バナナ、豆類がこの地域では栽培されている。
- ・ ひまわり油は Ksh 120/リットルで販売されている。Kenyan Bureau of Standard の認定をとっていないため、村の外での販売は行っていない。
- ・ ひまわりの種 1kg から 0.6 リットルのひまわり油ができる。一般的な家庭の場合、1 か月に 4 リットル程度消費している。村の中での使用がほとんどである。
- ・ UNIDO はこの施設に対して、管理人の給料などの支援はしておらず、給料は売上から支払われている。

1.2.3 現場踏査 (I)

1.2.3.1 Moigutuo Village

2009 年 4 月 23 日(木曜日)に訪問した。Baringo District の Kabarnet から北へ 40 km に位置する。ナイロビから約 300 km。北緯 0 度 46 分 36 秒、東経 35 度 48 分 32 秒、標高 1,745 m。

農業がおもな産業で、自家消費程度の牧畜も行っている。

- ・ 周辺の人口は 12,000 人で、12 の Primary School があり、合計で 72 人の先生がいるが、Secondary School はない。Community が 2 教室を自力で建てたところ、残りの 2 教室については政府からの支援が得られることになった。
- ・ Dispensary は District の予算で建てられたが、2 室のみの小規模なもので、2 世帯分の職員住宅も含め 1 棟である。現在はスタッフがおらず、募集しているところであるとのことであった。
- ・ 教師の大半は PV システムを自宅に設置しており、照明、携帯電話の充電、テレビなどに利用している。これらも含め、100 世帯程度が PV システムを所有している。
- ・ PV システムを所有していない世帯では照明に灯油やろうそく、乾電池による懐中電灯を使用している。この地域では 60%程度の世帯が携帯電話を有しているのではないかとのことであった。水は 2km ほど離れた場所にある川で得ており無料であるが、季節によっては水がないため、5～6 km 程度離れた場所まで行かなければならないこともある。KPLC による配電網の計画は今のところは不明であるとのことである。

1.2.3.2 Chemolingot Village

2009 年 4 月 24 日(金曜日)に訪問した。Baringo District の Marigat から国道 B4 号線で北へ 65 km に位置する。Loruk から先の 35 km は未舗装区間である。ナイロビから約 300 km。北緯 0 度 59 分 6 秒、東経 35 度 58 分 20 秒、標高 895 m。

- ・ 政治的な理由により、国道 B4 号線に沿ってここまで配電線が延伸されていたが、建物には引き込まれていなかった。

1.2.3.3 Tangulbei Village

2009 年 4 月 24 日(金曜日)に訪問した。Baringo District の Lurok から西へ 30 km に位置する。ナイロビから約 300 km。北緯 0 度 48 分 1 秒、東経 36 度 17 分 3 秒、標高 1,200 m。ここでも農業がおもな産業で、自家消費程度の牧畜も行っている。人口約 20,000 人の Tangulbei Division の中心村落である。このあたりでは最大の村落で、Health Center には 40 km 離れた村落からも患者が訪れるとのことであった。

- ・ Health Center と Secondary School は村落の中心から 2～3 km 離れたところにあるが、井戸(ハンドポンプ)は村落の中心にあった。調査団が訪問したのが夕方近くということもあり、多くの住民が井戸に集まっていた。
- ・ PV システムを設置しているところはほとんどなく、照明は灯油が多く使用されている。携帯電話充電サービス店は 2 軒あり、住民の多くはそのいずれかを使用している。うち 1 軒の店主によると、住民からの要望が多くこのサービスを始めたこと、2 軒の間で顧客を奪い合う状況にはなっていないとのことであった。この携帯電話充電サービス店は太陽光により発電しており、盗難防止のため毎日夕方には PV モジュールを屋内に格納しているとのことであった。

1.2.3.4 Salabani Secondary School

2009年4月25日(土曜日)に訪問した。Baringo District の Marigat から北へ 15 km に位置する。ナイロビから約 250 km。北緯 0 度 32 分 40 秒、東経 36 度 2 分 37 秒、標高 989 m。

- ・ エネルギー省の公共施設電化計画により、2008 年に PV システムが導入された。70Wp のパネルが合計 16 枚と、フランスの NGO により寄付されたパネルが設置されていた。照明(寮も含む)、テレビ(21 インチカラー)、携帯電話充電(学校の職員のみ)、Security Light に使用している。問題は今のところ発生しておらず、順調に稼働しているとのこと。また、設置業者からマニュアルを受け取っている。
- ・ 建物は 2 棟に分かれており、うち 1 棟に校長室、事務室、職員室などと教室の一部が、もう 1 棟に残りの教室がある。16 枚の 70Wp のパネルはそれぞれ 14 枚と 2 枚設置されていた。それとは別に寮が 2 棟ある。
- ・ 生徒数は 120 人。男女比は半々で、すべての生徒が寮生活をしている。

1.2.4 現場踏査 (II)

1.2.4.1 Olgulului Village

2009 年 4 月 30 日(木曜日)に訪問した。タンザニア国境の街の 1 つである、Kajiado District の Namanga から南西へ 30 km に位置する。ナイロビから約 200 km。南緯 2 度 35 分 51 秒、東経 36 度 59 分 25 秒、標高 1,191 m。マサイ族の村である。おもに牧畜で生計を立てている。Trading Center とははっきりわかるような商店が集積した地域は見受けられず、公共施設や住宅が散在していた。

- ・ 携帯電話はたいいていの大人、80%程度が持っているとのこと。SMS はほとんど使わず、通話で使うことが多い。充電は村落内で可能だが Ksh 40/回かかる。
- ・ 国境が近いため、Safaricom の電波が入らず、タンザニア国の Vodacom の電波が入ることがある。実際、調査団の携帯電話にも調査中に “Kalibu! Vodacom welcomes you to Tanzania, the land of Mt.Kilimanjaro!”(ようこそ！Vodacom はキリマンジャロ山の国、タンザニアに歓迎します！) と Vodacom から SMS が届いた。Safaricom のユーザーが Vodacom のネットワークを経由して電話をかけると、経由しない場合と比べて 4 倍の電話料金になるとのことであった。
- ・ Health Center には 2 週間前に PV システム設置のための工事が始まり、配線の一部がなされていたが、PV モジュール自体は設置されていなかった。消毒のため加熱はケロシンで行っているが、PV システムが設置されればそれによる加熱に切り替えたいとのことであった。ただし水に塩分が多く含まれているため、装置の損傷を防ぐため、週に 1 回のみの使用としている。現在、職員住宅として使っている建物は、PV システムが設置されれば、Maternity Service の建物に変更される予定である。マラリアの流行地域であるが、検査に必要な顕微鏡はない。
- ・ 患者は 30 km 四方からやってくる。患者数は 15～20 人/日程度。出産はこの地域では 10～15 件/月/程度あるが、マサイ族は保健施設での出産を好まず、この Health Center での出産は 4 件/月程度である。夜間の出産の際には、懐中電灯や灯油ランプを照明として使

用している。

- ・ 5km離れた井戸からパイプを敷設しているが、パイプは象に踏みつぶされてしまい、修理が追いつかず、使っていない。(象は水の匂いがわかるとのこと。) 現在は別の井戸(私有地内・後述)の水を、所有者の同意を得た上で使っている。
- ・ Primary School は生徒数 360 人。以前はディーゼル発電機を使用していたが、1 年前に PV システムが NGO(African Medical Research Foundation)により設置された。これにより、Standard 6～8 で Prep. Class を 19:30～21:30 で実施している。
- ・ 井戸は Health Center や Primary School からは 3km 程度離れた場所にある(南緯 2 度 36 分 24 秒、東経 36 度 59 分 52 秒、標高 1,164 m)。ディーゼル発電機によりポンプを稼働させており、その燃料代に充当するため、牛 1 頭につき Ksh 10、羊・山羊 1 頭につき Ksh 5 を毎月徴収している。(人間のための水は無料。)
- ・ 村落内にはガソリン発電機で散髪(Ksh 30)、髭剃り(Ksh 20)、携帯電話充電(Ksh 30)を行っている店舗、PV システムによりテレビや DVD プレーヤーを使用し、携帯電話充電サービスも行っている個人(学校の教師)宅もあった。

1.2.4.2 A.I.C. Samaria Mission

2009 年 5 月 1 日(金曜日)に訪問した。Kajiado District の Namanga から西へ 30 km に位置する。ナイロビから約 200 km。南緯 2 度 31 分 3 秒、東経 36 度 57 分 22 秒、標高 1,234 m。韓国系のミッション施設で、Primary School と Dispensary のサービスを周辺住民に提供している。周辺に目立った民家は見受けられなかった。

- ・ 敷地は 110 エーカー(約 44 ha)で、教会、学校、保健施設、井戸を持っている。
- ・ Primary School の生徒数は Standard 1～8 の合計で 250 人。全員が寮生活をしている。Secondary School は近々開設する予定である。Secondary School が開設されれば電化ニーズはさらに大きくなると考えている。
- ・ Dispensary については医薬品の供給などの面で District Hospital の支援を受けている。
- ・ 現在は 10 kW のディーゼル発電機(2004 年製)を使用している。ドラム缶(200 リットル)4 本/月の燃料を消費している。普段は 4 時間/日だが、乾季には水を汲み上げる量が増えるため、12 時間/日の運転を行うこともある。

1.2.4.3 Lengism Village

2009 年 5 月 1 日(金曜日)に訪問した。Amboseli National Park の Namanga Gate から北へ 20km に位置する。南緯 2 度 23 分 51 秒、東経 37 度 12 分 53 秒、標高 1,176 m。マサイ族の村である。中心部には数軒の商店が集まっている。村落の中心から 1km ほど離れた場所に Lengism Primary School がある。マサイは 20～30 人で大きな家族を形成するが、1つの小さな家に居住する単位を世帯とカウントすると 160 世帯、人口は 560～575 人くらい。

- ・ 充電サービスを行っている商店では、テレビ(21 インチカラー)やバーの照明としても PV システムを使用していた。充電料金は Ksh 20/回で、1 日に 12 人程度の利用がある。Ksh 30/回で照明の充電も可能。システムはナイロビで購入したとのこと。
- ・ 案内してくれたチーフは週に 3 回程度携帯電話を充電している。予備の充電電池も 3 つ持

っている。

- ・ Lengism Primary School の生徒数は 560 人。Standard 1～8 までのクラスがある。遠くに風力で水を汲み上げるための風車がある。敷地に隣接して Missionary の Dispensary がある。当初 Ksh 30 で診療サービスを行うとのことで歓迎していたが、Ksh 100 に値上げされたため、Community との関係は悪化している。
- ・ 井戸は 5km ほど離れた場所にある。(南緯 2 度 24 分 1 秒、東経 37 度 9 分 57 秒、標高 1,198 m。) 水にはやや塩分が含まれている。ディーゼル発電機で水を汲み上げていたが、水位が下がっているせいか、水を汲み上げられない。タンク(推定容量 3 t)が空に近い状態である。設置費用のうち半分(Ksh 350,000)は 24 家族からの寄付によってまかなった。残りは NGO からの資金。水の料金は牛 1 頭につき Ksh 10/月で、月末にまとめて払う。羊・山羊及び人間については無料。

1.2.4.4 A Primary School

2009 年 5 月 1 日(金曜日)に訪問した。Lengism Village から西へ 15 km に位置する。南緯 2 度 22 分 52 秒、東経 37 度 5 分 41 秒、標高 1,217 m。ここもマサイ族の村である。周辺に商店らしいものは見受けられなかったが、数軒の住宅が見受けられた。

- ・ 携帯電話の充電は 72 km 離れたところまで行っている。車を持っている人がいるので乗せてもらう。携帯電話はかなりの人がこの村でも持っている。充電に行くのが大変なので、充電機を複数持っている人もいる。
- ・ この地域では水は家畜 1 頭あたり Ksh 10 (雨季)～20 (乾季)/月。

1.2.4.5 Mailwa Village

2009 年 5 月 1 日(金曜日)に訪問した。Lengism Village から西へ 40 km に位置する。南緯 2 度 19 分 44 秒、東経 36 度 57 分 46 秒、標高 1,319 m。マサイ族の住民が村である。道路に沿って商店が十数軒見受けられた。

- ・ 2 軒で携帯電話の充電サービスを行っている。
- ・ Dispensary は外来診療室、薬品室、倉庫、分娩室など 6 室から成っていた。

1.2.4.6 Ilpartimaro Village

2009 年 5 月 2 日(土曜日)に訪問した。Namanga から北へ約 60 km。南緯 2 度 16 分 3 秒、東経 36 度 44 分 6 秒、標高 1,497 m。

- ・ Primary School は Standard 1～8 の 8 クラスで、教室は 4 棟に分かれている。うち 1 棟のみ PV システムを持っている。Standard 6～8 を対象に Prep. Class を 19:00～21:00 で実施している。12 V の PV システムで、設置は丁寧な工事がされていた。
- ・ 携帯電話は 70% くらいの世帯が保有しているのではないかとのことであった。

1.2.4.7 Meto Village

2009 年 5 月 2 日(土曜日)に訪問した。Ilpartimaro から南西へ約 30 km。Meto Location 全体で人口は 6,700 人。タンザニア国境まで 300 m で、徒歩で往来可能な道路がある。

- ・ Dispensary は南緯 2 度 24 分 39 秒、東経 36 度 32 分 58 秒、標高 1,694 m にある。NGO (AMREF) が設置した PV システムがある。ただし容量が十分でなく、照明のみにしか使用できない。冷蔵庫は LPG を使用していたが、District から供給がなく、現在は使用していない。夜間の手術などの際には照明が十分でないため、乾電池による懐中電灯を併用している。30 人/日の患者の来院があり、一部はタンザニア国からも来る。顕微鏡、冷蔵庫、分娩室、手術室の照明を PV システムで実現できるとうれしい。職員は Dispensary の 1 室に住んでおり、急患の場合は 24 時間 365 日対応する。設置した NGO との約束で、この PV システムを携帯電話の充電に使うことはできない。
- ・ 携帯電話の電波は入らない。近くの丘に登れば使うことはできるが、携帯電話を持っている人はこの村ではそう多くない。携帯電話の充電は Ksh 40/回で可能である。村と外部を結ぶ通信手段は Dispensary と Primary School に設置された Telecom Wireless 計 2 回線のみである。
- ・ 灯油は Kajiado または Namanga(いずれも距離は約 80 km)で購入する必要がある。村の中でも購入可能だが、300 mL を Ksh 40 で販売している。つまり Ksh 133/リットルで、幹線道路沿いのガソリンスタンドでの販売価格の 2 倍近い金額である。
- ・ Secondary School がこの村にできるまでは最寄りの Secondary School まで 100 km 近くの距離があった。
- ・ 村落内には Polytechnic School があり、Craft man、Secretary、Agriculture、Mechanic の各コースがあるが、校舎の移転・新築中のため現在は一時休止している。Primary School 卒業後に入学でき、2 年半で卒業できるコースである。電気を多く消費する設備は設置されておらず、そのようなコースは開設されていない。
- ・ Primary School は南緯 2 度 24 分 38 秒、東経 36 度 33 分 18 秒、標高 1,668 m にある。生徒 600 人、教師 13 人。ただし、職員住宅は 2 名分しかなく、残りは民間住宅を借りている。Standard 1~4 は 2 クラス、Standard 5~8 は 1 クラスの計 12 クラス。PV システムも設置されており、10 W の蛍光灯が各教室に 3 本付けられている。
- ・ 教師の自宅には PV システム、テレビ、ラジオ、照明がある。
- ・ 水はタンザニア国側からパイプにより供給されている。

1.2.5 Grundfos サイト視察

1.2.5.1 Musingini Village (Pilot Site for Grundfos Water Pumping System)

2009 年 5 月 5 日(月曜日)に視察した。南緯 1 度 1 分 40 秒、東経 37 度 35 分 42 秒、標高 1,170 m。

- ・ 2005 年から井戸自体は使用されているが、以前はハンドポンプであったものを、世界的なポンプメーカーである Grundfos が、パイロットサイトとして、2009 年 3 月に太陽光によるポンプ等を設置した。ポンプの技術や可変速モーターによる汲み上げシステムは Grundfos 社独自のものである。
- ・ この施設のユニークな点は、維持の責任を Grundfos 側が負っていること、利用料の徴収

も Grundfos 側がシステムを供給(M-PESA⁴³による入金及びトークンによる利用料徴収⁴⁴)していることである。ただし、運営自体はコミュニティが行っており、コミュニティに雇われた管理人(月給 Ksh 3,000)が常駐している。

- ・ 水の料金はジェリカン 1 個(20 リットル)の場合、ハンドポンプであった頃は Ksh 1 であったが、現在は Ksh 2 に値上げされている。しかし、家畜用の水も必要となる乾季には利用者が特に多く、1 日 100 人以上の利用がある。中には牛や自転車にリヤカーを引かせ、ドラム缶 4 本(800 リットル)を一度に運ぶ利用者もいる。
- ・ システムの設置費用は Ksh 3 百万であった(井戸は既設の井戸をそのまま使用している)が、Grundfos 側がこれを負担し、また、メンテナンスにも責任を負っている。これに対して、コミュニティは 1 日あたりジェリカン 300 個(6,000 リットル)相当の金額、すなわち Ksh 600 を Grundfos に支払っている。
- ・ コミュニティ側からみると、雨季は売上が Ksh 600/日に満たないことが多く、持ち出しとなるが、乾季の売上で十分カバーできているとのことである。余剰金は全額コミュニティの収入となっている。管理人は会計を管理する必要はなく、Grundfos 社から月次で販売量や収益の情報が提供されるとのことである。

1.2.5.2 Musingini Primary School

2009 年 5 月 5 日(月曜日)に視察した。南緯 1 度 1 分 32 秒、東経 37 度 35 分 55 秒、標高 1,175 m。

- ・ 生徒数 322 人の学校。Nursery から Standard 8 までの 9 クラス構成で各 1 クラス。
- ・ 電気がないため、Night Prep. Class は行っていない。

1.2.5.3 Musingini Secondary School

2009 年 5 月 5 日(月曜日)に視察した。南緯 1 度 1 分 28 秒、東経 37 度 35 分 51 秒、標高 1,180 m。

- ・ 2007 年開校。
- ・ Science Room と Laboratory に電気が必要と考えている。

⁴³ M-PESA(エムベサ)とはケニア国最大の携帯電話事業者である Safaricom 社が提供する、携帯電話を利用した送金システムである。一度利用登録を行えば、その後、取扱店で入金を行い、その残高の範囲内であればいつでも携帯電話の操作により送金を行うことができる。現金の受け取りも取扱店で可能なため、銀行が近くにない地方部では送金の方法として多くの住民が利用している。また、地方部に限らず、治安上の問題で多額の現金を持ち歩きたくない場合の支払方法として使用されている例もある。必要なプログラムは Safaricom の SIM にすべて含まれているため、Safaricom のユーザーであれば利用登録し、入金さえすればだれでも利用可能である(一部の旧式の SIM を除く・ただし旧式の SIM の場合は交換が可能)。PESA とはスワヒリ語で「お金」を意味する。

⁴⁴ Grundfos 側では会員番号(トークンに記憶されている)により残高が管理されている。トークンを所定の端末にかざせば水が出るように設計されており、購入した水の量によって残高が減少するようになっている。端末と Grundfos 社との間は Safaricom の携帯電話通信網を使用して通信を行っている。このトークンはシステム設置時にコミュニティに対して配布されている。

第 2 章 ウガンダ国での現地踏査・現場視察

2.1 ウガンダ国での現地踏査・現場視察実施日程

ウガンダ国では以下の現地踏査・現場視察を実施した(合計 10 日間)。

- ・ 5 月 20 日(水曜日)～5 月 23 日(土曜日): 現場踏査(I)
- ・ 5 月 27 日(水曜日): 現場踏査(II)
- ・ 5 月 28 日(木曜日)～5 月 30 日(土曜日): CREEC⁴⁵ PV システム設置パイロットサイト視察(I) 及び 現場踏査(III)
- ・ 6 月 3 日(水曜日): CREEC PV システム設置パイロットサイト視察(II)
- ・ 6 月 7 日(日曜日): NIDA⁴⁶ 充電ビジネスサイト視察

現場踏査対象地域の選定にあたっては「短期間の調査のためカンパラから 1 日で到達できる地域であること」「可能な限り特徴の異なる地域を対象とすること」を条件とした。

地方電化庁提供のデータから、未電化かつ配電網からある程度距離があり、対象と想定される公共施設(学校・保健施設)のある村落を選び、訪問予定村落とした。公共施設の現況の調査及び村落住民に対するインタビュー調査を行うとともに、井戸・トレーディングセンターが近くにあればその現況も確認した。

2.2 現地踏査・現場視察の結果

2.2.1 現場踏査 (I)

2.2.1.1 Solar Equipments Supplier (Solar Power Agency (U) Ltd.)

2009 年 5 月 20 日(水曜日)に訪問した。Mbale 市内のメインストリート、Republic Street に店舗を構えている。

- ・ PV モジュール、インバーター、電球などの供給、設置工事のほか、アフターサービスも行っている。
- ・ 配電線を引き込んでいる家であっても、PV システムを使用している世帯も少なくない。停電が多く、しかも料金が安いからである。(社長宅ではテレビ・洗濯機・照明の使用で Ush 150,000/月も支払っているとのこと。) また、電球 5 個だけで Ush 50,000 の電気代がかかっている例もある。
- ・ 50%の頭金の支払いで、残額を無利子・3 か月間の分割払いにできるローンを独自に用意している。返済がなされなければ PV モジュールなどを外しに行くのでリスクは高くない。金融機関のローンは金利が高く、手続きも煩雑で利用しづらいためである。
- ・ 村落住民の PV システムに対する知識はまだまだ少ない。

⁴⁵ Centre for Research in Energy and Energy Conservation, under Faculty of Technology, Makerere University,

⁴⁶ Nkoola Institutional Development Associates Ltd.

2.2.1.2 Namawanga Health Centre II

2009年5月21日(木曜日)に訪問した。Mbale District の Bukinde Sub-county にある。北緯0度52分29秒、東経34度11分40秒、標高1,240 m に位置する。

- ・ 看護師1名、助産師1名、看護助手1名ほか合計10名のスタッフが配置されている。
- ・ 2006年にPVシステムが設置された。ウガンダ国政府により実施されている“Solar for Africa”によるものである。
- ・ 8つの照明があったが、半年前から2つしか現在は使えていない。この施設に予算がなく、照明の交換ができないためである。そのため、外来診療室から必要不可欠なところに使える照明を移して対応している。
- ・ 1日に4時間程度しか使えない。以前はもっと使えた。(設置後3年が経過しているため、バッテリーの容量が減少しているものと考えられる。)
- ・ 配電線はこの施設の近くまで来ている。2006年の大統領・国会議員選挙の際にできたものだが、電気は供給されていない。
- ・ ワクチンの冷蔵庫はLPGで稼動している。
- ・ 職員の一部は携帯電話を持っており、3 km離れたトレーディングセンターで充電をしている。充電料金はUsh 500/回である。あるスタッフは4日おきに充電していると答えた。また、この地域ではほとんどの世帯が携帯電話を保有しているとのことであった。

2.2.1.3 Lwangoli Health Centre III

2009年5月21日(木曜日)に訪問した。Mbale District の Busoba Sub-county にある。北緯0度57分54秒、東経34度08分45秒、標高1,142 m に位置する。

- ・ 合計11名のスタッフが配置されている。
- ・ 配電線は施設の近く数メートルのところまで来ている。2006年に架設。一部の住宅は接続しているが、District に予算がないため、この施設は接続されていない。また、接続される予定も現在のところない。
- ・ 2006年にPVシステムが設置されている。パネルは1枚で、バッテリーは2個、バルブは10個あるが、そのうち5個は点灯せず、交換が必要である。ただし残りのバルブは午後6時から翌朝7時まで順調に稼動しており、明るさも十分である。灯油ランプはほとんど使用していない。
- ・ 防犯用照明(Security Light)は周辺地域の何者かによって盗まれた。(12 V用のものなのでPVシステムを持っているところでないと思えないのではとの調査団員の質問に)どこかに転売したものと思われる。
- ・ LPGによりワクチンの冷蔵庫を稼動させている。1個のシリンダで1か月間使用可能であるが、District に持っていかなければならず、遠いのが問題。
- ・ 職員は携帯電話を11 km離れたトレーディングセンターで行っている。充電料金はUsh 500/回である。
- ・ この地域では配電線の電気で4個のバルブとラジオを使用している人がいるが、毎月の電気代はUsh 30,000 かかっている。

2.2.1.4 Sira Health Centre III

2009年5月21日(木曜日)に訪問した。Mbale District の Bungokho Sub-county にある。北緯0度59分49秒、東経34度08分32秒、標高1,152 m に位置する。

- ・ 合計13名のスタッフが配置されている。
- ・ この施設では患者に医薬品の提供を行わず処方箋を出しているだけである。患者は街の薬局で医薬品を購入する必要がある。
- ・ 患者数は季節にもよるが以前、薬を出していたころは80～100人/日。うち35～50人/日がマラリアの治療であった。現在は10～20人/日。この施設のサービスエリアは6村、人口合計600人。
- ・ 2006年にPVシステムが設置された。パネル2枚、バッテリー2個、バルブ9個(うち4個が点灯可能)である。以前に問題が生じたがコントローラーの一部の配線をショートさせて、とりあえず解決した。
- ・ 照明の不足分は灯油ランプを使用している。Ush 1,700/リットルだが、13 km 離れたトレーディングセンターに買いに行く必要があり、交通費に片道 Ush 2,000 を要している。なお、この施設周辺の住民も携帯電話を充電する際には同じトレーディングセンターに行っている。充電料金は Ksh 500/回である。スタッフの半分以上は携帯電話を持っている。
- ・ ワクチンの冷蔵は LPG によっている。冷蔵庫は UNICEF から寄付された。
- ・ 近くに井戸があり、水はそこのものを使用している。住民は灯油ランプを照明に使用している。スタッフの1人は自宅で Ush 9,000/月を灯油のために支出している。

2.2.1.5 St. Clare Girl's High School

2009年5月21日(木曜日)に訪問した。Budaka District の Budaka-township にある。北緯1度0分46秒、東経33度56分50秒、標高1,128 m に位置する。

- ・ Boarding School (全寮制)で、O レベル (Senior 1-4)、A レベル (Senior 5-6)の両方がある Girl's School である。生徒数は250人、学費は Ush 260,000/期 (3 か月間)である。
- ・ 配電線にも接続されているが、2週間停電が続くなど、信頼できないので、PVシステムを導入した。(2×100AH のバッテリーと 600 W のインバーター)
- ・ 職員住宅は9戸あり、それぞれ1つのバルブがある。これは12 V DC のものである。校長宅にはテレビや DVD プレーヤーもある。また、教室や寮には 10 W のバルブを2個ずつ設置している。
- ・ コンピュータ教室がある。60台以上のコンピュータを PV システムにより動かす計画がある。

2.2.1.6 St. Clare Girl's Day and Boarding Primary School

2009年5月21日(木曜日)に訪問した。ミッション系の学校である。北緯1度0分24秒、東経33度57分17秒、標高1,135 m に位置する。

- ・ 寮もあるが、通学も可能な、Primary 1～7 の7学年の Girl's School である。生徒数は1,020

- 人、1 学年に最大で 3 クラスあり、1 クラスの人数は 50～60 人である。学費は Primary 1～4 は Ush 250,000/期 (3 か月間)、Primary 5～7 は Ush 270,000 (同)である。
- ・ 配電線の電気は十分な容量がなく、数週間にわたって停電することもある。しかも Ush 200,000/月かかることもあって高く、不満がある。
 - ・ 照明用を目的に 2009 年 3 月に PV システムを設置した。2×100 AH のバッテリーで、バルブは 8 個。照明は Night Prep. Class のために午後 7 時から深夜 12 時、Morning Prep. Class のために午前 5 時から午前 6 時まで使用している。また、寮での娯楽のためにも PV システムからの電気を使うことがあり、PV システムを管理できるスタッフがいる。
 - ・ コンピュータが 25 台ある。

2.2.1.7 St. Anthony Boys Primary School

2009 年 5 月 21 日(木曜日)に訪問した。ミッション系の学校である。北緯 1 度 0 分 33 秒、東経 33 度 57 分 15 秒、標高 1,135 m に位置する。

- ・ 訪問したが、学校のスタッフがいなかったため、同行した設置業者から説明を受けた。
- ・ ミッション系の学校で、130 Wp のパネル、200 AH のバッテリー、12 個のバルブによりシステムが構成されている。また、テレビやラジオも使用している。設置は 2009 年 3 月。

2.2.1.8 St. Paul Secondary School

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。Pallisa District の Kabelekeke Village にある。北緯 1 度 11 分 7 秒、東経 33 度 55 分 33 秒、標高 1,138 m に位置する。

- ・ 寮もあるが、通学も可能な、Senior 1～3 の 3 学年の Secondary School である(Senior 4 については次年度開設予定)。生徒数は 197 人(うち女子 70 人)。ほとんどが地元の生徒。学費は寄宿生 Ush 120,000/期、通学生 Ush 30,000/期である。
- ・ 教師は 12 名、その他職員が 6 名。
- ・ 一般的な授業科目とは別に、織り、縫製、養鶏なども教えており、他の学校と異なる特色を出している。
- ・ 配電線には接続されていないが、敷地内を 33 kV の送電線が通っている。
- ・ 85 Wp のパネル、3×100 AH のバッテリー、チャージコントローラーからなる PV システムによって電気を供給している。2009 年 3 月に設置された。資金は学校経営者が出した。
- ・ チャージコントローラーには 3 V/6 V/9 V/12 V/USB(5 V) DC の出力があり、うち、6 V DC を利用して携帯電話の充電を行っている。
- ・ バルブは 9 個で、モノクロテレビとラジオにも電気を使用している。また、職員やその友人の携帯電話の充電もしている。Community からの支援が学校設立時にあったので、近隣住民の携帯電話の充電も無料でしている。合計で 10 台/日程度の充電を行っている。
- ・ 照明は午後 7 時から翌朝午前 6 時までで、1 棟にのみ使用しているが、他の棟や正門に別の PV システムを設置する計画がある。
- ・ 周辺の住民は灯油ランプを照明に使用している。Ush 2,500/リットルで、学校から 1 km

のトレーディングセンターで購入している。対応してくれた先生は昼間に学校で充電したソーラーランタンを自宅で使用している。

- ・ この地域のおもな収入は農業(とうもろこしなど)である。鶏、山羊、牛などの家畜飼育も行っているが、自家消費程度で規模は大きくない。

2.2.1.9 Jonathan Memorial College

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。Pallisa District の Butebo Sub-county、Kasiebai Village にある。北緯 1 度 13 分 55 秒、東経 33 度 55 分 2 秒、標高 1,071 m に位置する。

- ・ 寮もあるが、通学も可能な、Senior 1～3 と Senior 5 の 4 学年の共学の Secondary School である(Senior 4, 6 については次年度開設予定)。生徒数は 219 人、男女比は半々程度。通学生 92 人、寄宿生 127 人。学費は寄宿生 Ush 242,000/期、通学生 Ush 112,000/期である。
- ・ 配電線には接続されていない。
- ・ 4×100 AH のバッテリー、3 枚の PV モジュールによって構成される PV システムを設置している。さらに 7 セットの PV システムと、3,000 リットルの水ポンプのための PV システムの導入計画がある。現在のシステムはバルブ 9 個、コンピュータ、プリンタ、ラジオ、テレビ、携帯電話の充電に使っている。雨季には電力を多く消費するものを使わないようにしている。(住民用の井戸は学校の近くにあるが、それとは別に学校用の井戸を設置する工事を行っている。)
- ・ 男子寮のシステムは正しくない状態につながかえられていた。
- ・ 学校は 6 個の充電式ランタンを緊急用に保有している。
- ・ この地域での携帯電話の世帯普及率は 60% くらいではないかとのこと。
- ・ 創立者は現職の保健大臣(Hon. Steven Mallinga)。近くに邸宅があり、携帯電話の充電はそこで無料で可能。3 km 離れたところにある最寄りのトレーディングセンターは配電線に接続されている。

2.2.1.10 保健大臣の地元邸宅

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。北緯 1 度 14 分 6 秒、東経 33 度 55 分 9 秒、標高 1,078 m に位置する。

- ・ 85 Wp 程度の PV モジュール 20 枚、8(12?)×200 AH のバッテリー、3 基のインバーターなどで構成された PV システムが設置されている。1998 年設置。照明、カラーテレビ、ラジオ、コンピュータ、プリンタ、アイロン、冷蔵庫、携帯電話や充電式ランタンの充電に使われている。
- ・ 別の PV システムも設置されており、周辺住民の携帯電話を無料で充電している。15 人/日程度の利用がある。

2.2.1.11 Butebo Health Centre IV

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。Pallisa District の Butebo Sub-county にある。北緯 1 度 11 分 56 秒、東経 33 度 55 分 10 秒、標高 1,124 m に位置する。

- ・ 配電線に接続されているが、停電が多いため、2002 年と 2009 年 1 月にそれぞれ PV システムが設置されている。75 Wp の PV モジュール 9 枚、85 Wp の PV モジュール 6 枚。先に導入されたシステムは輸血用血液の冷蔵庫に、後に導入されたシステムは照明(20 バルブ・午後 7 時から翌朝午前 7 時)に使用されている。防犯用照明は配電線からの電気を使用している。また、職員の携帯電話の充電も配電線からの電気を使用している。
- ・ 下位の保健施設から送られてくる患者も含め、180 人/日の患者が来院する。また、120 人/日の子供に免疫投与などを行っている。
- ・ ワクチン用の冷蔵庫は 3.5 kg の LPG によっている。これは UNEPI により寄付されたものである。
- ・ ディーゼル発電機 1 基と、小型のガソリン発電機が 2 基ある。前者は故障中だが、後者は停電の際に使用している。
- ・ この施設の職員数は 26 人。自宅ではおもに灯油ランプと乾電池式懐中電灯を使用しており、灯油はトレーディングセンターで Ush 2,100~2,200/リットルで購入可能である。
- ・ 一番安いスタッフの給料は Ush 190,000/月。「一番高いのは？」との調査団員の質問に「それは言えない」とのこと。

2.2.1.12 Kagumu Health Centre III

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。Pallisa District の Kagumu Sub-county にあり、トレーディングセンター内にある。北緯 1 度 6 分 11 秒、東経 33 度 51 分 49 秒、標高 1,100 m に位置する。CBO (Community Based Organization) である KADO (Kagumu Development Organization) により運営されている。KADO には 4 つの Sub-county に 612 の会員がいる。KADO の運営資金はドナーからの寄付、会員からの年会費、政府からの支援により確保している。

- ・ District からの資金と、KADO による資金により運営している。職員は 6 名。1 日の患者は 50~60 名。
- ・ 配電線の終端から 8 km 離れている。PV モジュール 3 枚、2 個の密閉型バッテリー、2 個のインバーター(うち 1 個は故障)による PV システムが設置されている。午後 7 時から午前 6 時まで使用するバルブ 12 個、コンピュータ(デスクトップ+17 インチ CRT ディスプレイ)、インクジェットプリンタ、職員の携帯電話の充電に使用している。コンピュータを使う前には他の電灯を消す、プリンタを使う際にはガソリン発電機を使うなどしている。
- ・ 予備のバルブは必ず 1 つ買ってあり、切れた場合はすぐに交換できるようにしているなど、管理状態は良好である。
- ・ ワクチン保存の冷蔵庫はない。毎週 2 回(火曜日と土曜日)に自転車で 8 km 離れた Health Center IV に取りに行っている。冷蔵庫と追加の PV モジュールを購入する計画が KADO にある。
- ・ 灯油ランプや充電式ランタンを、PV による照明で足りない際に使うこともある。
- ・ 周辺の住民はトレーディングセンターや MTN-Uganda の携帯電話電波鉄塔の警備員詰所(Health Center から 50 m)で携帯電話を充電している。周辺住民の 80%は農業で生計を

立てている。

- ・ 配電線の電気は高く、わずか 300 m の電線を引いて電柱を立てるのに Ush 6 百万もかかるという。したがって住民は PV システムをローンででも購入したいと考えている。しかし、彼らには PV システムに関する情報が乏しい状態である。

2.2.1.13 Phone Charging Service Shop, Bulange

2009 年 5 月 22 日(金曜日)に訪問した。Namutumba District の Bulange Sub-county のトレーディングセンター内にある。配電線の終端から 10 km。北緯 0 度 44 分 10 秒、東経 33 度 41 分 58 秒、標高 1,087 m に位置する。

- ・ 2007 年からこの商売を始めた。営業時間は午前 7 時から午後 10 時。1 日に 30 人の利用者がおり、料金は Ush 500/回である。充電サービスのほかに、Airtime (携帯電話プリペイドカード)の販売も行っている。商圏の人口は 3,000 人。
- ・ 65 Wp の PV モジュール、2 個のバッテリー、チャージコントローラー、インバーターによりシステムを構成している。
- ・ この商売のアイデアは他の街で行っている人から得た。携帯電話の充電のほかに、照明(バルブ 2 個)、テレビ、ラジオを利用している。以前は充電式ランタンを使用していたが、故障してしまった。
- ・ ガソリン発電機を使用している、充電ビジネスと競合している。
- ・ 別の場所(Bunambutye Village)で同様のビジネスをはじめることを検討している。
- ・ 飲料の冷蔵やビデオホールを行うために PV システムを拡充することを考えている。
- ・ 家を新築中で、家が建てば引越しをすることを考えている。配電線がこの村まで延びてきたら商売が成り立たなくなるので、商売が成り立つところに引越しをする。これまでの充電サービスの売上は銀行に入れていたが、家を建てるために使ってしまった。
- ・ これまでの投資金額は Ush 3 百万。

2.2.1.14 A SHS User House

2009 年 5 月 23 日(土曜日)に訪問した。北緯 1 度 7 分 46 秒、東経 34 度 9 分 4 秒、標高 1,141 m に位置する。配電線まで 3 km。

- ・ PV システムは 2008 年 5 月に導入した。費用は Ush 1.9 百万。パネルは 85 Wp のものが 1 枚で、インバーターとバルブ 6 個を設置している。携帯電話の充電にも利用している。導入後バルブが 1 つ壊れたが、それ以外にはまったく問題なく動作している。
- ・ PV システム販売店独自のローンを利用した。50%の頭金の支払いで、残額を無利子・3 か月間の分割払いにできた。(一般に銀行では 1.5~2.5%/月の利子がかかる。)
- ・ ラジオでの CM 宣伝と、PV 関連商品販売者によるキャンペーン、Nakaloke Trading Centre に PV システム持っている人から、PV システムについて知った。
- ・ 家畜飼育(牛)と、農業(キャッサバ・とうもろこし・マトケ(バナナ)・じゃがいも・豆)が主な収入源である。
- ・ 同じ村の住民は PV システムを所有することに興味はあるが、資金がなく、導入できないでいる。

- ・ 多くの人は灯油ランプを使用しているが、煙のため健康によくない。
- ・ 水は 0.8 km はなれたところにある湧き水を使っている。

2.2.2 現場踏査 (II)

2.2.2.1 Battery Charging Service Shop, Kiyindi

2009 年 5 月 27 日(水曜日)に視察した。カンパラから東へ 90 km。北緯 0 度 16 分 42 秒、東経 33 度 8 分 52 秒、標高 1,145 m に位置する。Mukono District の Buvum Island へ向かう船着場の 1 つである。

- ・ 充電料金は Ush 1,000 (10 Ah 程度のバッテリー)、Ush 2,500 (50 Ah～75 Ah 程度のバッテリー)、Ush 3,000 (100 Ah～120 Ah 程度のバッテリー)、Ush 4,000 (200 Ah 程度のバッテリー)と容量ごとに決めている。12 時間で充電が完了する。
- ・ 1 日の利用は 10～20 人。おもに Buvuma Island の住民で家庭用に使用しているものが多い。
- ・ 1 か月に Ush 120,000～160,000 程度を UMEME(配電会社)に支払っている。この電気で充電ビジネスを行っている。
- ・ これまでに Ush 2.5 百万を投資した。
- ・ バッテリーを複数個直列に接続して充電している。そのため、一定数のバッテリーが集まらなければ充電はできないとのこと。(このようなときのための予備のバッテリーも用意している。)

2.2.2.2 Phone Charging Service Shop, Kyanama Landing Site

2009 年 5 月 27 日(水曜日)に視察した。Kiyindi から船で 1 時間 20 分。北緯 0 度 14 分 8 秒、東経 33 度 14 分 33 秒、標高 1,129 m に位置する。Mukono District の Busamizi Sub-county に属する。世帯数は 200、漁業がおもな産業の村であるが、木材生産、農業も収入になっている。

- ・ 80 Wp の PV モジュール、100 Ah のバッテリーによりシステムが構成されている。購入金額は Ush 1,230,000。2007 年にカンパラの販売店で購入した。
- ・ バルブ 2 個と携帯電話の充電、ラジオに使用している。以前はテレビも見ることができたが、その後、出力が弱くなり、見ることができなくなった。
- ・ 5～10 台/日の携帯電話を充電している。充電料金は Ush 500/回。
- ・ 同じ集落内に発電機を使って充電サービスを行っている店(ビデオホールや理髪店)がある。自動車用大型バッテリーを使っている人もいる。充電は船でバッテリーを運んで、Kiyindi で Ush 2,000/回で行っている。
- ・ 村では灯油ランプがおもな照明になっている。Ush 2,300/リットル程度だが、多くの人は 1 日ないし 2 日分、100～300 mL 程度ずつ買っている。使用時間は午後 7 時から午後 8 時 30 分ごろまでと短い。
- ・ 携帯電話を持っている大人は 30%程度ではないかとのことであった。
- ・ 住民からは PV システムはどこで買えるのか、どのような手順で付けるのかという質問

を受けた。

2.2.2.3 Kitamilo Health Centre IV

2009年5月27日(水曜日)に視察した。Kiyindi から船で1時間50分。北緯0度11分48秒、東経33度16分22秒、標高1,150 mに位置する。Mukono District の Nailambi Sub-county に属する。

- ・ PV システムは District により 2007 年に設置された。照明、携帯電話充電、冷蔵庫(2 台)に使用している。容量は十分ではないため、充電式ランタンも使用している。これは本土で充電している。また、照明が足りない場合は、灯油ランプを使用することもある。これとは別に、妊産婦病棟の照明用にもう1つの PV システムがある。
- ・ 職員住宅では灯油ランプと充電式ランタンを使用している。
- ・ 島には Health Center III/II がそれぞれ 6 施設、8 施設あるが、Health Center IV はここだけである。1 日の患者数は 30～100 人。全島から患者が来る。急患の場合は Health Center IV のスピードボートも使用可能だが、燃料代(片道あたり 20 リットル相当額)は患者負担である。なお、一般の船は片道 Ush 6,000。
- ・ 島内では灯油は Ush 2,600/リットル。(本土の幹線道路沿いガソリンスタンドの価格の 1.5 倍程度)

2.2.2.4 Nailambi Sub-county Headquarters

2009年5月27日(水曜日)に訪問した。Kitamilo からバイクタクシーで15分。北緯0度10分13秒、東経33度17分31秒、標高1,193 mに位置する。

- ・ PV システムはこの島ではほとんど設置されていない。マケレレ大学がパイロットで設置したという話も聞いたことがない。
- ・ 近隣住民は近くの教会で Ush 500/回で携帯電話を充電している。
- ・ ただし、Sub-county の Chief は PV システムを自宅に設置している。

2.2.3 CREEC PV システム設置パイロットサイト視察 (I) 及び 現場踏査 (III)

2.2.3.1 Busabala Village

2009年5月28日(木曜日)に訪問した。Wakiso District の Makindye Sabagabo Sub-county に属する、ビクトリア湖に面した漁村で、カンパラから車で約1時間のところにある。北緯0度12分31秒、東経32度37分11秒、標高1,139 mに位置する。CREEC の PV システム設置パイロットサイトの1つである。

- ・ Chairman は 2006 年にオーストリア人から PV システムを購入した。PV モジュール 2 枚、100 Ah のバッテリー、5 つのランプで、Ush 687,000。当初教会に設置することを勧められたが、Department of Fishery の事務所兼倉庫(村の事務所とコミュニティの倉庫として機能)に設置した。1 年以上かけて携帯電話充電収入から返済し、現在、返済は完了している。逆に Ush 100,000 の貯金があり、コミュニティのために使われる予定である。
- ・ これとは別に、マケレレ大学の調査チームにより、携帯電話充電用の小さな PV モジ

ールを 2008 年 5 月に寄付された。

- ・ これらにより、5～10 台/日の携帯電話の充電を行っている。料金は Ush 200～300/台である。村の人口は 400 人であるが、そのうち 150 人が携帯電話を持っている。
- ・ PV システムの電気を Security Light には使用していない。
- ・ 配電線は 7 km 先の村にまで来ている。Chairman はここで充電した充電式ランタンを使用しているが、住民は灯油ランプを使用していることが一般的である。トレーディングセンターにあるガソリンスタンドで灯油は Ush 2,300/リットルで販売されている。
- ・ 住民は漁業、農業、小売業により収入を得ている。
- ・ 水は飲料水、家畜の飲み水ともに湖から得ている。
- ・ 調査団が訪問したときには、魚(ティラピア)のせりが行われていた。また、ナイルパーチの水揚げもある。冷蔵用の氷はカンパラから輸送している。

2.2.3.2 Bukakata Sub-county Office

2009 年 5 月 28 日(木曜日)に訪問した。Masaka District に属する、ビクトリア湖に面した漁村で、船着場でもある。Masaka から Bukakata への道路沿いに JICA の無償による配電網が架設されたばかりである。南緯 0 度 17 分 10 秒、東経 32 度 0 分 42 秒、標高 1,140 m に位置する。Sub-county 全体で人口は 13,000。うち、事務所のある Kabasese 村の人口は 7,000。

- ・ 日本の支援に感謝している。しかし、まだ施設はこの配電線には接続していない。接続の予定も現時点ではわからない。
- ・ 2007 年 4 月に PV システムが設置された。これはコンピュータを使うためのもので、ウガンダ国政府統計局 (UBoS: Uganda Bureau of Statistics) により設置された。コンピュータも提供され、入力したデータは USB フラッシュメモリに格納して Masaka に届けている。
- ・ 職員は 30 km 離れた Luvule で携帯電話の充電をしている。充電料金は Ush 500/回。交通費は片道 Ush 3,000。また、バッテリーを持っている人は Masaka や Luvule で Ush 5,000/回で充電をしている。
- ・ この村では 80%の人々が携帯電話を持っている。
- ・ 村の中に充電できる店(バー)があるが、そこで飲んだ人だけが充電できる。
- ・ 水は湖からとっている。3 km 離れている。井戸は 1 km 離れたところに 2 つあるが、いつも利用可能とは限らない。
- ・ (Health Center III は事務所の横にあるが)、最寄りの Health Center IV は Kiyumba にあり、35 km 離れている。事務所の横にある Bukakata Health Center III には PV システムはない。
- ・ 村の主な産業は漁業と、木材生産、木炭の販売である。また、若干の家畜飼育(牛)も行っている。将来を考えた漁業を行い、銀行で貯金も行なうなど、漁業の状況はよくなっている。
- ・ PV システムを持っている家はこの村には 2 軒しかない。多くの住民は灯油ランプを使用している。Ush 2,500/リットルで購入が可能。200 mL で 3 時間の使用が可能である。

2.2.3.3 Phone Charging Shop, Kabasese Village

2009 年 5 月 28 日(木曜日)に訪問した。

- ・ パネル 1 枚、バッテリー 1 個でインバーターを使用した PV システムである。
- ・ 充電料金は Ush 500/回である。
- ・ 1 日に約 16 台の携帯電話を充電している。
- ・ She claims the battery disturbs her because the wires gets off

2.2.3.4 Byakabanda Health Centre III

2009 年 5 月 29 日(金曜日)に訪問した。

- ・ 配電線もなく、PV システムも設置されていない。夜間には灯油ランプを使用している。
- ・ 職員は Rakai の街で携帯電話を充電している。充電料金は Ush 500 で、交通費は片道 Ush 1,000 である。
- ・ ワクチンの冷蔵庫は LPG を使用している。

2.2.3.5 Kibaale Secondary School

2009 年 5 月 29 日(金曜日)に訪問した。Rakai District の Kyalurangira Sub-county にある。南緯 0 度 46 分 57 秒、東経 31 度 20 分 37 秒、標高 1,227 m に位置する。

- ・ Senior 1～Senior 4 で、生徒数は 403 人。一部の学年は 2 クラスに分かれており、合計で 6 クラス。Day School であるが、8 km 以上先から通う生徒もいる。寮もある。職員は 26 人(うち教師は 16 人)。
- ・ PV システムは 2006 年 9 月に設置された。3×200 Ah のバッテリー、インバーター、80 Wp の 6 枚のパネルからシステムは構成されている。GTZ の資金によりエネルギー鉱物開発省により設置された。生徒の親たちは配線と電球の費用のみを負担した。
- ・ 現在、14 のバルブと職員の携帯電話充電に使用している。もともと 45 のバルブが使用できるように設計されていたが、1～2 年後に問題が出てきた。現在は 14 のバルブですら終夜利用ができない。販売業者にクレームを入れたが対応してもらえず、問題を修理できる技術者も近くにいない。
- ・ テレビ(21 インチカラー)を使用していたこともあるが、電気が足りない。照明を消してテレビを使っている。
- ・ コンピュータ教育担当の教師はいるが、コンピュータがないため、現在、他の科目を教えている。
- ・ トレーディングセンターでも携帯電話の充電は可能。充電料金は Ush 500/回である。
- ・ 職員はトレーディングセンター周辺の借家に住んでいる。借家なので PV システムは付けられない。灯油ランプがおもな照明で、灯油の価格は Ush 2,100/リットル。携帯電話を照明に使うことすらある。校長の自宅(週末はそこで過ごす)には PV システムを設置している。

2.2.3.6 Kibaale Health Centre II

2009 年 5 月 29 日(金曜日)に訪問した。Rakai District の Kyalurangira Sub-county にある。南緯 0 度 46 分 42 秒、東経 31 度 20 分 40 秒、標高 1,217 m に位置する。

- ・ 50～60 人/日の患者が来院する。半数はマラリア。他には風邪やけがなど。また、25～

30 人/日の妊婦が来院する。

- ・ PV システムはない。また、他の電化計画もない。夜間の照明は灯油ランプと乾電池による懐中電灯。一晩にケロシンを 0.5 リットル使用する。ワクチン用の冷蔵庫は LPG。
- ・ 職員は 5 名。自宅では灯油ランプを照明にしている。また、携帯電話を充電は Rakai の街で Ush 500/回でしている。

2.2.3.7 Buyamba Secondary School

2009 年 5 月 29 日(金曜日)に訪問した。Rakai District の Dwanilo Sub-county にある。南緯 0 度 39 分 24 秒、東経 31 度 23 分 30 秒、標高 1,286 m に位置する。

- ・ “Day School”であるが、遠くから通う生徒のために寮もある。S1～S4 の 4 学年(O レベルのみ)で、生徒数は 360 人。S3 のみ 2 クラス、他は 1 クラスの合計 5 クラス。職員は 22 人(うち 16 人が教師)。
- ・ 10 年前に設置された、教会によって寄付された PV システムがある。30 Wp のパネル 2 枚と 200 Ah のバッテリーから構成される。6 個の照明のために使っていたが、弱くなってしまった。6 個のうち 5 個は教室で、残りの 1 つは Security Light である。
- ・ また、携帯電話の充電も行っていない。学校から 2 km 離れたトレーディングセンターで Ush 500/回で充電を行っている。なお、バッテリーは 2008 年 10 月に新しいものを買っている。
- ・ 寮では灯油ランプを使用している。PV システムが利用可能であった頃は毎晩 1 リットルで済んでいたが、現在は毎晩 2～3 リットル使用している。灯油は Ush 2,000/リットル。トレーディングセンターで買っている。教師は自宅でも灯油ランプを使用している。
- ・ 周辺のおもな産業はコーヒー、マトケ、豆、とうもろこしなどの農業と、牛や山羊の家畜飼育である。
- ・ ほとんどの大人は携帯電話を持っている。村には充電サービスを行っている店が 10 軒程度ある。
- ・ 川から水を汲み上げるポンプ(南緯 0 度 39 分 08 秒・東経 31 度 23 分 1 秒・標高 1,243 m)が設置されているが、ディーゼル発電機が故障したため、使用していない。住民は川で水を汲んでいる。

2.2.3.8 Phone Charging Service Shops, Buyamba

2009 年 5 月 29 日(金曜日)に訪問した。トレーディングセンター(南緯 0 度 39 分 19 秒、東経 31 度 23 分 15 秒)にある理髪店かつ充電サービスを行っている店のうち 2 軒を訪問した。

- ・ 2 軒のうち 1 軒は PV システムのみで発電していた。100 Ah のバッテリーと 2 枚のパネル、1 台のインバーターを所有しており、費用は Ush 2.5 百万。バリカン、携帯電話充電、照明(バルブ 2 個)に電気を使用していた。1 日に 40 台の携帯電話を充電している。髪を切りに来る人の多くが携帯電話も充電している。
- ・ もう 1 軒は 2007 年に PV システムを購入した。発電機も所有しているが、ビデオショー用に使用している。資金があれば “Secretarial Service”(FAX・コピー・コンピュータの一時貸し)も始めたいと考えている。

- ・ 調査団雇用ローカルスタッフによると、ウガンダ人男性は散髪を毎週するのが一般的で、費用は Ush 1,000/回とのことであった。

2.2.3.9 Solar Equipments Supplier (Naco Solar Ltd.)

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。Masaka のトレーディングセンター(南緯 0 度 20 分 29 秒、東経 31 度 44 分 16 秒)にある。

- ・ 50 Wp の PV モジュール、40 Ah のバッテリー、インバーター、バルブ 6 個の SHS (Solar Home System セット)を Ush 1.3 百万 (運搬・設置費用は別途)で販売している。他に、各種パネル、バッテリー、電球などが所狭しと店内に並んでいた。カンパラの Ultra Solar 社から仕入れているとのことであった。
- ・ オーナーは Secondary School 卒。2006 年に Holland の Shell Foundation の技術者の下で仕事をすることがあり、そこで PV システムについて学んだ。

2.2.3.10 Kawanda Secondary School (China-Uganda Friendship School)

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。Sembabule District の Lugusulu Sub-county の Kawanda Village にある。Sembabule のトレーディングセンターから約 10km 離れたところ(南緯 0 度 2 分 22 秒・東経 31 度 29 分 38 秒・標高 1,231 m)にある。調査団雇用ローカルスタッフの Sembabule 在住の知人より「日本の支援で建った学校がある」とのことで行ってみると、中国による支援で建設された校舎であった。

- ・ 新校舎は 4 棟あり、うち 2 棟は教室(3 教室/棟)、1 棟は図書室、コンピュータ教室、実験室、残りの 1 棟が校長室、職員室、事務室となっている。ウガンダ国の一般的な学校とは全く異なる大きな窓が設置されている。なお、コンピュータ教室にコンピュータは入っていない。なお、新校舎はまだ使用されておらず、近日中に使用を開始する予定である。(現在はまだ旧校舎を使用。)
- ・ 教室には 20W とされる蛍光灯が 12 本/室も設置されている。しかし、配電線は 8 km 先までしか来ておらず、この地域に配電網が延伸される予定は現在のところはなく、ディーゼル発電機を設置することで対応するつもりである。持続性に疑問のある設計であった。

2.2.3.11 Ntuusi Health Centre IV

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。Sembabule District の Lwemiyaga Sub-county の Bogelo Village にある。トレーディングセンターからは 1.5 km 離れている。北緯 0 度 3 分 6 秒、東経 31 度 12 分 55 秒、標高 1,303 m に位置する。

- ・ サービスエリア(Sub-county 全体)の人口は 36,842 人。1 日に 50~60 人の患者の来院がある。マラリアが最も多く、HIV、下痢(水に原因がある)、せきが続く。この施設で対応しきれない症状の患者は 63 km 離れた Masaka の District Hospital に送られる。
- ・ 職員は管理者 1 名、准医師 1 名、看護師 2 名、看護助手 1 名、助産師 2 名など合計 12 名である。事務・外来棟、手術棟、妊産婦棟、一般病棟の 4 棟があり、ディーゼル発電機も設置されているが、発電機は使用できない状態である。

- ・ 2 セットの PV システムがあり、うち 1 つはワクチン用冷蔵庫用、もう 1 つは照明用である。2009 年 1 月ごろにワクチン冷蔵庫用の PV システムが故障した。(調査団員が確認したところ PV モジュールには問題はないが、バッテリーとチャージコントローラーに交換・修理の必要があった。) 照明用のシステムは動作しているがバルブは 1 つのみで、分娩室に設置している。バッテリーは 2009 年 1 月に交換済みである。照明が足りない場合は、灯油ランプや懐中電灯も使用している。
- ・ 灯油は加熱消毒用にも使用しており、照明用と合わせて 1 日に 2 リットル使用している。価格は Ush 2,600/リットルである。
- ・ 職員住宅には PV システムはなく、灯油ランプを使用している。
- ・ 職員は全員携帯電話を持っている。充電はトレーディングセンターで行っており、徒歩またはバイクタクシー(片道 Ush 500)を利用している。
- ・ 周辺の主な産業は、牛の飼育、豆・マトケ・キャッサバ・さつまいも・とうもろこしの栽培である。
- ・ 施設には雨水を貯めるタンクがある。

2.2.3.11 Smarthill Primary School, Ntuusi

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。Sembabule District の Lwemiyaga Sub-county にある。北緯 0 度 2 分 41 秒、東経 31 度 12 分 32 秒、標高 1,270 m に位置する。

- ・ Primary 1～7、生徒数 540 人、職員数 16 人の Private の学校。半数が地元 Ntuusi から、残りの半分は周辺地域や他の District の生徒で、寮に入っている。
- ・ ほとんどすべての職員が携帯電話を所有している。また、村の大人のうち 85%は携帯電話を所有している。
- ・ 2005 年に経営者の自己資金で 5 つのバッテリー、5 枚のパネル、インバーターから成る PV システムが設置された。主に照明と携帯電話充電に使用していた。しかし、約 2 年後にこのシステムの出力が弱くなり、歩いていける範囲にあるトレーディングセンターで Ush 500/回で充電をしている。PV システムを管理できる技術者はこの学校にはいない。
- ・ 敷地内に住んでいる職員は灯油ランプを照明用に使用している。また、周辺の住民も基本的に同じである。

2.2.3.12 Phone Charging Service Shops, Ntuusi

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。北緯 0 度 2 分 51 秒、東経 31 度 12 分 29 秒、標高 1,274 m に位置する。

- ・ Sembable の街で充電したバッテリーを運んでここで充電ビジネスをしている。
- ・ 充電ビジネスのほか、照明にも使用している。インバーターを使用している。
- ・ 充電料金は Ush 500/回。1 日に 20 台の携帯電話を充電している。また、Airtime の販売や、公衆電話サービス(Ush 200/回)も行っている。営業時間は午前 7 時から午後 10 時までである。
- ・ 客の中にはツケで充電して、払いに来ない者もいる。その客はその後、他の場所の充電

サービスを利用しているようだ。

2.2.3.13 SHS User House (Mr. Peter Kabatsi)

2009 年 5 月 30 日(土曜日)に訪問した。調査団雇用ローカルスタッフの親戚宅で、広大な牧場を所有している。世帯主は週末のみカンバラからここ(北緯 0 度 2 分 22 秒・東経 31 度 14 分 38 秒)に戻ってくるとのことである。

- ・ PV システムを 2 つ所有している。1 つは 12 年前、もう 1 つは最近購入した。いずれもカンバラで購入し、自分で設置した。バッテリーは 4×100 Ah。PV モジュールも 4 枚所有しており、これらは照明用である。これとは別に 300 VA のガソリン発電機も所有しており、これはテレビや DVD プレーヤーに使用している。

2.2.4 CREEC PV システム設置パイロットサイト視察 (II)

2.2.4.1 Namulonge Village

2009 年 6 月 3 日(水曜日)に視察した。カンバラから北へ 25 km。北緯 0 度 31 分 1 秒、東経 32 度 36 分 58 秒、標高 1,152 m に位置する。CREEC の PV システム設置パイロットサイトの 1 つである。現地側のコーディネータ宅を視察した。

- ・ 2006 年に設置された。20 世帯が参加。Ush 20,000 を Registration Fee として支払い、Ush 100,000 (バッテリー容量 12 Ah)のシステムか Ush 70,000 (バッテリー容量 7 Ah)のシステムを選ぶ。Registration Fee 以外は 6 か月以内の分割払いが認められた。この価格は住民にとって十分に Affordable なものであった。
- ・ 設置・供給されたものは PV モジュール、バッテリー、照明 2 個、ラジオ、携帯電話充電器。チャージコントローラーは設置されていない。照明の交換は自己負担。
- ・ 当初は順調に稼動していたが、2008 年ごろに、配線がねずみにかじられて(本人談)使用不能になり、その後、使用していない。(調査団が配線をしなおして、使用可能にした。)この地域の他の参加者宅も使用不能になったままのものが多。
- ・ コーディネータはコーディネートの謝礼として、プロジェクト終了後に 10 Wp の PV モジュールを CREEC からもらった。このパネルは親戚宅で使用していたが、バッテリーの容量がなくなったため、現在は使用していない。
- ・ 灯油は 1 リットル/日をひよこ飼育用の照明・暖房に、0.5 リットル/日を照明用に使用していた。
- ・ 料理には薪を使用している。ただし、夜は暗いため、扱いやすい木炭を使用している。

2.2.5 NIDA (Nkoola Institutional Development Associates Ltd.) 充電ビジネスサイト視察

2.2.5.1 Saazy Village

2009 年 6 月 7 日(日曜日)に視察した。ビクトリア湖の入り江を挟んで、エンテベ国際空港の対岸に位置する村で、車ではナイロビから約 60 km。北緯 0 度 5 分 54 秒、東経 32 度 25 分 59 秒、標高 1,167 m に位置する。170 世帯。

- ・ 民間ビジネスとしてやっている。ドナーからの支援は受けていない。現在、この村を含

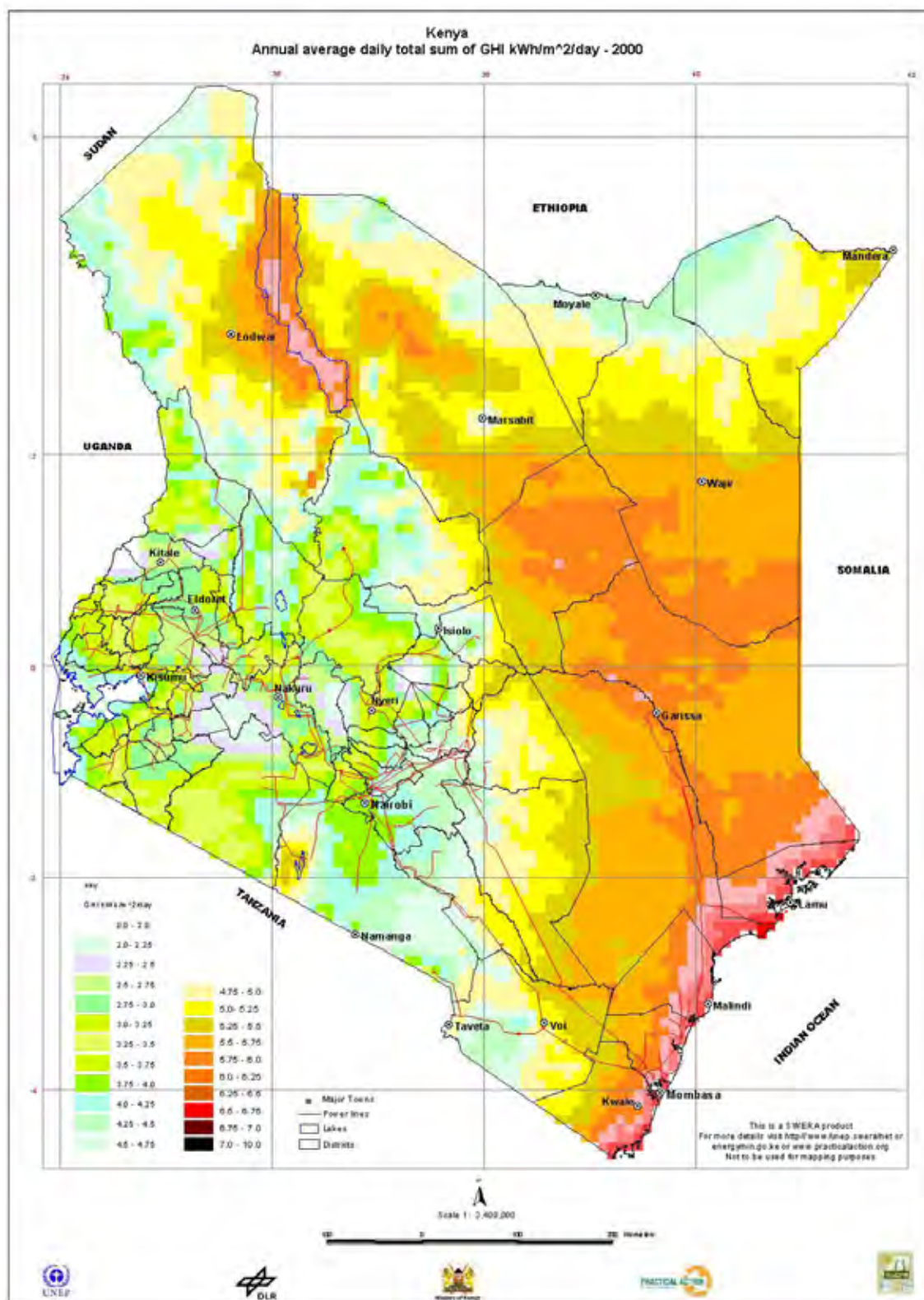
- め 3 つの村で実施している。それぞれ 100 世帯、合計 300 世帯を対象に運営している。3 村のうち 2 つは 2008 年、残りの 1 つは 2009 年に運営を開始した。
- ・ この村では 2008 年に開始した。170 世帯のうち 100 世帯がこのプログラムに参加し、CCFL⁴⁷ランタンの貸与を受けている。保証金 Ush 20,000 でランタンを貸し出している。この保証金は分割払いも可能である。ランタンの販売はしていない。
 - ・ 充電料金は Ush 1,000/回である。充電完了時に管理人に支払う。管理人は充電料金収入の 10%を報酬として得る。残りは NIDA の銀行口座に送金する。
 - ・ 充電後 10 時間使用または、5 日経過すると、再度、ランタンを充電する必要がある。また、一定量の放電を行うと、それ以上の放電を不可能にする機能も内蔵している。(充電収入の確保と過放電によるバッテリーの劣化の防止が目的である。) ランタン単体で残りの使用可能時間を確認すること可能である。ボタンを押すと赤色 LED が点滅し、その点滅回数で残り時間がわかる。
 - ・ 充電前、充電後(使用開始前)には専用の端末に接続し、所定の処理を行う必要がある。そのため貸与されたランタンを他で充電することはできない。専用端末には SD カードが内蔵されており、どのランタンを何時間充電したかなどの情報を記録している。専用端末を USB ケーブルで接続することで、コンピュータにデータを取り込むこともできる。
 - ・ ランタンには外部出力(シガーライターのソケット)があり、他の機器を接続することが可能である。例えば、照明を使いながら携帯電話を充電する、シガーライター対応のテレビを見るなどが可能である。
 - ・ 充電には 1~2 時間程度を要する。充電施設は 120Wp のパネル 2 枚とチャージコントローラーから構成されており、最大 8 台のランタンの同時充電が可能である。1 日 30~40 台程度のランタンを充電している。(調査団が視察した際には 42 台のランタンが充電施設内にあった。) ビジネスでやっているのも、多少天候が悪い際にも顧客の充電需要に応えられるように考慮されているとのことである。
 - ・ ランタンの原価は Ush 200,000 である。保険をかけているので、顧客の不注意により破損等した場合にも全額の負担を求めることはない。顧客はランタンを丁寧に扱っており、実際に保険金を請求したことは現時点ではない。ランタンの部品は輸入しているが、組み立てはウガンダ国で行っている。
 - ・ システム全体の費用は約 4,000 ドル(ランタンを含まず)。ランタンが最も高い。
 - ・ 現在、他の村でも参加者の登録を受け付けている。11 の村で 1,808 人の登録をすでに受け付けた。資金があれば他の村でもすぐにでも開始したい。

調査団員が利用者にインタビューしたところ、利用者の毎月の費用負担は保証金を除けば灯油ランプとほぼ同額。ただし、同じ費用負担で、より明るい照明が得られ、煙がなくなるなどのメリットがあり、幸せだとのことである。また、灯油ランプのように暗いために複数個使用する必要もなくなったとのこと。また、充電サービス店(5 km 離れている)に行かなくとも携帯電話の充電が可能になったこともメリットとのことである。

⁴⁷ 液晶画面のバックライトにも使用されるもの。消費電力の割には明るいことが特徴の 1 つ。

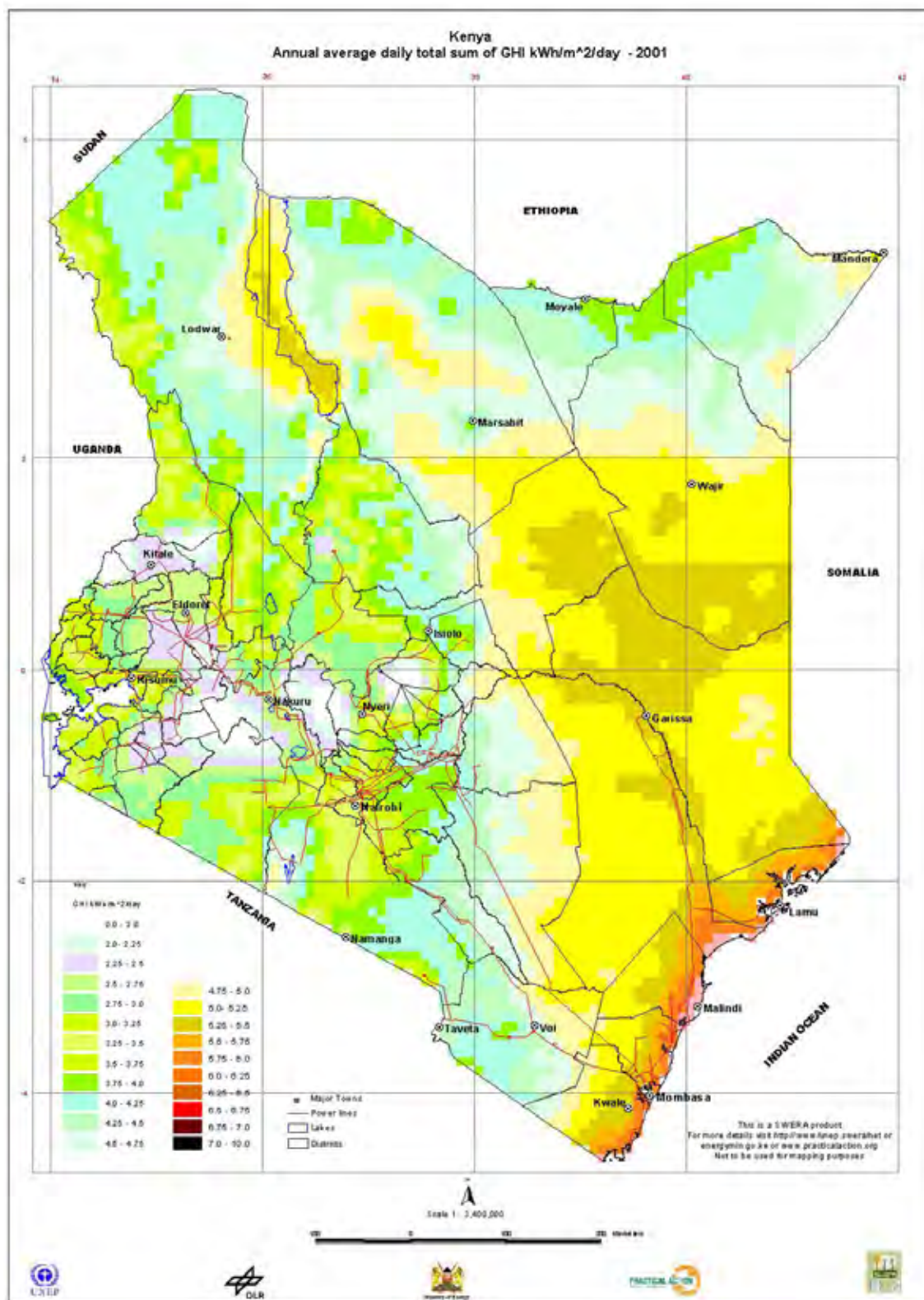
資料Ⅱ 日射量マップ・データ

II.1 日射量マップ



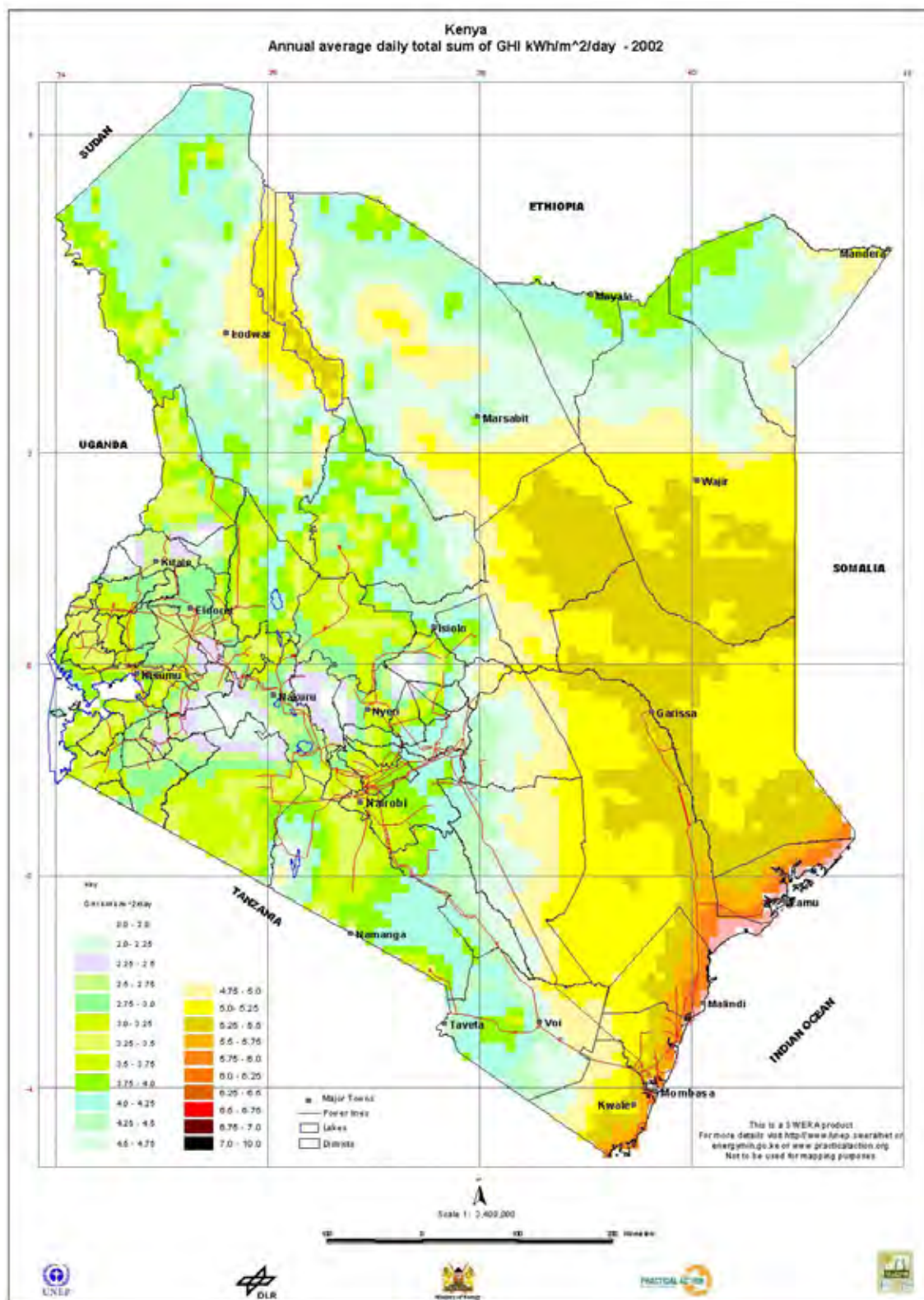
Source: MoE

図 II.1-1 ケニア国日射量マップ(2000 年)



Source: MoE

図 II.1-2 ケニア国日射量マップ(2001 年)



Source: MoE

図 II.1-3 ケニア国日射量マップ(2002 年)

II.2 日射量データ

表 II.2-1 ケニア国月平均日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation (m)
Lat 4 to 5 / Lon 34 to 35	6.07	6.34	5.94	5.44	5.53	5.37	5.33	5.63	6.22	5.66	5.42	5.72	5.71	575
Lat 4 to 5 / Lon 35 to 36	6.16	6.51	6.17	5.64	5.71	5.65	5.66	6.02	6.47	5.80	5.55	5.89	5.93	654
Lat 4 to 5 / Lon 36 to 37	6.16	6.49	6.29	5.79	5.74	5.65	5.70	6.09	6.35	5.80	5.66	5.93	5.96	604
Lat 4 to 5 / Lon 37 to 38	6.27	6.58	6.35	5.72	5.68	5.46	5.45	5.89	6.19	5.58	5.55	5.96	5.88	1,104
Lat 4 to 5 / Lon 40 to 41	6.52	6.95	6.41	5.37	5.09	4.22	4.16	4.73	5.51	4.95	5.22	5.95	5.41	887
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	6.12	6.44	6.13	5.54	5.53	5.31	5.24	5.65	6.30	5.79	5.49	5.82	5.77	1,096
Lat 3 to 4 / Lon 35 to 36	6.18	6.58	6.39	5.80	5.79	5.66	5.71	6.17	6.62	6.06	5.68	5.87	6.03	586
Lat 3 to 4 / Lon 36 to 37	6.37	6.72	6.60	6.06	5.99	5.84	5.97	6.38	6.76	6.19	5.87	6.11	6.23	526
Lat 3 to 4 / Lon 37 to 38	6.49	6.90	6.74	6.01	6.05	5.88	6.09	6.46	6.97	6.24	5.86	6.15	6.31	645
Lat 3 to 4 / Lon 38 to 39	6.39	6.85	6.49	5.60	5.47	5.24	5.37	5.78	6.26	5.65	5.41	5.90	5.86	835
Lat 3 to 4 / Lon 39 to 40	6.40	6.81	6.34	5.23	4.91	4.32	4.32	4.82	5.48	4.97	5.08	5.79	5.36	902
Lat 3 to 4 / Lon 40 to 41	6.52	6.98	6.41	5.19	4.95	4.26	4.23	4.76	5.58	4.84	4.87	5.77	5.35	636
Lat 3 to 4 / Lon 41 to 42	6.54	6.98	6.57	5.46	5.25	4.68	4.65	5.15	5.82	5.09	5.05	5.88	5.58	419
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	6.23	6.56	6.30	5.80	5.65	5.47	5.44	5.86	6.44	6.02	5.72	6.01	5.95	1,242
Lat 2 to 3 / Lon 35 to 36	6.23	6.67	6.44	5.94	5.84	5.57	5.55	6.00	6.59	6.17	5.71	5.93	6.04	803
Lat 2 to 3 / Lon 36 to 37	6.18	6.54	6.49	6.10	5.96	5.70	5.80	6.21	6.71	6.26	5.66	5.78	6.11	674
Lat 2 to 3 / Lon 37 to 38	6.13	6.62	6.49	5.96	5.84	5.55	5.86	6.20	6.79	6.14	5.54	5.67	6.06	562
Lat 2 to 3 / Lon 38 to 39	6.23	6.73	6.39	5.66	5.89	5.64	5.80	6.18	6.68	5.99	5.27	5.58	5.99	511
Lat 2 to 3 / Lon 39 to 40	6.30	6.73	6.12	5.28	5.30	4.98	4.98	5.35	5.95	5.29	4.84	5.43	5.53	434
Lat 2 to 3 / Lon 40 to 41	6.41	6.80	6.23	5.30	5.12	4.59	4.55	4.97	5.67	5.01	4.78	5.56	5.41	411
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	6.15	6.51	6.31	5.93	5.69	5.53	5.43	5.79	6.34	6.02	5.69	5.93	5.93	1,515
Lat 1 to 2 / Lon 35 to 36	6.20	6.67	6.44	5.94	5.76	5.38	5.21	5.55	6.34	5.97	5.54	5.88	5.90	1,436
Lat 1 to 2 / Lon 36 to 37	6.49	6.98	6.68	6.20	6.20	5.94	5.89	6.26	6.90	6.29	5.65	6.05	6.28	1,179
Lat 1 to 2 / Lon 37 to 38	6.30	6.85	6.58	6.02	5.99	5.68	5.72	6.11	6.83	6.21	5.47	5.74	6.12	912
Lat 1 to 2 / Lon 38 to 39	6.07	6.67	6.39	5.89	6.00	5.78	5.89	6.27	6.84	6.28	5.39	5.46	6.07	361
Lat 1 to 2 / Lon 39 to 40	6.02	6.44	6.11	5.68	5.87	5.58	5.63	5.97	6.39	5.88	5.12	5.30	5.82	261
Lat 1 to 2 / Lon 40 to 41	6.11	6.51	6.17	5.62	5.46	5.01	5.03	5.38	5.87	5.48	5.08	5.43	5.59	194
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	6.24	6.58	6.39	5.86	5.60	5.39	5.25	5.60	6.14	5.97	5.70	6.02	5.89	1,465
Lat 0 to 1 / Lon 35 to 36	6.24	6.71	6.59	5.94	5.68	5.33	5.09	5.33	6.19	5.97	5.62	6.05	5.89	1,848
Lat 0 to 1 / Lon 36 to 37	6.48	7.00	6.73	6.16	6.11	5.82	5.66	6.00	6.78	6.22	5.58	5.99	6.20	1,694
Lat 0 to 1 / Lon 37 to 38	6.47	7.05	6.71	6.18	6.07	5.75	5.72	6.08	6.86	6.24	5.45	5.86	6.19	1,327
Lat 0 to 1 / Lon 38 to 39	6.07	6.69	6.45	6.00	6.12	5.72	5.86	6.25	6.86	6.36	5.39	5.48	6.10	504
Lat 0 to 1 / Lon 39 to 40	5.78	6.22	6.15	5.90	5.90	5.60	5.70	6.04	6.50	6.17	5.39	5.34	5.88	225
North Avg.	6.26	6.69	6.39	5.76	5.69	5.38	5.39	5.79	6.37	5.84	5.43	5.79	5.89	819
Lat 0 to -1 / Lon 34 to 35	6.42	6.78	6.64	6.20	6.03	5.86	5.81	6.26	6.53	6.21	5.99	6.28	6.24	1,346
Lat 0 to -1 / Lon 35 to 36	6.19	6.68	6.46	5.74	5.50	5.36	5.24	5.58	6.08	5.79	5.42	5.90	5.82	2,151
Lat 0 to -1 / Lon 36 to 37	6.21	6.72	6.43	5.66	5.61	5.32	5.16	5.48	6.19	5.70	5.14	5.74	5.77	2,287
Lat 0 to -1 / Lon 37 to 38	6.06	6.69	6.25	5.52	5.24	4.76	4.66	4.91	5.81	5.50	4.88	5.46	5.47	1,502
Lat 0 to -1 / Lon 38 to 39	5.90	6.58	6.27	5.87	5.56	4.91	4.90	5.24	6.22	6.13	5.31	5.43	5.68	558
Lat 0 to -1 / Lon 39 to 40	5.53	6.05	6.02	5.76	5.48	5.09	5.24	5.57	6.15	6.07	5.36	5.25	5.62	221
Lat 0 to -1 / Lon 40 to 41	5.69	6.13	6.03	5.74	5.31	4.92	5.03	5.33	5.77	5.79	5.48	5.38	5.54	130
Lat -1 to -2 / Lon 34 to 35	6.12	6.51	6.42	5.98	5.83	5.76	5.74	6.06	6.37	6.26	5.80	5.95	6.06	1,449
Lat -1 to -2 / Lon 35 to 36	6.10	6.58	6.49	5.95	5.69	5.53	5.48	5.81	6.30	6.08	5.60	5.82	5.94	1,886
Lat -1 to -2 / Lon 36 to 37	6.42	6.86	6.66	5.83	5.36	5.11	5.23	5.55	6.37	6.13	5.59	6.06	5.92	1,490
Lat -1 to -2 / Lon 37 to 38	6.41	6.94	6.41	5.58	4.95	4.37	4.26	4.55	5.72	5.77	5.23	5.81	5.49	1,332
Lat -1 to -2 / Lon 38 to 39	5.83	6.46	6.14	5.68	5.18	4.58	4.61	4.94	5.87	5.96	5.31	5.49	5.49	630
Lat -1 to -2 / Lon 39 to 40	5.44	5.94	5.98	5.69	5.16	4.76	4.84	5.13	5.77	5.93	5.44	5.32	5.44	180
Lat -1 to -2 / Lon 40 to 41	5.54	5.94	5.92	5.61	5.03	4.68	4.80	5.15	5.62	5.71	5.51	5.39	5.40	68
Lat -1 to -2 / Lon 41 to 42	5.69	6.13	6.02	5.41	4.84	4.58	4.87	5.28	5.65	5.64	5.35	5.36	5.39	17
Lat -2 to -3 / Lon 36 to 37	6.42	6.84	6.51	5.82	5.38	5.27	5.47	5.79	6.43	6.28	5.69	5.97	5.98	1,285
Lat -2 to -3 / Lon 37 to 38	6.29	6.77	6.32	5.55	4.91	4.50	4.54	4.86	5.88	5.99	5.50	5.77	5.56	1,256
Lat -2 to -3 / Lon 38 to 39	5.98	6.52	6.17	5.66	5.01	4.55	4.59	4.94	5.86	6.05	5.48	5.62	5.53	554
Lat -2 to -3 / Lon 39 to 40	5.55	6.02	6.00	5.67	4.99	4.68	4.75	5.01	5.68	5.90	5.56	5.44	5.43	173
Lat -2 to -3 / Lon 40 to 41	5.55	5.96	5.95	5.47	4.79	4.57	4.72	5.16	5.70	5.80	5.54	5.41	5.38	24
Lat -3 to -4 / Lon 37 to 38	6.20	6.55	6.02	5.24	4.55	4.26	4.44	4.88	5.79	5.98	5.58	5.74	5.43	1,198
Lat -3 to -4 / Lon 38 to 39	6.18	6.57	6.04	5.32	4.59	4.32	4.37	4.70	5.58	5.85	5.57	5.79	5.39	695
Lat -3 to -4 / Lon 39 to 40	5.71	6.20	5.95	5.43	4.75	4.55	4.61	4.87	5.51	5.76	5.55	5.54	5.36	188
Lat -3 to -4 / Lon 40 to 41	6.24	6.57	6.51	5.60	4.80	4.75	4.91	5.63	6.30	6.40	6.27	6.15	5.83	1
Lat -4 to -5 / Lon 38 to 39	6.08	6.43	5.92	5.15	4.32	4.16	4.28	4.63	5.46	5.75	5.65	5.73	5.29	632
Lat -4 to -5 / Lon 39 to 40	5.80	6.07	5.70	5.15	4.58	4.49	4.58	4.86	5.46	5.56	5.55	5.63	5.28	54
South Avg	5.98	6.44	6.20	5.63	5.13	4.83	4.89	5.24	5.93	5.92	5.51	5.67	5.61	820
Country Avg.	6.12	6.56	6.30	5.70	5.41	5.11	5.14	5.51	6.15	5.88	5.47	5.73	5.75	819

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-': South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.2-2 ケニア国月最低日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 4 to 5 / Lon 34 to 35	5.34	5.14	5.23	4.84	5.09	4.35	4.74	5.24	5.35	5.26	4.39	4.86	4.99
Lat 4 to 5 / Lon 35 to 36	5.36	5.53	5.43	5.08	5.20	4.63	5.09	5.54	5.63	5.39	4.50	4.89	5.19
Lat 4 to 5 / Lon 36 to 37	5.54	5.52	5.54	5.15	5.28	4.86	5.07	5.54	5.72	5.34	4.87	5.10	5.29
Lat 4 to 5 / Lon 37 to 38	5.45	5.40	5.52	5.15	5.06	4.75	4.91	5.42	5.57	5.19	4.66	4.89	5.16
Lat 4 to 5 / Lon 40 to 41	5.22	5.84	5.64	4.99	4.48	3.38	3.33	4.02	5.12	4.36	4.70	5.00	4.67
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	5.45	5.35	5.27	4.99	5.09	4.35	4.56	5.20	5.48	5.38	4.67	5.12	5.08
Lat 3 to 4 / Lon 35 to 36	5.44	5.72	5.69	4.99	5.15	4.53	4.85	5.80	5.83	5.70	4.66	4.99	5.28
Lat 3 to 4 / Lon 36 to 37	5.54	5.85	6.07	5.27	5.39	5.08	5.25	5.87	6.22	5.82	4.81	5.44	5.55
Lat 3 to 4 / Lon 37 to 38	5.45	5.80	6.13	5.41	5.32	5.29	5.36	6.01	6.27	5.55	4.86	5.29	5.56
Lat 3 to 4 / Lon 38 to 39	5.30	5.62	5.78	5.15	4.76	4.61	4.67	5.14	5.76	4.92	4.76	4.96	5.12
Lat 3 to 4 / Lon 39 to 40	5.06	5.65	5.64	4.76	4.27	3.76	3.63	4.10	5.04	4.27	4.57	4.92	4.64
Lat 3 to 4 / Lon 40 to 41	5.15	5.86	5.32	4.72	4.46	3.62	3.64	4.14	5.08	4.40	4.43	4.90	4.64
Lat 3 to 4 / Lon 41 to 42	5.23	6.35	5.78	5.02	4.83	3.93	4.09	4.58	5.24	4.68	4.44	5.06	4.94
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	5.67	5.51	5.61	5.10	5.20	4.65	4.95	5.45	5.86	5.60	4.92	5.47	5.33
Lat 2 to 3 / Lon 35 to 36	5.48	5.80	5.80	5.17	5.26	4.51	4.88	5.58	5.93	5.55	4.68	5.34	5.33
Lat 2 to 3 / Lon 36 to 37	5.44	5.69	6.04	5.43	5.66	5.02	5.34	5.78	6.24	5.76	4.87	5.26	5.54
Lat 2 to 3 / Lon 37 to 38	5.03	5.63	6.10	5.42	5.37	5.11	5.22	5.70	6.11	5.46	4.65	4.88	5.39
Lat 2 to 3 / Lon 38 to 39	4.98	5.86	5.75	5.04	5.48	5.13	5.16	5.75	6.15	5.09	4.58	4.97	5.33
Lat 2 to 3 / Lon 39 to 40	4.91	5.79	5.32	4.65	4.88	4.48	4.33	4.65	5.47	4.81	4.40	4.72	4.87
Lat 2 to 3 / Lon 40 to 41	5.00	6.05	5.36	4.77	4.66	3.81	3.82	4.42	5.27	4.56	4.30	4.89	4.74
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	5.41	5.53	5.93	5.40	5.29	4.81	5.05	5.38	5.64	5.24	4.44	5.34	5.29
Lat 1 to 2 / Lon 35 to 36	5.27	5.80	5.80	5.23	5.13	4.25	4.74	5.16	5.52	5.37	4.43	5.35	5.17
Lat 1 to 2 / Lon 36 to 37	5.45	6.14	6.15	5.58	5.58	4.87	5.12	5.76	6.07	5.60	4.58	5.51	5.53
Lat 1 to 2 / Lon 37 to 38	4.98	6.03	6.19	5.36	5.45	4.83	5.09	5.50	6.01	5.53	4.54	4.88	5.36
Lat 1 to 2 / Lon 38 to 39	5.16	5.80	5.94	5.12	5.64	5.20	5.30	5.83	6.16	5.65	4.74	5.02	5.46
Lat 1 to 2 / Lon 39 to 40	5.18	5.73	5.62	5.06	5.58	5.08	5.12	5.43	6.01	5.35	4.76	4.77	5.31
Lat 1 to 2 / Lon 40 to 41	5.13	5.92	5.68	5.34	5.24	4.51	4.43	5.06	5.46	5.10	4.57	4.89	5.11
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	5.68	5.53	5.81	5.39	5.21	4.74	4.88	5.38	5.28	5.55	4.79	5.42	5.30
Lat 0 to 1 / Lon 35 to 36	5.43	5.84	5.87	5.17	5.11	4.58	4.73	4.80	5.20	5.49	4.50	5.38	5.17
Lat 0 to 1 / Lon 36 to 37	5.25	6.09	6.06	5.61	5.50	4.95	5.15	5.34	5.83	5.54	4.63	5.33	5.44
Lat 0 to 1 / Lon 37 to 38	5.18	6.35	6.11	5.62	5.34	4.89	5.15	5.35	5.76	5.49	4.52	5.10	5.40
Lat 0 to 1 / Lon 38 to 39	4.73	6.02	6.00	5.46	5.63	4.92	5.10	5.63	5.97	5.41	4.58	4.93	5.36
Lat 0 to 1 / Lon 39 to 40	5.09	5.35	5.72	5.55	5.61	5.15	5.30	5.44	6.18	5.49	4.96	4.91	5.39
North Avg.	5.27	5.76	5.75	5.18	5.19	4.63	4.79	5.27	5.71	5.27	4.63	5.08	5.21
Lat 0 to -1 / Lon 34 to 35	5.71	5.83	5.84	5.58	5.55	5.10	5.23	5.82	6.01	5.65	5.21	5.84	5.61
Lat 0 to -1 / Lon 35 to 36	5.26	5.81	5.75	5.22	5.17	4.61	4.82	5.19	5.65	5.38	4.44	5.07	5.20
Lat 0 to -1 / Lon 36 to 37	4.72	5.98	5.85	5.04	4.99	4.36	4.70	4.93	5.01	5.19	4.21	4.99	5.00
Lat 0 to -1 / Lon 37 to 38	4.79	5.75	5.56	5.02	4.61	3.86	3.87	4.12	4.88	4.95	4.20	4.70	4.69
Lat 0 to -1 / Lon 38 to 39	5.02	5.72	5.83	5.22	5.12	4.03	4.36	4.45	5.22	5.21	4.67	4.72	4.97
Lat 0 to -1 / Lon 39 to 40	4.87	5.26	5.60	5.18	5.04	4.68	4.82	5.07	5.66	5.46	4.88	4.78	5.11
Lat 0 to -1 / Lon 40 to 41	5.12	5.46	5.67	4.99	4.89	4.58	4.68	4.96	5.31	5.33	4.93	5.06	5.08
Lat -1 to -2 / Lon 34 to 35	5.14	5.47	5.71	5.44	5.19	5.07	5.17	5.45	5.92	5.82	4.99	5.06	5.37
Lat -1 to -2 / Lon 35 to 36	5.12	5.66	5.91	5.41	4.95	4.81	5.10	5.40	5.73	5.53	4.93	5.12	5.31
Lat -1 to -2 / Lon 36 to 37	5.33	5.56	5.79	5.25	4.61	4.45	4.60	4.88	5.35	5.64	4.86	5.58	5.16
Lat -1 to -2 / Lon 37 to 38	5.13	5.83	5.70	5.02	4.26	3.67	3.58	3.73	5.03	5.14	4.60	5.11	4.73
Lat -1 to -2 / Lon 38 to 39	4.90	5.62	5.65	5.28	4.56	3.98	4.10	4.30	5.22	5.19	4.78	4.94	4.88
Lat -1 to -2 / Lon 39 to 40	4.95	5.29	5.56	5.12	4.70	4.43	4.55	4.72	5.31	5.28	5.00	4.73	4.97
Lat -1 to -2 / Lon 40 to 41	4.99	5.41	5.51	5.11	4.43	4.31	4.51	4.79	5.11	5.08	4.90	5.07	4.93
Lat -1 to -2 / Lon 41 to 42	4.50	5.64	5.72	4.92	4.31	4.17	4.58	4.96	5.20	5.02	4.55	4.88	4.87
Lat -2 to -3 / Lon 36 to 37	5.20	5.61	5.92	5.41	4.79	4.74	4.92	5.15	5.79	5.84	5.01	5.25	5.30
Lat -2 to -3 / Lon 37 to 38	4.97	5.75	5.81	5.11	4.17	3.92	4.04	3.94	5.12	5.51	4.84	5.14	4.86
Lat -2 to -3 / Lon 38 to 39	4.84	5.61	5.80	5.26	4.46	4.05	4.22	4.35	5.22	5.26	4.93	5.00	4.92
Lat -2 to -3 / Lon 39 to 40	5.05	5.54	5.64	5.10	4.39	4.40	4.51	4.61	5.40	5.13	4.84	5.00	4.97
Lat -2 to -3 / Lon 40 to 41	4.77	5.54	5.65	5.03	4.36	4.11	4.39	4.75	5.36	4.76	4.76	5.03	4.88
Lat -3 to -4 / Lon 37 to 38	4.90	5.04	5.54	4.87	3.87	3.75	4.00	4.25	5.10	5.20	4.91	4.99	4.70
Lat -3 to -4 / Lon 38 to 39	4.88	5.26	5.50	4.95	4.04	4.06	4.02	4.04	4.91	4.97	4.85	5.27	4.73
Lat -3 to -4 / Lon 39 to 40	5.14	5.52	5.59	4.94	4.13	4.28	4.38	4.43	5.23	4.90	4.88	5.10	4.88
Lat -3 to -4 / Lon 40 to 41	5.12	5.65	5.60	4.65	4.03	4.23	4.57	4.67	5.67	5.25	5.14	5.54	5.01
Lat -4 to -5 / Lon 38 to 39	5.11	4.76	5.45	4.27	3.67	3.87	3.94	4.07	4.91	5.00	4.92	5.27	4.60
Lat -4 to -5 / Lon 39 to 40	5.16	4.80	5.30	4.43	3.89	4.13	4.26	4.13	4.70	4.56	4.94	5.07	4.61
South Avg.	5.03	5.51	5.67	5.07	4.54	4.29	4.46	4.66	5.31	5.24	4.81	5.09	4.97
Country Avg	5.15	5.64	5.71	5.13	4.87	4.46	4.62	4.97	5.51	5.26	4.72	5.09	5.09

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.2-3 ケニア国月最高日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 4 to 5 / Lon 34 to 35	6.68	7.29	6.71	5.93	6.08	5.85	5.97	6.25	7.15	6.51	5.96	6.23	6.39
Lat 4 to 5 / Lon 35 to 36	6.84	7.42	7.03	6.09	6.28	6.16	6.40	6.50	7.25	6.44	5.94	6.48	6.57
Lat 4 to 5 / Lon 36 to 37	6.84	7.46	6.98	6.31	6.31	6.05	6.27	6.52	6.99	6.21	6.06	6.58	6.55
Lat 4 to 5 / Lon 37 to 38	6.96	7.57	7.11	6.12	6.02	5.79	6.00	6.54	6.69	6.03	5.94	6.44	6.43
Lat 4 to 5 / Lon 40 to 41	7.17	7.78	7.18	5.80	5.70	4.81	5.03	5.63	5.90	5.45	5.79	6.55	6.07
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	6.79	7.41	6.93	5.98	5.97	5.73	5.82	6.16	7.12	6.60	6.04	6.40	6.41
Lat 3 to 4 / Lon 35 to 36	6.86	7.44	7.09	6.32	6.31	6.11	6.45	6.54	7.22	6.61	6.19	6.52	6.64
Lat 3 to 4 / Lon 36 to 37	7.13	7.59	7.33	6.73	6.65	6.48	6.63	6.76	7.37	6.69	6.34	6.72	6.87
Lat 3 to 4 / Lon 37 to 38	7.14	7.73	7.48	6.67	6.53	6.35	6.58	6.91	7.46	6.68	6.27	6.77	6.88
Lat 3 to 4 / Lon 38 to 39	7.16	7.74	7.14	6.10	5.85	5.71	6.12	6.36	6.70	6.27	5.90	6.67	6.48
Lat 3 to 4 / Lon 39 to 40	7.04	7.70	7.10	5.70	5.40	5.10	4.97	5.93	5.86	5.37	5.49	6.43	6.01
Lat 3 to 4 / Lon 40 to 41	7.04	7.75	7.31	5.71	5.35	4.90	4.91	5.62	5.97	5.23	5.31	6.46	5.96
Lat 3 to 4 / Lon 41 to 42	7.06	7.68	7.29	5.73	5.67	5.29	5.16	5.67	6.29	5.40	5.40	6.70	6.11
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	6.92	7.35	7.06	6.21	6.10	5.85	5.98	6.33	6.96	6.50	6.23	6.61	6.51
Lat 2 to 3 / Lon 35 to 36	7.04	7.40	7.02	6.47	6.37	6.07	6.05	6.42	6.99	6.54	6.05	6.52	6.58
Lat 2 to 3 / Lon 36 to 37	6.98	7.39	7.01	6.65	6.44	6.21	6.26	6.83	7.25	6.64	6.06	6.36	6.67
Lat 2 to 3 / Lon 37 to 38	6.99	7.48	7.07	6.44	6.31	5.88	6.56	6.51	7.27	6.51	6.09	6.52	6.64
Lat 2 to 3 / Lon 38 to 39	6.98	7.54	7.03	6.28	6.36	6.03	6.38	6.67	7.21	6.59	5.59	6.19	6.57
Lat 2 to 3 / Lon 39 to 40	6.93	7.47	6.79	5.54	5.67	5.48	5.58	6.10	6.37	5.77	5.47	6.19	6.11
Lat 2 to 3 / Lon 40 to 41	6.99	7.62	7.23	5.62	5.48	5.14	5.14	5.62	6.07	5.61	5.35	6.39	6.02
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	6.95	7.29	6.94	6.29	6.15	6.03	5.92	6.14	6.78	6.32	6.09	6.40	6.44
Lat 1 to 2 / Lon 35 to 36	7.07	7.60	7.08	6.47	6.34	5.81	5.78	5.94	6.97	6.33	6.09	6.59	6.51
Lat 1 to 2 / Lon 36 to 37	7.27	7.75	7.28	6.70	6.76	6.36	6.54	6.70	7.38	6.73	6.05	6.66	6.85
Lat 1 to 2 / Lon 37 to 38	6.99	7.74	7.17	6.56	6.47	6.25	6.12	6.60	7.24	6.52	5.96	6.31	6.66
Lat 1 to 2 / Lon 38 to 39	6.74	7.54	6.77	6.42	6.48	6.13	6.24	6.58	7.32	6.85	5.88	5.90	6.57
Lat 1 to 2 / Lon 39 to 40	6.44	7.15	6.48	6.13	6.16	5.91	5.91	6.27	6.71	6.29	5.63	5.88	6.25
Lat 1 to 2 / Lon 40 to 41	6.60	7.10	6.66	5.84	5.73	5.46	5.63	5.97	6.22	6.03	5.59	5.97	6.07
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	6.99	7.37	6.97	6.50	5.94	5.93	5.72	5.99	7.00	6.57	6.16	6.50	6.47
Lat 0 to 1 / Lon 35 to 36	7.11	7.65	7.18	6.53	6.13	5.92	5.50	5.76	7.12	6.63	6.41	6.66	6.55
Lat 0 to 1 / Lon 36 to 37	7.19	7.70	7.20	6.65	6.60	6.34	6.34	6.54	7.39	6.66	6.03	6.71	6.78
Lat 0 to 1 / Lon 37 to 38	7.18	7.90	7.25	6.80	6.68	6.38	6.41	6.63	7.34	6.74	5.94	6.50	6.81
Lat 0 to 1 / Lon 38 to 39	6.62	7.49	6.84	6.66	6.67	6.18	6.39	6.56	7.20	6.93	5.71	6.14	6.62
Lat 0 to 1 / Lon 39 to 40	6.47	6.90	6.58	6.25	6.20	5.99	5.99	6.46	6.96	6.54	5.77	5.66	6.31
North Avg.	6.94	7.51	7.04	6.25	6.16	5.87	5.96	6.30	6.90	6.33	5.90	6.41	6.46
Lat 0 to -1 / Lon 34 to 35	7.25	7.46	7.30	6.76	6.39	6.50	6.57	6.76	7.05	6.58	6.53	6.78	6.83
Lat 0 to -1 / Lon 35 to 36	6.93	7.48	7.11	6.14	6.05	6.00	5.82	5.91	6.69	6.48	6.02	6.55	6.43
Lat 0 to -1 / Lon 36 to 37	6.96	7.39	7.14	6.11	6.23	5.91	5.68	6.03	6.81	6.27	5.71	6.20	6.37
Lat 0 to -1 / Lon 37 to 38	6.79	7.63	6.81	6.02	5.92	5.52	5.45	5.55	6.57	6.16	5.32	6.06	6.15
Lat 0 to -1 / Lon 38 to 39	6.49	7.44	6.71	6.22	6.12	5.60	5.54	5.82	6.78	6.62	5.68	5.81	6.23
Lat 0 to -1 / Lon 39 to 40	6.25	6.96	6.32	6.11	5.92	5.45	5.66	5.90	6.64	6.43	5.84	5.57	6.09
Lat 0 to -1 / Lon 40 to 41	6.37	7.05	6.39	6.08	5.68	5.31	5.48	5.70	6.35	6.43	5.92	5.60	6.03
Lat -1 to -2 / Lon 34 to 35	6.85	7.10	6.87	6.52	6.35	6.34	6.31	6.54	6.82	6.70	6.38	6.66	6.62
Lat -1 to -2 / Lon 35 to 36	6.89	7.50	7.07	6.49	6.37	6.03	6.08	6.33	6.99	6.51	6.22	6.52	6.58
Lat -1 to -2 / Lon 36 to 37	7.32	7.68	7.19	6.47	6.11	5.77	6.17	6.38	7.01	6.74	5.87	7.03	6.65
Lat -1 to -2 / Lon 37 to 38	7.24	7.84	7.05	6.08	5.49	5.07	5.33	5.55	6.41	6.29	5.81	6.45	6.22
Lat -1 to -2 / Lon 38 to 39	6.30	7.36	6.63	6.02	5.59	5.36	5.44	5.78	6.40	6.56	5.73	5.98	6.10
Lat -1 to -2 / Lon 39 to 40	6.09	6.77	6.46	5.97	5.57	5.28	5.18	5.64	6.12	6.46	5.88	5.75	5.93
Lat -1 to -2 / Lon 40 to 41	6.04	6.65	6.45	5.95	5.53	5.01	5.14	5.67	6.13	6.40	6.06	5.77	5.90
Lat -1 to -2 / Lon 41 to 42	6.09	6.56	6.38	5.68	5.32	4.99	5.26	5.81	6.27	6.26	5.89	5.74	5.85
Lat -2 to -3 / Lon 36 to 37	7.06	7.46	7.10	6.40	5.81	5.74	6.24	6.60	7.07	6.85	6.20	6.63	6.60
Lat -2 to -3 / Lon 37 to 38	7.04	7.58	6.89	6.05	5.45	5.09	5.49	5.73	6.59	6.47	6.16	6.46	6.25
Lat -2 to -3 / Lon 38 to 39	6.58	7.56	6.60	5.94	5.46	5.19	5.51	5.78	6.39	6.59	5.92	6.07	6.13
Lat -2 to -3 / Lon 39 to 40	6.16	6.80	6.54	6.18	5.49	4.96	5.13	5.46	6.13	6.37	6.00	6.04	5.94
Lat -2 to -3 / Lon 40 to 41	5.88	6.62	6.31	5.80	5.41	4.89	5.05	5.62	6.16	6.32	5.93	5.95	5.83
Lat -3 to -4 / Lon 37 to 38	7.44	7.66	6.56	5.87	5.19	4.77	5.15	5.71	6.43	6.76	6.25	6.49	6.19
Lat -3 to -4 / Lon 38 to 39	7.05	7.69	6.52	5.75	5.09	4.75	4.98	5.50	6.14	6.44	6.13	6.43	6.04
Lat -3 to -4 / Lon 39 to 40	6.11	7.01	6.43	6.03	5.37	4.87	4.89	5.31	6.01	6.22	5.94	6.04	5.85
Lat -3 to -4 / Lon 40 to 41	6.86	7.16	7.03	6.38	5.81	5.32	5.40	6.19	6.68	7.04	6.77	6.77	6.45
Lat -4 to -5 / Lon 38 to 39	7.05	7.46	6.33	5.67	4.88	4.74	4.67	5.28	5.95	6.38	6.33	6.30	5.92
Lat -4 to -5 / Lon 39 to 40	6.44	6.74	6.10	6.18	5.36	4.80	4.81	5.35	6.22	6.23	5.99	6.14	5.86
South Avg.	6.67	7.25	6.70	6.11	5.69	5.36	5.48	5.84	6.49	6.48	6.02	6.22	6.19
Country Avg.	6.81	7.38	6.87	6.18	5.92	5.61	5.72	6.07	6.70	6.40	5.96	6.32	6.33

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.2-4 ウガンダ国月平均日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	Average Elevation (m)
Lat 3 to 4 / Lon 30 to 31	6.09	6.29	5.84	5.37	5.26	4.83	4.59	4.87	5.32	5.05	5.23	5.71	5.36	1,031
Lat 3 to 4 / Lon 31 to 32	6.19	6.39	5.99	5.66	5.51	4.97	4.69	4.95	5.56	5.40	5.47	5.81	5.54	822
Lat 3 to 4 / Lon 32 to 33	6.29	6.54	6.07	5.71	5.64	5.28	5.09	5.41	6.08	5.81	5.70	5.94	5.79	1,033
Lat 3 to 4 / Lon 33 to 34	6.05	6.29	5.91	5.48	5.54	5.33	5.19	5.50	6.12	5.65	5.44	5.74	5.68	1,161
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	6.12	6.44	6.13	5.54	5.53	5.31	5.24	5.65	6.30	5.79	5.49	5.82	5.77	1,096
Lat 2 to 3 / Lon 30 to 31	5.99	6.10	5.64	5.09	5.04	4.63	4.51	4.65	5.01	4.75	4.92	5.48	5.14	1,417
Lat 2 to 3 / Lon 31 to 32	6.00	6.19	5.89	5.57	5.38	4.86	4.67	4.84	5.30	5.12	5.26	5.64	5.38	849
Lat 2 to 3 / Lon 32 to 33	6.18	6.44	6.10	5.71	5.45	5.08	5.03	5.31	5.92	5.64	5.58	5.89	5.68	1,441
Lat 2 to 3 / Lon 33 to 34	6.21	6.51	6.24	5.85	5.65	5.39	5.33	5.70	6.38	6.01	5.74	6.01	5.91	1,099
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	6.23	6.56	6.30	5.80	5.65	5.47	5.44	5.86	6.44	6.02	5.72	6.01	5.95	1,242
Lat 1 to 2 / Lon 30 to 31	5.67	5.91	5.45	5.25	5.17	4.86	4.73	4.80	4.98	4.57	4.63	5.16	5.09	1,115
Lat 1 to 2 / Lon 31 to 32	5.72	5.96	5.68	5.45	5.19	4.90	4.90	4.97	5.22	4.82	4.97	5.35	5.25	993
Lat 1 to 2 / Lon 32 to 33	6.07	6.36	6.09	5.66	5.39	4.97	4.96	5.25	5.70	5.44	5.48	5.83	5.59	1,058
Lat 1 to 2 / Lon 33 to 34	6.22	6.56	6.36	5.99	5.72	5.39	5.29	5.67	6.22	6.01	5.83	6.07	5.94	1,060
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	6.15	6.51	6.31	5.93	5.69	5.53	5.43	5.79	6.34	6.02	5.69	5.93	5.93	1,515
Lat 0 to 1 / Lon 29 to 30	5.53	5.82	5.41	5.18	5.04	4.70	4.63	4.73	5.13	4.82	4.80	5.05	5.06	1,245
Lat 0 to 1 / Lon 30 to 31	5.34	5.61	5.30	5.13	4.98	4.75	4.76	4.82	5.07	4.67	4.62	4.92	4.99	1,264
Lat 0 to 1 / Lon 31 to 32	5.57	5.79	5.53	5.20	5.00	4.88	4.91	4.99	5.15	4.80	4.78	5.18	5.14	1,233
Lat 0 to 1 / Lon 32 to 33	5.60	5.88	5.61	5.21	4.93	4.82	4.86	5.03	5.32	5.01	5.01	5.29	5.21	1,147
Lat 0 to 1 / Lon 33 to 34	5.81	6.13	5.97	5.48	5.16	5.00	4.96	5.27	5.67	5.48	5.34	5.59	5.48	1,127
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	6.24	6.58	6.39	5.86	5.60	5.39	5.25	5.60	6.14	5.97	5.70	6.02	5.89	1,465
North Avg.	5.97	6.23	5.91	5.53	5.36	5.06	4.97	5.22	5.68	5.37	5.30	5.64	5.51	1,163
Lat 0 to -1 / Lon 29 to 30	5.08	5.37	5.07	5.01	4.88	4.70	4.69	4.72	5.01	4.71	4.63	4.76	4.88	1,351
Lat 0 to -1 / Lon 30 to 31	5.29	5.56	5.20	5.11	5.01	5.01	5.18	5.14	5.28	4.88	4.74	4.91	5.10	1,416
Lat 0 to -1 / Lon 31 to 32	5.08	5.41	5.18	4.99	4.84	4.94	5.05	5.01	5.11	4.71	4.63	4.74	4.97	1,257
Lat -1 to -2 / Lon 29 to 30	4.90	5.17	5.03	4.93	4.80	4.80	4.90	4.92	5.00	4.69	4.63	4.69	4.87	1,879
Lat -1 to -2 / Lon 30 to 31	4.93	5.22	4.97	4.83	4.71	4.83	5.14	5.09	5.07	4.68	4.54	4.57	4.87	1,940
South Avg	5.06	5.35	5.09	4.97	4.85	4.86	4.99	4.98	5.09	4.73	4.63	4.73	4.94	1,569
Country Avg.	5.51	5.79	5.50	5.25	5.10	4.96	4.98	5.10	5.39	5.05	4.97	5.19	5.23	1,366

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.2-5 ウガンダ国月最低日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 3 to 4 / Lon 30 to 31	5.66	5.41	5.20	4.94	4.79	4.35	4.04	4.53	4.84	4.65	4.60	4.97	4.83
Lat 3 to 4 / Lon 31 to 32	5.69	5.43	5.39	5.26	4.85	4.52	4.17	4.60	4.89	4.70	4.70	5.05	4.94
Lat 3 to 4 / Lon 32 to 33	5.85	5.62	5.40	5.37	5.25	4.65	4.68	4.92	5.47	5.29	4.62	5.17	5.19
Lat 3 to 4 / Lon 33 to 34	5.57	5.09	5.20	4.99	5.04	4.53	4.77	5.01	5.63	5.20	4.62	5.11	5.06
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	5.45	5.35	5.27	4.99	5.09	4.35	4.56	5.20	5.48	5.38	4.67	5.12	5.08
Lat 2 to 3 / Lon 30 to 31	6.65	7.02	6.37	5.50	5.44	5.00	5.01	5.07	5.66	5.42	5.41	6.03	5.71
Lat 2 to 3 / Lon 31 to 32	5.52	5.01	5.42	5.07	4.90	4.18	4.11	4.31	4.56	4.40	4.58	5.08	4.76
Lat 2 to 3 / Lon 32 to 33	5.69	5.35	5.55	5.37	5.07	4.47	4.68	4.78	5.27	4.96	4.58	5.12	5.07
Lat 2 to 3 / Lon 33 to 34	5.71	5.47	5.74	5.32	5.20	4.58	4.85	5.07	5.68	5.41	4.82	5.47	5.28
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	5.67	5.51	5.61	5.10	5.20	4.65	4.95	5.45	5.86	5.60	4.92	5.47	5.33
Lat 1 to 2 / Lon 30 to 31	5.05	5.02	4.96	4.88	4.65	4.42	4.40	4.46	4.53	4.07	3.98	4.59	4.59
Lat 1 to 2 / Lon 31 to 32	5.32	4.77	5.00	5.07	4.77	4.31	4.46	4.52	4.80	4.29	4.22	4.76	4.69
Lat 1 to 2 / Lon 32 to 33	5.65	5.15	5.54	5.09	4.90	4.57	4.51	4.88	5.13	4.95	4.44	5.13	5.00
Lat 1 to 2 / Lon 33 to 34	5.72	5.51	5.98	5.51	5.26	4.80	5.03	5.10	5.47	5.53	4.55	5.46	5.33
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	5.41	5.53	5.93	5.40	5.29	4.81	5.05	5.38	5.64	5.24	4.44	5.34	5.29
Lat 0 to 1 / Lon 29 to 30	4.81	5.12	4.65	4.66	4.69	4.14	4.31	4.26	4.72	4.29	3.98	4.49	4.51
Lat 0 to 1 / Lon 30 to 31	4.86	4.71	4.66	4.67	4.63	4.32	4.38	4.48	4.56	4.11	3.74	4.48	4.47
Lat 0 to 1 / Lon 31 to 32	5.01	4.86	4.98	4.84	4.60	4.39	4.57	4.59	4.69	4.42	4.16	4.45	4.63
Lat 0 to 1 / Lon 32 to 33	4.93	4.94	4.99	4.79	4.54	4.34	4.42	4.68	4.95	4.51	4.01	4.66	4.65
Lat 0 to 1 / Lon 33 to 34	5.05	4.84	5.31	4.88	4.54	4.45	4.41	4.85	5.05	4.99	4.49	4.98	4.82
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	5.68	5.53	5.81	5.39	5.21	4.74	4.88	5.38	5.28	5.55	4.79	5.42	5.30
North Avg.	5.47	5.30	5.38	5.10	4.95	4.50	4.58	4.83	5.15	4.90	4.49	5.06	4.98
Lat 0 to -1 / Lon 29 to 30	4.57	4.67	4.66	4.61	4.54	4.23	4.08	4.25	4.26	4.19	3.98	4.47	4.38
Lat 0 to -1 / Lon 30 to 31	4.81	4.84	4.73	4.65	4.56	4.51	4.61	4.52	4.80	4.34	4.08	4.42	4.57
Lat 0 to -1 / Lon 31 to 32	4.57	4.54	4.56	4.64	4.40	4.30	4.55	4.66	4.80	4.00	3.84	4.03	4.41
Lat -1 to -2 / Lon 29 to 30	4.26	4.65	4.63	4.54	4.32	4.32	4.41	4.23	4.25	3.80	3.98	4.17	4.30
Lat -1 to -2 / Lon 30 to 31	4.54	4.44	4.62	4.49	4.24	4.20	4.52	4.33	4.46	4.02	3.81	4.02	4.31
South Avg.	4.55	4.63	4.64	4.59	4.41	4.31	4.43	4.40	4.52	4.07	3.94	4.22	4.39
Country Avg	5.01	4.96	5.01	4.84	4.68	4.41	4.51	4.62	4.83	4.49	4.22	4.64	4.69

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.2-6 ウガンダ国月最高日射量データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 3 to 4 / Lon 30 to 31	6.64	7.23	6.66	5.75	5.68	5.41	5.09	5.16	5.64	5.56	5.91	6.17	5.91
Lat 3 to 4 / Lon 31 to 32	6.81	7.35	6.77	6.17	6.06	5.52	5.21	5.45	6.28	5.99	6.07	6.16	6.15
Lat 3 to 4 / Lon 32 to 33	6.73	7.39	6.80	6.11	6.03	5.65	5.80	5.90	6.93	6.39	6.21	6.30	6.35
Lat 3 to 4 / Lon 33 to 34	6.47	7.17	6.62	5.92	5.87	5.81	5.81	5.94	6.67	6.22	5.93	6.14	6.21
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	6.79	7.41	6.93	5.98	5.97	5.73	5.82	6.16	7.12	6.60	6.04	6.40	6.41
Lat 2 to 3 / Lon 30 to 31	6.71	7.20	6.43	5.50	5.39	5.19	4.96	4.93	5.36	5.46	5.41	6.03	5.71
Lat 2 to 3 / Lon 31 to 32	6.66	7.24	6.60	6.02	5.76	5.44	5.23	5.28	5.88	5.84	5.84	6.03	5.98
Lat 2 to 3 / Lon 32 to 33	6.67	7.34	6.77	5.94	6.00	5.54	5.48	5.79	6.75	6.26	6.03	6.24	6.23
Lat 2 to 3 / Lon 33 to 34	6.77	7.23	6.93	6.14	6.10	5.82	5.92	6.27	7.15	6.61	6.14	6.49	6.46
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	6.92	7.35	7.06	6.21	6.10	5.85	5.98	6.33	6.96	6.50	6.23	6.61	6.51
Lat 1 to 2 / Lon 30 to 31	6.52	7.03	6.21	5.88	5.48	5.30	5.34	5.18	5.23	5.12	5.14	5.73	5.68
Lat 1 to 2 / Lon 31 to 32	6.23	6.85	6.42	5.78	5.55	5.49	5.59	5.47	5.79	5.35	5.42	5.89	5.82
Lat 1 to 2 / Lon 32 to 33	6.62	7.19	6.76	6.00	6.04	5.47	5.56	5.62	6.38	5.82	5.86	6.24	6.13
Lat 1 to 2 / Lon 33 to 34	6.90	7.35	6.81	6.41	6.18	5.71	5.77	6.07	6.97	6.49	6.18	6.56	6.45
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	6.95	7.29	6.94	6.29	6.15	6.03	5.92	6.14	6.78	6.32	6.09	6.40	6.44
Lat 0 to 1 / Lon 29 to 30	6.30	6.75	5.95	5.70	5.64	5.26	5.09	5.11	5.59	5.35	5.23	5.76	5.65
Lat 0 to 1 / Lon 30 to 31	5.98	6.62	5.94	5.59	5.38	5.27	5.33	5.25	5.58	5.14	5.08	5.51	5.56
Lat 0 to 1 / Lon 31 to 32	6.18	6.66	6.19	5.56	5.40	5.37	5.45	5.34	5.72	5.23	5.35	5.85	5.69
Lat 0 to 1 / Lon 32 to 33	6.22	6.88	6.06	5.52	5.37	5.25	5.35	5.43	6.06	5.56	5.51	5.82	5.75
Lat 0 to 1 / Lon 33 to 34	6.80	7.11	6.45	5.92	5.57	5.40	5.41	5.59	6.29	5.92	5.77	6.04	6.02
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	6.99	7.37	6.97	6.50	5.94	5.93	5.72	5.99	7.00	6.57	6.16	6.50	6.47
North Avg.	6.61	7.14	6.58	5.95	5.79	5.54	5.52	5.64	6.29	5.92	5.79	6.14	6.08
Lat 0 to -1 / Lon 29 to 30	5.64	6.18	5.42	5.61	5.22	5.08	5.16	5.38	5.51	5.32	5.14	5.24	5.41
Lat 0 to -1 / Lon 30 to 31	5.82	6.23	5.72	5.57	5.41	5.51	5.91	5.65	6.02	5.27	5.12	5.70	5.66
Lat 0 to -1 / Lon 31 to 32	5.64	6.49	5.85	5.34	5.28	5.63	5.81	5.41	5.67	5.28	5.14	5.64	5.60
Lat -1 to -2 / Lon 29 to 30	5.39	5.69	5.38	5.32	5.33	5.33	5.54	5.66	5.70	5.39	5.14	5.35	5.43
Lat -1 to -2 / Lon 30 to 31	5.47	5.95	5.37	5.31	5.37	5.41	5.86	5.65	5.63	5.29	4.95	5.26	5.46
South Avg.	5.59	6.11	5.55	5.43	5.32	5.39	5.65	5.55	5.71	5.31	5.10	5.43	5.51
Country Avg.	6.10	6.62	6.07	5.69	5.56	5.47	5.58	5.59	6.00	5.61	5.44	5.79	5.79

Lat : Latitude

Lon : Longitude

' - ' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

II.3 無日照日数データ

表 II.3-1 ケニア国無日照日データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 4 to 5 / Lon 34 to 35	3.72	5.21	3.60	3.25	2.35	5.81	3.48	2.25	4.05	2.13	5.59	4.71	3.85
Lat 4 to 5 / Lon 35 to 36	3.87	4.17	3.81	3.13	2.71	5.52	3.17	2.52	3.84	2.03	5.56	5.31	3.80
Lat 4 to 5 / Lon 36 to 37	3.01	4.27	3.64	3.16	2.59	4.08	3.37	2.69	2.92	2.35	4.34	4.23	3.39
Lat 4 to 5 / Lon 37 to 38	4.15	4.97	4.10	2.93	3.43	4.01	2.95	2.42	3.05	2.22	4.75	5.51	3.71
Lat 4 to 5 / Lon 40 to 41	6.08	4.47	3.67	1.95	3.59	5.97	6.11	4.71	2.01	3.82	2.98	4.94	4.19
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	3.34	4.86	4.34	2.92	2.41	5.42	4.02	2.63	3.90	2.19	4.53	3.78	3.70
Lat 3 to 4 / Lon 35 to 36	3.66	3.53	3.54	4.34	3.31	6.04	4.50	2.00	3.71	1.89	5.54	4.64	3.89
Lat 3 to 4 / Lon 36 to 37	3.99	3.70	2.58	4.00	3.00	3.90	3.58	2.52	2.44	1.80	5.36	3.45	3.36
Lat 3 to 4 / Lon 37 to 38	5.01	4.38	2.66	3.04	3.58	2.85	3.86	2.25	2.96	3.27	5.17	4.43	3.62
Lat 3 to 4 / Lon 38 to 39	5.38	4.98	3.29	2.35	4.13	3.60	4.04	3.48	2.34	4.00	3.65	4.99	3.85
Lat 3 to 4 / Lon 39 to 40	6.53	4.76	3.42	2.75	4.10	4.02	4.80	4.50	2.51	4.24	2.89	4.71	4.10
Lat 3 to 4 / Lon 40 to 41	6.56	4.53	5.17	2.60	3.00	4.64	4.25	3.96	2.74	2.81	2.77	4.62	3.97
Lat 3 to 4 / Lon 41 to 42	6.16	2.48	3.86	2.41	2.42	4.93	3.66	3.31	3.14	2.43	3.49	4.27	3.55
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	2.63	4.43	3.34	3.56	2.46	4.60	2.67	2.27	2.79	2.26	4.24	2.68	3.16
Lat 2 to 3 / Lon 35 to 36	3.73	3.65	2.98	4.04	3.23	5.60	3.63	2.11	3.14	3.21	5.51	3.18	3.67
Lat 2 to 3 / Lon 36 to 37	3.71	3.76	2.14	3.19	1.61	3.52	2.61	2.14	2.10	2.42	4.13	2.73	2.84
Lat 2 to 3 / Lon 37 to 38	5.71	4.27	2.00	2.71	2.54	2.54	3.43	2.45	2.91	3.48	4.71	4.20	3.41
Lat 2 to 3 / Lon 38 to 39	6.31	3.70	3.05	3.33	2.15	2.65	3.36	2.30	2.47	4.70	4.04	3.44	3.46
Lat 2 to 3 / Lon 39 to 40	6.79	3.86	3.95	3.46	2.33	2.95	3.92	3.88	2.52	2.93	2.66	4.05	3.61
Lat 2 to 3 / Lon 40 to 41	6.91	3.17	4.27	2.88	2.84	4.95	4.82	3.43	2.06	2.65	3.13	3.73	3.74
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	3.83	4.30	1.71	2.83	2.17	3.96	2.22	2.03	3.17	4.01	6.53	3.24	3.33
Lat 1 to 2 / Lon 35 to 36	4.65	3.61	3.03	3.48	3.28	6.24	2.67	2.23	4.02	3.06	6.01	2.79	3.76
Lat 1 to 2 / Lon 36 to 37	4.96	3.28	2.59	2.85	3.10	5.35	4.00	2.42	3.65	3.49	5.84	2.86	3.70
Lat 1 to 2 / Lon 37 to 38	6.59	3.35	1.97	3.28	2.79	4.54	3.52	2.99	3.46	3.44	5.21	4.64	3.82
Lat 1 to 2 / Lon 38 to 39	4.80	3.61	2.23	3.97	1.75	3.01	3.05	2.12	3.07	3.20	3.72	2.55	3.09
Lat 1 to 2 / Lon 39 to 40	4.42	3.08	2.58	3.38	1.68	2.74	2.75	2.75	1.83	2.89	2.16	3.15	2.78
Lat 1 to 2 / Lon 40 to 41	4.92	2.62	2.56	1.44	1.36	3.11	3.57	1.78	2.14	2.26	3.07	2.96	2.65
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	2.73	4.59	2.91	2.45	2.26	3.50	2.18	1.21	4.15	2.12	4.94	2.98	3.00
Lat 0 to 1 / Lon 35 to 36	3.97	3.75	3.29	4.04	3.11	4.33	2.12	3.08	4.79	2.49	5.92	3.48	3.70
Lat 0 to 1 / Lon 36 to 37	5.83	3.56	3.04	2.67	3.04	4.48	2.68	3.46	4.15	3.43	5.21	3.31	3.74
Lat 0 to 1 / Lon 37 to 38	6.18	2.89	2.67	2.81	3.72	4.53	3.25	3.72	4.72	3.67	5.00	4.17	3.94
Lat 0 to 1 / Lon 38 to 39	6.69	2.88	2.01	2.70	2.63	4.30	3.96	3.02	3.89	4.58	4.50	2.99	3.68
Lat 0 to 1 / Lon 39 to 40	3.59	3.78	2.11	1.67	1.47	2.51	2.17	3.02	1.47	3.41	2.50	2.61	2.53
Lat 0 to -1 / Lon 34 to 35	3.47	3.88	3.64	3.09	2.62	3.94	2.98	2.22	2.43	2.74	3.90	2.17	3.09
Lat 0 to -1 / Lon 35 to 36	4.65	3.56	3.40	2.61	1.91	4.14	2.60	2.11	2.07	2.08	5.31	4.20	3.22
Lat 0 to -1 / Lon 36 to 37	7.28	3.16	2.84	3.23	3.48	5.46	2.88	3.05	5.81	2.66	5.48	3.94	4.11
Lat 0 to -1 / Lon 37 to 38	6.65	3.93	3.37	2.66	3.84	5.66	5.18	4.86	4.85	3.15	4.18	4.20	4.38
Lat 0 to -1 / Lon 38 to 39	4.51	3.53	2.07	3.16	2.56	5.31	3.35	4.61	4.82	4.75	3.67	4.05	3.87
Lat 0 to -1 / Lon 39 to 40	3.86	3.74	2.16	2.91	2.37	2.47	2.54	2.78	2.34	3.16	2.79	2.65	2.81
Lat 0 to -1 / Lon 40 to 41	2.99	3.10	2.00	3.76	2.56	2.01	2.28	2.15	2.33	2.62	3.06	1.84	2.56
North Avg.	4.85	3.83	3.04	3.02	2.74	4.23	3.40	2.84	3.17	3.00	4.35	3.71	3.52
Lat -1 to -2 / Lon 34 to 35	4.86	4.51	3.28	2.75	3.34	3.64	3.18	3.17	2.11	2.22	4.08	4.74	3.49
Lat -1 to -2 / Lon 35 to 36	4.87	4.04	2.81	2.82	3.92	3.79	2.31	2.13	2.57	2.70	3.69	3.83	3.29
Lat -1 to -2 / Lon 36 to 37	5.16	5.26	4.00	2.93	4.39	3.75	3.61	3.63	4.89	2.62	3.81	2.35	3.87
Lat -1 to -2 / Lon 37 to 38	6.19	4.47	3.38	3.11	4.25	4.66	4.93	5.50	3.61	3.27	3.49	3.62	4.21
Lat -1 to -2 / Lon 38 to 39	5.05	3.68	2.52	2.05	3.83	3.93	3.29	3.95	3.21	3.90	2.99	3.21	3.47
Lat -1 to -2 / Lon 39 to 40	2.90	3.01	2.02	2.95	2.94	2.20	1.85	2.59	2.54	3.50	2.42	3.26	2.68
Lat -1 to -2 / Lon 40 to 41	3.02	2.54	2.19	2.83	3.57	2.30	1.74	2.22	2.82	3.47	3.15	1.84	2.64
Lat -1 to -2 / Lon 41 to 42	6.42	2.19	1.69	2.77	3.45	2.81	1.71	1.82	2.49	3.46	4.54	2.71	3.01
Lat -2 to -3 / Lon 36 to 37	5.84	5.03	2.71	2.21	3.45	2.96	3.23	3.42	2.93	2.32	3.63	3.58	3.44
Lat -2 to -3 / Lon 37 to 38	6.55	4.25	2.45	2.32	4.60	4.00	3.34	5.74	3.82	2.32	3.54	3.27	3.85
Lat -2 to -3 / Lon 38 to 39	5.75	3.95	1.80	2.12	3.51	3.23	2.36	3.63	3.27	3.94	2.95	3.47	3.33
Lat -2 to -3 / Lon 39 to 40	2.68	2.23	1.75	2.91	3.78	1.66	1.63	2.59	1.63	3.88	4.04	2.45	2.60
Lat -2 to -3 / Lon 40 to 41	4.24	1.92	1.56	2.46	2.65	2.88	2.10	2.40	1.84	5.45	4.33	2.23	2.84
Lat -3 to -4 / Lon 37 to 38	6.50	6.36	2.57	2.11	4.75	3.45	3.14	4.18	3.67	3.88	3.70	3.88	4.02
Lat -3 to -4 / Lon 38 to 39	6.37	5.66	2.87	2.19	3.84	1.73	2.41	4.48	3.70	4.76	3.77	2.73	3.71
Lat -3 to -4 / Lon 39 to 40	3.14	3.07	1.92	2.76	4.17	1.77	1.68	2.86	1.57	4.57	3.51	2.35	2.78
Lat -3 to -4 / Lon 40 to 41	5.46	3.92	4.23	5.08	5.03	3.15	2.20	5.12	2.85	5.57	5.45	3.02	4.26
Lat -4 to -5 / Lon 38 to 39	5.04	7.27	2.46	4.95	4.73	2.01	2.39	3.80	2.85	4.09	3.92	2.48	3.83
Lat -4 to -5 / Lon 39 to 40	3.47	5.90	2.17	4.25	4.60	2.53	2.03	4.65	4.06	5.68	3.18	3.08	3.80
South Avg.	4.92	4.17	2.55	2.92	3.94	2.97	2.59	3.57	2.97	3.77	3.69	3.06	3.43
Country Avg	4.88	4.00	2.79	2.97	3.34	3.60	3.00	3.20	3.07	3.38	4.02	3.38	3.47
Country Min.	2.63	1.92	1.56	1.44	1.36	1.66	1.63	1.21	1.47	1.80	2.16	1.84	2.53
Country Max.	7.28	7.27	5.17	5.08	5.03	6.24	6.11	5.74	5.81	5.68	6.53	5.51	4.38

Lat : Latitude

Lon : Longitude

'-' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)

表 II.3-2 ウガンダ国無日照日データ(1983-2004 年の平均)

Month / Lon & Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat 3 to 4 / Lon 30 to 31	2.23	4.05	3.55	2.29	2.82	3.10	3.70	2.03	2.59	2.51	3.67	4.01	3.05
Lat 3 to 4 / Lon 31 to 32	2.40	4.20	3.20	2.12	3.76	2.83	3.50	2.31	3.45	4.13	4.16	4.05	3.34
Lat 3 to 4 / Lon 32 to 33	2.21	3.89	3.47	1.68	2.25	3.46	2.43	2.69	2.86	2.93	5.73	3.96	3.13
Lat 3 to 4 / Lon 33 to 34	2.40	5.25	3.82	2.73	2.90	4.44	2.56	2.76	2.45	2.63	4.46	3.34	3.31
Lat 3 to 4 / Lon 34 to 35	3.34	4.86	4.34	2.92	2.41	5.42	4.02	2.63	3.90	2.19	4.53	3.78	3.70
Lat 2 to 3 / Lon 30 to 31	3.51	3.94	3.46	3.52	4.12	2.85	2.88	2.80	2.86	3.39	5.30	4.92	3.63
Lat 2 to 3 / Lon 31 to 32	2.42	5.42	2.63	2.63	2.88	4.32	3.65	3.39	4.30	4.23	3.99	2.96	3.57
Lat 2 to 3 / Lon 32 to 33	2.40	4.82	2.69	1.83	2.21	3.66	2.28	3.03	3.34	3.73	5.53	4.00	3.29
Lat 2 to 3 / Lon 33 to 34	2.54	4.51	2.48	2.66	2.63	4.45	2.79	3.42	3.15	3.09	4.86	2.83	3.28
Lat 2 to 3 / Lon 34 to 35	2.63	4.43	3.34	3.56	2.46	4.60	2.67	2.27	2.79	2.26	4.24	2.68	3.16
Lat 1 to 2 / Lon 30 to 31	3.28	4.07	2.67	2.00	2.99	2.83	2.22	2.19	2.83	3.25	4.14	3.54	3.00
Lat 1 to 2 / Lon 31 to 32	2.11	5.54	3.65	2.20	2.32	3.73	2.78	2.74	2.29	3.53	4.58	3.53	3.25
Lat 1 to 2 / Lon 32 to 33	2.29	5.37	2.74	3.07	2.81	2.53	2.93	2.24	2.89	2.90	5.63	3.72	3.26
Lat 1 to 2 / Lon 33 to 34	2.49	4.43	1.94	2.45	2.43	3.39	1.69	3.06	3.47	2.47	6.48	3.06	3.11
Lat 1 to 2 / Lon 34 to 35	3.83	4.30	1.71	2.83	2.17	3.96	2.22	2.03	3.17	4.01	6.53	3.24	3.33
Lat 0 to 1 / Lon 29 to 30	3.92	3.41	4.29	2.89	2.02	3.51	2.27	3.08	2.45	3.34	5.06	3.43	3.31
Lat 0 to 1 / Lon 30 to 31	2.90	4.54	3.74	2.63	2.24	2.77	2.34	2.31	3.13	3.85	5.58	2.77	3.23
Lat 0 to 1 / Lon 31 to 32	3.17	4.54	3.08	2.19	2.41	3.12	2.27	2.60	2.67	2.38	3.95	4.48	3.07
Lat 0 to 1 / Lon 32 to 33	3.76	4.61	3.26	2.41	2.51	3.04	2.74	2.03	2.14	3.08	6.04	3.75	3.28
Lat 0 to 1 / Lon 33 to 34	4.10	5.80	3.27	3.33	3.78	3.24	3.43	2.52	3.43	2.71	4.94	3.38	3.66
Lat 0 to 1 / Lon 34 to 35	2.73	4.59	2.91	2.45	2.26	3.50	2.18	1.21	4.15	2.12	4.94	2.98	3.00
North Avg.	2.89	4.60	3.15	2.59	2.68	3.56	2.74	2.54	3.06	3.08	4.97	3.54	3.28
Lat 0 to -1 / Lon 29 to 30	3.05	3.54	2.50	2.51	2.02	3.06	3.96	3.21	4.36	3.29	4.34	1.82	3.14
Lat 0 to -1 / Lon 30 to 31	2.87	3.57	2.80	2.81	2.90	3.04	3.41	3.67	2.55	3.49	4.24	3.21	3.21
Lat 0 to -1 / Lon 31 to 32	3.11	4.39	3.71	2.04	2.75	3.76	3.13	2.22	1.93	4.80	4.98	4.51	3.44
Lat -1 to -2 / Lon 29 to 30	4.04	2.92	2.34	2.37	3.10	3.11	3.22	4.41	4.55	5.81	4.07	3.37	3.61
Lat -1 to -2 / Lon 30 to 31	2.51	4.13	2.18	2.04	3.22	3.85	3.85	4.56	3.49	4.43	4.75	3.59	3.55
South Avg.	3.16	4.19	2.86	2.52	2.84	3.39	3.24	3.04	3.44	3.72	4.65	3.30	3.36
Country Avg	3.03	4.43	3.06	2.55	2.71	3.52	2.90	2.75	3.13	3.33	4.87	3.49	3.31
Country Min.	2.11	2.92	1.71	1.68	2.02	2.53	1.69	1.21	1.93	2.12	3.67	1.82	3.00
Country Max.	4.10	5.80	4.34	3.56	4.12	5.42	4.02	4.56	4.55	5.81	6.53	4.92	3.70

Lat : Latitude

Lon : Longitude

' - ' : South hemisphere

Source: NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>)