

第 I 部 マスタープラン

要 約

第 I 部 マスタープラン

1. 調査の背景と目的

1.1 調査の背景

モンゴル国では総人口 240 万人の約半分が遊牧生活をしていると推定されている。遊牧生活を営む人々にとっては、ソム・センターは様々な物資を補給する所のみならず、行政・医療・教育等の公共サービスを受ける為の重要な拠点でもある。

1997 年 11 月時点に於いて、モンゴル国では 314 ソム・センターの内 117 ソム・センターが既に送電線の延長により電力供給が行われていた。残りの 197 ソム・センターについては、ディーゼル発電機による独立分散型の電力供給方式を採らざるを得ない状況にあった。これらディーゼル発電機は 1963 年から 1990 年代に据え付けられたものであり、既に老朽化している。

モンゴルは社会主義時代、発電機の運転・維持に必要となるスペアパーツの供給・技術指導を全面的にソ連に頼ってきた。1991 年のソ連邦崩壊とそれに伴うモンゴル自身の市場経済への移行の中で、(1) 事業運営意識の欠如、(2) スペアパーツの入手困難、(3) 技術力の不足、(4) 運営資金の不足により、これらソム・センターに於ける発電設備の維持管理に支障を来たした。その結果、設備の多くは故障後、修理が出来ず運転停止状態にある。また、運転可能な発電機に於いても、その発電効率が低下している為、電力供給量が不足し、村民の日常生活、ソム・センターの社会・経済機能に深刻な影響を与えている。

このような状況下、モンゴル国政府は独立電源対象のソム・センターでの電力供給を、豊富な国産エネルギーである太陽光及び風力を筆頭とする再生可能エネルギーにより賄う方針を固めている。これら再生可能エネルギーの採用により、貴重な化石燃料消費の節約と併せて外貨流出の削減を期待出来るとしている。

1995 年にモンゴル国政府は日本政府に対して再生可能エネルギー利用による地方電力供給計画のマスタープラン策定を要請した。この要請に基づき日本国政府はモンゴルにプロジェクト選定

確認調査団を 1997 年 6 月に派遣し、また、1997 年 12 月にプロジェクト形成基礎調査団を派遣し、さらに 1998 年 6 月の予備調査団によって先方政府との間で S/W が締結されている。

1.2 調査の目的

本調査の目的を以下に示す。

(1) マスタープランの策定

中央送電網からの電力供給が 2000 年迄に望めない 167 ソム・センターを対象として、独立分散型電源、(即ち太陽光、風力、ディーゼル発電)、送電線延長或いはそれらのハイブリッド・システムを選択肢として経済的・技術的に最適な電力供給システムの策定及びその実施計画の提言を行う。

(2) 実証試験の実施

3 ケ所のソム・センターに於いて、パイロット・プラントの据付・運転・保守を行う事で、技術的データを入手し、その結果をマスタープランへ反映する。

(3) 運営・維持管理体制・組織の確立

パイロット・プラントの据付前に運営・維持管理体制の組織を確立させ、10 年以上の持続的運転・保守を可能にする。

(4) 技術移転

インフラストラクチャー開発省(以後、インフラ開発省または M0ID と記述する)及びソム・センター関係者への技術移転を行う。

上記の 4 目的に加え、本計画調査は特に省資源・環境に配慮し、在来電源(ディーゼル発電)に替わる再生可能エネルギー開発の重要性を明確にするために 5 番目の目的として下記を追加した。

(5) 地球環境保全への貢献

再生可能エネルギーの開発および有効活用による省資源・地球環境保全に貢献する度合を検討する。

1.3 調査の内容

本計画調査は平成 10 年 10 月より平成 12 年 9 月までの 2 年間に亘り実施された。

(1) マスタープラン調査

マスタープラン調査は国内準備作業の開始から 2000 年 8 月までの第 6 次現地調査および第 4 次に亘る国内作業の実施にて完了した。マスタープラン策定にあたっては、相手国意向を十分反映するために、最適電力供給計画策定や経済財務分析作業を早めて実施し、その内容につき十分な説明、協議を行い、実現性のある計画とした。

(2) パイロット・プラント据付調査

パイロット・プラント据付調査はマスタープラン調査と同時並行して実施され、1999 年 7 月から 1 年間の観測データを収集し、マスタープランへ反映した。このため、日本からの資機材調達は別途 JICA により実施された。

(3) 現地再委託による現地調査

現地再委託による現地調査は、ローカル・コンサルタントによる 3 年次に亘る調査の補助作業および実証試験のモニタリング・データ収集を実施した。また、ローカル・コンサルタントへの技術移転を先に実施し、技術移転セミナーや技術指導の際の補助作業を実施してもらった。

(4) 技術移転セミナー

技術移転セミナーは 3 回実施された。これら技術移転セミナーとは別にインベントリ調査用セミナーを各県庁所在地にて実施すると共にパイロット・プラントの持続的且つ円滑な運営・維持管理を行えるように 3 ソム・センターにて技術指導も実施した。3 回の技術移転セミナーは以下の日程で実施した。

- (a) 第 1 回技術移転セミナー (1999 年 3 月 4 日)
- (b) 第 2 回技術移転セミナー (2000 年 3 月 6 日)
- (c) 第 3 回技術移転セミナー (2000 年 8 月 3 日)

2. モンゴル国の概要

モンゴル国は、アジア大陸のほぼ中央部に位置する、モンゴル民族を主要構成民族とする共和制国家である。モンゴル国の気候は、乾燥が激しく、寒暖の差が著しいのを特徴としており、典型的な大陸性亜寒帯気候が支配している。気温の最高年較差は実に 90℃、最高日較差は 30℃以上である。この乾燥した気温差の激しい気候がモンゴル高原の独特の植生を生み、また遊牧的牧畜を可能にしている。

モンゴル国の人口は 2,413,000 人（1998 年末推計）で、人口密度は 1 km² 当り 1.5 人と世界でもっとも人口密度が低い国である。モンゴル民族は古来、遊牧を生業としてきた。遊牧は多数の家畜を、しかも移動しながら飼育することで成り立つものであるから、定着型の農耕社会とはきわめて異質の文化を育んできた。移動が前提なので簡便さが重要な価値基準となる。衣食住は徹底してシンプルで、家も組立てが簡単なフェルトを覆ったゲルという移動式住居である。食事は、肉、乳製品、小麦粉が基本材料、味つけは塩だけで野菜も香辛料も使わない。衣服も実に無駄なく単純化されている。身幅が広く、裾が長く、寝具代わりにさえなる。

1990 年以降の数年間に、モンゴルの政治は 70 年間依拠してきた社会主義から議会制民主主義、市場経済へと思い切った転換を図った。モンゴル国は、広い国土と少ない人口による人口密度の低さを一因として、交通網の整備が遅れている。モンゴルの国家体制は、1992 年 1 月 13 日に採択された現行憲法の第 3 章により、国家大会議（国会）、大統領、政府、司法よりなると規定されている。モンゴルは行政上、全国 21 のアイマグ（県）と首都ウランバートル市に分かれ、アイマグはさらにソム（郡）に、ソムはバグ（郷）に、首都はドゥーレグ（区）に、ドゥーレグはホロー（街）にそれぞれ区分される。

3. モンゴル国の経済的背景

3.1 モンゴル国の経済事情

ソビエト連邦の崩壊とそれに伴う援助の枯渇で 1993 年にはピークから 30% の減少を示した GDP は市場経済への移行で、徐々に上向いているが 1996 年の上昇率は 0.8%、1997 年 1.5% と伸び悩み、1998 年の伸びは 3% と楽観を許さないものがある。経済は、鉱物資源、畜産物を中心とした一次産業のモノカルチャー的な生産構造で、輸出の半分以上を鉱物製品が占めている。1999 年には夏の早魃による飼料となる草の生育不良に加えて冬には厳しい寒波が襲って来たために 200 万頭を超える家畜に被害が出ている。天災により地方の経済が更に疲弊していることが懸念される。

地方には十分な投資が回らず、地方の経済成長のテンポは遅いと考えられる。地方のソムでは多くの失業者あるいは定職を持たない者が若者の間で多く存在する。こうした地域格差は地方の社会基盤整備が遅れていることにも大きな原因がある。その意味では地方の経済成長を促すには電力供給を含めた地方の社会基盤整備が不可欠である。

3.2 調査対象ソム・センターの経済事情

中央計画経済の破綻後、都市からの大量の人口を受け入れた地方も経済の安定化に伴って人口動態の流れは再び反転し、地方から大都市への人口の移入が進行している。対象ソムでも人口が減少し衰退の傾向を示すソムが増加している。対象ソムセンター167の中で113のソム・センター、即ち全体の65%で人口の減少が見られた。ソムセンターの世帯の年間平均現金所得は80万Tg弱である。ただ、自家生産の肉類・酪農製品等の価値は高く、現金収入の32%に達している。かつては公務員がほとんどを占めたが経済の市場化で民間・商業による収入が上昇しており、公務員給与は全体の42%になっている。家庭の電気製品の保有は電力供給の貧困な現状とは不釣り合いと思われる程保有率は高い。特に、TVの普及率は90%に達する。

4. モンゴル国の社会的背景

4.1 モンゴル国の社会事情

モンゴルは社会主義時代には、国家予算の多くを教育部門にあて、学校教育はすべて無償で行うなど、特に教育部門に力を注いできた。その結果、初等・中等教育の在学率は1980年代にほぼ100%に達し、15歳以上の識字率は1989年には96%を達成し、教育開発の面で大きな成果を上げてきた。しかし1990年以降、民主化・資本主義化・市場経済化への体制移行に伴い経済の混乱が生じ、教育分野もさまざまな混乱に見舞われることになり、不登校児童・生徒が急増している。教育の問題は特に地方において大きく、児童・生徒の不登校の問題、教員の待遇と質の問題、校舎・寄宿舎の不足、教材の不足、教授法と教育内容の問題等々の多くの問題を抱えている。

モンゴルの地域保健医療システムは、アイマグ、ソム、バグの各行政レベルに病院または診療所があり、医療サービスを提供している。このように医療供給の体制はアイマグ・レベルからバグ・レベルまでかなり整備されているといえるが、医師の配置は都市部に偏っており、地方には民間開業医がほとんどいない。政府の医療関連予算は、教育予算同様、1992年以降実質的に減少してきている。一方、医薬品や医療機材は大半を輸入に依存しており、インフレと外貨不足に悩むモンゴルでは十分な医薬品・医療機材を調達することができないでいる。

市場経済化の下では、特に企業家精神をもった人材が必要とされるが、同時に資本主義のルールの下で行政組織や企業を動かしていくために、経営・財務会計・人事管理・法律等の多くの分野の専門家が必要となってくる。市場経済化以降のモンゴルが抱えるもうひとつの人材の問題は、新しい技術に対応できる技術者の不足である。

4.2 対象ソム・センターの社会事情

ソム・センターの教育サービスはこの数年、昼間の電力供給がほとんど行われていないため工作機械や外国語のラボ教室が使用できない事と、かつての集中暖房が運営出来なくなり、冬の間の暖房が個別暖房に変わってから十分な暖房が得られなくなったことにより、施設面では悪化してきているといえる。また、人材面でも教員の給与の遅配や給与水準の低さのために、教師の熱意の低下が多く、ソムで指摘されてきている。

多くのソムにおいて電気供給が不安定になったために、病院にある煮沸消毒器・ワクチン用冷蔵庫・レントゲン・照明といった電気器具を十分活用できず、また施設・機材も壊れたまま放置されていることが多く、ソム・センターの保健医療サービスはこの数年、施設的には悪化の傾向にある。

ソム・センターにおける貧困層の生活の特徴は、現金収入が少なく、わずかに所有している家畜にかなり依存した生活をしている世帯が多いことであり、食料や衣料品や生活用品の購入も家畜と物々交換で行っている世帯が多い。したがって家畜を持たない貧困世帯はかなり生活がきびしく、親戚からもらう肉や乳製品（チーズ類）によってなんとか生き延びているといってもよい状況である。また、貧困世帯以外にも見られる傾向であるが、10代、20代の若い未婚の母親がかなりの数見受けられる。

対象ソムにおける社会インフラおよび社会サービスの現状に対する満足度を調査した結果、半数以上のソムにおいて、電力不足から学校におけるコンピュータ、病院における手術施設の利用不可、および生産工場が稼働できないなどが、最も現状に不満足な項目としてあがった。

5. 電力・エネルギーセクターの現況と開発計画

5.1 電力・エネルギー政策と行政組織

モンゴル国には、石炭・石油資源（未開発）に加えて、太陽光・風力などと言った再生可能エネルギー資源が豊富である。これら再生可能エネルギーを利用する事によりエネルギーの自給を達成出来る事から、輸入の燃料費を節約して外貨流出の抑制効果を期待している。また、併せて地球環境保護にも貢献出来るとしている。

インフラ開発省戦略計画・総合政策局エネルギー部は、基本的に政策立案のみを担当しており、実際の電力事業はエネルギー管理庁とソムによって運営されている。すなわち、エネルギー管理庁は各電力系統と火力発電所およびアイマグ・センターにおける独立型ディーゼル発電所を運営し、ソムはソム・センターにおける独立型ディーゼル発電所及び配電線を運営している。小水力発電所は一部独立民間発電所はあるものの、大部分はエネルギー管理庁傘下の水力開発公社（UCS）が運営している。また、再生可能エネルギーの研究および実験を行っているのが再生可能エネルギー公社であるが、太陽光発電システムの生産・販売に関しては、郵政・通信管理庁（Post and Telecommunication Authority）が 1998 年に太陽光発電部を設立し、新しく太陽光発電生産ラインを稼働しはじめた。

モンゴル国政府では、現在電気事業法の改訂とそれに伴うエネルギー管理庁の組織改革を検討中であるが、ソム・センターにおける電力施設の運営・維持管理の体制については、当分の間大幅な変更はないだろうと見込まれている。しかし、エネルギー管理庁の組織再編に伴い、エネルギー管理庁が新たにソム・レベルの発電や再生可能エネルギーによる発電を担当するようになる可能性もある。

5.2 既存設備の現状と課題

(1) 発電設備

系統の電源設備は全て石炭燃焼火力発電所であり、補修・改修中のものもあるが大半は老朽化し、発電効率が低下している。中央電力系統の 1997 年のピーク負荷は 507MW であり、可能発電出力は 523MW であった。事故・故障や保守・点検による発電機停止による供給力の不足は、ロシアからの電力輸入に依存している。今後とも、伸び続けている系統間の電力需要を満たすにはロシアより電力輸入を継続するか或いは新たな発電設備の建設を計画せざるを得ない現況にある。発電設備の概要を表 I.5-1 に示す。

表 I.5-1 発電設備の概要

項目	発電所数	定格容量	可能出力	ロシアとの連系
CES火力	5	753 MW	633.3 MW	連系：ピーク供給
WES火力	3(Diesel)	(27.62 MW)	(24.3 MW)	連系：全電力供給
EES火力	2	38.5 MW	9.2 MW	単独
県ディーゼル	14	91.38 MW	71.3 MW	単独
小水力	5	3078 kW	2078 kW	単独

水力開発を担当している水力開発公社（UCS State Owned Co., Ltd.）によれば、北部および北西部には豊富な水力発電ポテンシャルがあり、開発可能なヶ所は全国で 76 ヶ所あり、1793MW の電力が得られると考えられている。既存水力発電設備としては、小規模水力設備が 5 ヶ所建設されているに過ぎない。これらは専ら付近のソム・センターに電力を供給しているが、冬期間には河川凍結により運転停止せざるを得ない状況にある。小水力開発地点は多々あり、順次開発調査を進めている段階にある。

一方、地方の県庁所在地においては、旧式ディーゼル発電機により電力を供給しているが、周辺ソム・センターへの供給を賄う程十分な容量は持っていないのが実情である。1997 年から USAID 等の援助機関により旧式ディーゼル発電機を更新中である。ディーゼル発電設備には火力発電所と同様の解決すべき問題が山積みしている。

- (a) 設備の老朽化による発電効率の低下
- (b) 所内電力損失の増大
- (c) スペア・パーツおよび工具の不足
- (d) 運営・維持管理予算の不足
- (e) 維持管理技術者の技術力不足

(2) 送配電設備

送電系統は、3つの独立した系統、即ち、(1) 中央電力系統（CES: Central Energy System）、(2) 西部電力系統（WES: West Energy System）、および (3) 東部電力系統（EES: East Energy System）から構成されている。CES が最も規模が大きく、比較的安定した電力供給を行っている。送配電系統の概要を表 I.5-2 に示す。

表 I.5-2 送配電系統の概要

電圧	架空線亘長	地中線亘長	総亘長	変電所数	総容量
220 kV	1145 km	(-)	1145 km	7	708 MVA
110 kV	3021 km	(-)	3021 km	58	2211 MVA
35 kV	3677 km	(-)	3677 km	162	390 MVA
10 kV	8999 km	664 km	9663 km	2494	605 MVA
0.4 kV	3931 km	1260 km	5191 km	(-)	(-)

CES と WES はロシア極東系統と連系しており、CES はピーク需要を、WES は全需要をロシアからの電力輸入に頼っている。送電系統の運転電圧は、220 kV、110 kV、35 kV の3種類である。

既設高圧配電方式は、10 kV 3 相 3 線放射状方式が採用されている。既設低圧配電方式は、400V (3 相) - 220V (単相) の 3 相 4 線放射状方式が採用されている。都市部においては、地中ケーブル配線方式を採用しており、ソム・センターを含む地方部においては、主として架空裸線配電方式を採用している。全ての設備が民主化以前に建設されたものであり、老朽化が著しく、事故・故障や配電ロスも多く需要家サービスが低下している。低圧配電線は架空裸線配電方式である為に雷害による被害が多いとの報告がある。

上述の如く、送配電設備には解決すべき問題が多々ある。以下に送配電設備の主要な問題点を列記する。

- (a) 系統安定度の低下
- (b) 事故・故障時の供給信頼度の低下
- (c) 長距離送電線による電力損失の増大
- (d) SCADA システム未導入による迅速対応の困難性
- (e) 非技術的損失を含む配電損失の増大
- (f) 配電施設の老朽化による事故・故障の増大
- (g) 運営・維持管理予算の不足
- (h) 料金徴収システムの未近代化

5.3 電力需給バランス

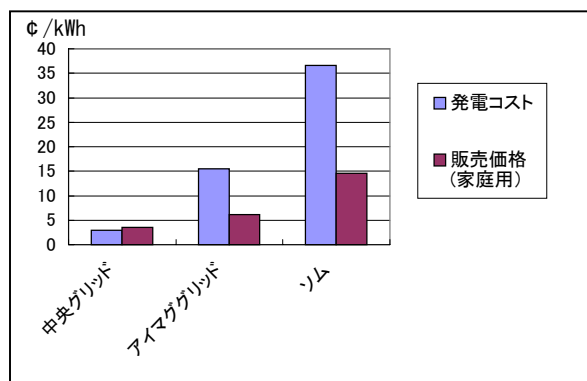
都市部への人口流入、住宅電化の高度化、中小企業育成等により電力需要は増大傾向にある。ロシアとの系統連系により電力需給バランスを保持しているが、系統の大型火力機脱落などの異常事態対応は不可能な状況にある。一方、独立系統の各県庁所在地においては、急激な需要増大の要因は少ないので、現有機材の有効活用で電力需給バランスを保持している。今後には発電設備の高効率運用と配電損失の軽減対策を実施し、電力需給バランスを保持する必要がある。各対象ソム・センターへの系統からの送電線延長には、系統全体の電力需給バランス、技術的・経済的問題や予算措置等も含めて今後検討する必要がある。

以上の事から、今後には全国の長距離送電線延長には下記事項を検討の上、対処する必要がある。

- (a) 経済性
- (b) 系統安定化対策および供給信頼度の向上対策
- (c) 需要家ニーズ

5.4 電気料金制度と料金システム

図 I.5-1 は中央、アイマグ、ソムの電気料金と発電コストを比較したものである。規模のより小さい地方になるほど発電コストは高く、またそれに併せて電気料金も高くなっている。中央グリッドは黒字であるが 1997 年度にエネルギー管理庁は 3-40 億 Tg の黒字を出している。地方の電力供給はすべて徴収した電気料金で発電コストを賄うことはできず、赤字になっている。表 I.5-3 に 1998 年時点におけるソム電気事業の電気料金体系を示す。



(出典：JICA Master Plan Study for Rural Power Supply ヒアリング)

図 I.5-1 電気料金と発電コスト

表 I.5-3 ソム電気事業の電気料金体系 (1998)

Unit: Tg/month

	Fixed Tariff (Tg/month)		Meter-Rate Tariff (Tg/kWh)	
			Household	Public Facilities
	Highest Category	Lowest Category		
Average	4,043	2,824	91	163
Max	7400	5000	150	400
Min	1500	800	40	55

出典：JICA Master Plan Study for Rural Power Supply, Inventory Survey

6. モンゴル国の再生可能エネルギー開発の現状と開発計画

6.1 設備普及状況

(1) 太陽光発電

モンゴルでは太陽光発電設備が北部、西部の一部の地域を除いた広い範囲で高いポテ

ンシャルが有ることがモンゴル気象庁、当調査のパイロット・プラント及び他国援助機関から入手したデータを分析した結果から明らかになった。現在、太陽光発電設備のコストは平均的なモンゴル人にとってはやや高価では有るが、遊牧民にはかなり多く利用されている事が明らかになった。これ以外ソム・センターでの学校、病院、通信設備等に広く使われており、一般のモンゴルの人々にも徐々に理解されつつある。現在モンゴル国内では太陽電池の生産販売と輸入販売の二種の販売会社がある。これらの販売会社が発電設備に必要とされる周辺機器の開発及び販売にそれぞれの会社が独自の工夫を行ない力を入れている。これらの事実から太陽光発電設備の普及が尚いっそう期待される。ソム・センターでは遊牧民が保有している太陽光発電設備のはっきりした数を把握出来ていないが、販売会社からの情報によると 1992 年以降で合計 700 セット以上の販売実績がある。利用箇所としてはソム・センター内の通信所に一番多く設置され、次いで多いのが遊牧民の保有台数である。その他の太陽光発電設備としては、日本の草の根無償、NEDO の実証実験、他国援助機関からの援助、本調査及び TACIS によるソム公共施設への据付等が行なわれている。小型太陽光発電設備の販売価格は太陽電池モジュールの大きさ、選定した周辺機器類及び蓄電池類等によって変わるが、平均すると 1Wp 当たり US \$ 6.3 ～9.5 で販売されている。これら太陽光発電設備は主に電灯、ラジオ、TV 及び通信機器等の電源として利用されている。

(2) 風力発電

モンゴルにおける風力発電利用設備は、遊牧民が用いているマーケットベースの小型風力発電機が大部分を占めている。その他の風力発電機として、本調査および TACIS によるソム公共施設への風力発電機の据付、日本の

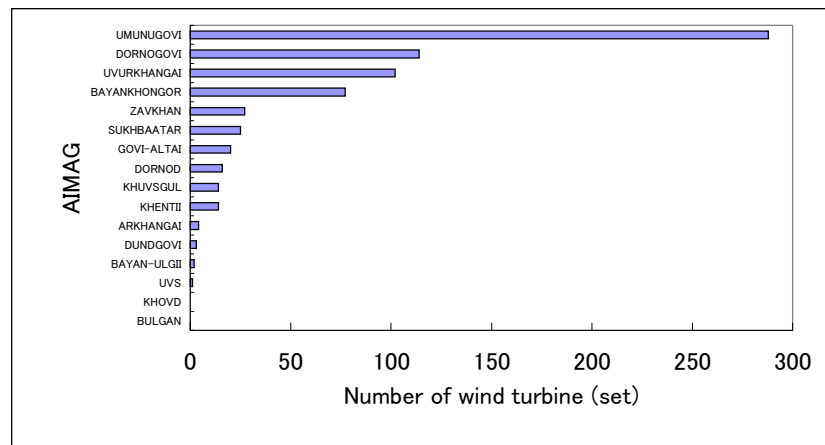


図 I.6-1 アイマグ別小型風力発電機保有台数

(出典：JICA Study Team Inventory Survey Oct. 1998)

NGO による病院への小型風力発電機等がある。小型風力発電機は、モンゴル国内で生産販売しているモンマー株式会社と、中国から輸入販売しているマルチン社がある。モンマー株式会社は、2000 年 3 月までに約 4000 台の販売実績を持っている。マルチン社は 1999 年 10 月までに約 560 台の販売実績を有している。この他に、個人が中国へ赴き購入するケースが多くあるため、実際にはさらに多くの台数が普及しているものと考えられている。

インベントリー調査の結果から、対象ソムで用いられている小型風力発電機は 706 台

であることがわかった。小型風力発電機の保有台数をアイマグ別に図 I. 6 - 1 に示す。この図から、ウムヌゴビ県が 288 台と最も多く南部ゴビ地域で多用されていることが明らかになった。その一方で、北西部の地域ではほとんど用いられていないことが判明した。ソムで用いられている風力発電機のうち固定しているのは、わずか 33 台である。このことから、遊牧民による可搬型風力発電機が多く利用されていることが判る。また、調査結果の 72% を中国製小型風力発電機が占めており、モンゴル製は 15% と中国製に比べて普及が遅れていることが判明した。この事実からも、個人が中国へ赴き購入するケースが多くあることが考えられる。

6.2 開発計画と課題

モンゴル国では太陽光発電設備として日本の草の根無償、NEDO の実証実験、他国援助機関からの援助、本調査及び TACIS によるソム公共施設への据付等が行なわれている。1999 年 10 月、政府はゲルの電化政策として“100,000 Solar Ger”プログラムを発表した。プログラムの内容としては各発電設備は 50~100 ワット程度の小型風力発電もしくは太陽光発電を利用し 2000 年~2005 年までに多くの遊牧民の家庭にリースする計画である。しかしながら、具体的な発電設備の選択の基準、応募方法等はまだ決定されてない。このプログラムでは、小さな事業の基盤づくり、失業者削減、生活レベルの向上を期待している。モンゴル全国レベルの太陽光発電設備の有効活用をする為には主としてソム・レベルでの人材の確保、低金利ローン、政府の定期的な運用管理及び技術指導、必要最低部品及び機器等の国内生産等がこれからの課題として挙げられる。

風力に関しては、USAID および TACIS が風力資源調査を行っている。USAID は、風況マップ作成を目標としている。TACIS はバヤンホンゴル県のバヤンウンドゥル、ボグド およびウブルハンガイ県のグチンウスの 3 ソムで風力発電機、太陽光発電機およびディーゼル発電機などを組み合わせた実証試験を開始している。ドイツ (GTZ) はモンゴル政府との技術協力で 1999 年 9 月から「再生可能エネルギー資源開発」プロジェクトを実施している。プロジェクトの期間は 30 ヶか月で目的は再生可能エネルギー利用による地方の民生のレベル向上である。このドイツのプロジェクトは主にザブハン県を対象としており、当県の各ソムでの電力供給を再生可能エネルギー利用の可能性調査、小水力発電のフィージビリティ・スタディ及び生産している資機材の品質向上、人材育成の為にトレーニング、新技術の導入等を行いながら他国援助期間と協力関係を作ることである。日本では、新エネルギー・産業開発機構 (NEDO) が太陽光発電システムを 1993 年から 1997 年まで実証実験を主に遊牧民を対象とし合計で 200 台の可搬型太陽光発電システム (200Wp) を配布し使用状況の調査を行った。この他に再生可能エネルギーに関する援助として草の根無償援助による太陽光発電設備の設置があり、これらの発電設備はソム・センターの小中学校における視聴覚機材の電源等に用いられている。

7. 対象ソム・センターの電力供給事業の現状と課題

7.1 発電設備の運営・維持管理の現状と課題

発電所の維持管理状況は、運転員個人の資質に大きく依存しており、廃墟のような建物の中にディーゼル発電機がほこりまみれのまま掃除もされずに置かれていて、部品が床に散乱し、掃除さえほとんどされたことのない発電所もあった。またソム・センターの通信所には太陽光パネルが設置されているところが多かったが、通信所の職員はバッテリー管理等についてまったくタッチしておらず、壊れてからアイマグ・センターの技術者に連絡して来てもらえばよいという態度であった。

今後の設備の維持管理においては、機械が壊れてから修理を考えるというよりは、機械が壊れないように日常の定期的な点検や日頃からの整理・整頓・清掃（3S）を主体とする予防的維持管理を重視すべきである。維持管理の体制もアイマグ・センターの技術者だけに任せるのではなく、発電所の運転員を対象に日常的な維持管理のために何をすべきかを機械設置時に十分トレーニングする必要がある。

7.2 財務・電気料金制度の現状と課題

ソムセンターの電気事業は恒常的に赤字である。実際にはソムには財務的信用はないため、借り入れ等により赤字を補填することもできず、直接・間接の補助金に頼って成立しているのが実状である。電気料金収入以外の収入（補助金、その他）だけでも収入の37.2%にも達する。公共料金収入も補助金の色彩が強い。ソムの電力需要の約80%は一般世帯であるにもかかわらず、収入面では一般世帯からの電気料金収入は収入全体の36.7%に過ぎない。これは固定料金制度に起因している（表 I.7-1 参照）。一方、支出のうち85.8%は燃料費である。補修・メンテナンス費は4.4%に過ぎず、投資経費に至っては1.9%のみである。このような財務体質では老朽化した設備を更新することはおろか保有する施設の持続的維持管理さえも覚束ない状況にある。

表 1.7-1 対象ソムにおける電気料金徴収方法

(単位：ソム・センター数)

	Household		Public facilities	
Use of Meter	21	12.1%	36	20.8%
Meter only	9	5.2%	31	17.9%
Meter/fixed charge	12	6.9%	5	2.9%
No Use of Meter	152	87.9%	137	79.2%
Total	173	100.0%	173	100.0%

出典：JICA Rural Electrification Master Plan, Inventory Survey

7.3 設備運用の現状と課題

系統連系されていないソム・センターの電力供給設備の内、発電設備は5つの小水力発電を除いて全てディーゼル発電機である。1997年以前のディーゼル発電機は全てロシア製で、その製造年が主に1970年から1980年代であったため、老朽化が進み電力供給に支障を来していた。1998年より、日本の無償援助によりディーゼル発電機の供与が始まり2000年6月現在、74ソム・センターに供与が完了、25ソム・センターに対する新たな供与が実施中である。さらに、同無償援助により80から90ソム・センターへのディーゼル発電機の供与も計画されている。このため、発電設備の老朽化の問題は解決されつつあるが、良好な電力供給を行うには、まだ多くの課題を残している。まず、電力供給事業が財政的に自立できていないため、燃料購入予算が不足し、電力供給は冬期の朝・夕に限定しているソム・センターが多い。調査対象167ソム・センター中、24時間電力供給を行っているのは、24ソム・センターのみ(14%)であった。また、全体として点検・修理、設備更新の予算が電力供給事業に含まれていないことおよび運転員の技術的能力の低いことが、持続的な電力供給事業の運営を困難なものとしている。

配電設備については、建設以来抜本的な改修は実施されておらず、電柱の傾きや碍子の破損が顕著である。15ソム・センターで実施したサンプル調査では、43%の電柱が傾き、36%の碍子が破損しているとの結果を得た。また、配電損失の大きいことも予想され、推定値として20～30%の配電損失が考えられる。事業主体の財政的問題に起因して、具体的改修計画もないため、5年から10年後には配電設備の荒廃により電力供給に重大な支障を来すことが予想される。

7.4 電力需要と電気料金制度

サンプル調査の結果では、定額料金の一般需要家の電力消費量は従量料金の一般需要家の 3-4.5 倍がある例が判明した。これを実際に支払っている kWh 当たりの料金に直すと結局メータで料金を払っているユーザーは固定料金の 2 倍以上の単価を支払っていることになる。苦しいソム・センターの電気事業の財務を改善するには料金制度そのものを合理化してコストの節減につとめる必要がある。

7.5 ディマンド・サイド・マネージメント適用の可能性と課題

ソム・センターの電力供給において、現在ディマンド・サイド・マネージメントを意識して適用している様子はない。一方、太陽光による発電量が多くなる夏期日中に、電気コンロや冷蔵庫を使用したいとの希望が高く、潜在需要の大きいことも確認できた。このような再生可能エネルギーの発電パターンと合致した需要を見極めると共に、発電パターンへの需要の誘導、また、発電パターンに合致した需要の創出を行うことにより、ディマンド・サイド・マネージメント適用の可能性は充分にあると考えられる。適用にあたっての課題として、需要の誘導については電力料金徴収体制の強化、需要の創出についてはソム・センターで真に必要なとしている需要の正確な把握である。

7.6 社会・経済的ニーズ

遊牧人口の割合が大きいモンゴルの地方部において、遊牧世帯に対する社会サービス提供の前線基地としてのソム・センターの役割は大きい。ソム・センターの病院と学校は、人材・施設面は一応整っているが、安定した電気供給がないこととソム・センターの予算不足のために、医療機材や教育機材を持っても活用できないでいるのが現状である。このようなソム・センターにおける社会サービスの低下は、若者層を中心とした住民のソム離れ、ウランバートル等の都市部への人口移動を呼び起こしている。今後、モンゴルが地方開発を目指すのであれば、まず第一にソム・センターにおける社会サービスを改善する必要があり、そのためには安定した電気供給を実現することが前提条件となる。

系統に連系していないソムでは、これまでソムが独自に電気料金を設定して住民から料金徴収して発電所を運営してきたが、ディーゼル燃料費の高騰のために電気供給が十分に行えない危機的状況に追い込まれている。今後は、中央政府もしくはエネルギー管理庁が、ソムに比べて安価な都市部の電気料金を値上げして、その増収分を原資に、系統に連系していないソムの発電事業に対して積極的に財政支援を行っていくことが必要である。

ソム・センターにおいては、全世帯の 10.3%が一人当たりの年間所得が 15,000 Tg. に満たない貧困世帯である。貧困層の多くは、年金生活世帯や母子世帯や失業者世帯や家畜が少なく、子沢山の世帯であり、現金収入が少なく、わずかに所有している家畜にかなり頼った生活をしているのが特徴である。ソム・センターによっては貧困世帯に対しては電気料金を割引もしくは免除しているところもあるが、同時に貧困層を対象とした所得向上プロジェクトを実施していくことが望ましい。

サンプル調査世帯の内の 81%が「電力供給時間をもっと延長してほしい」と答えている。冬期でも一番多いのは夜間であるが、これは電力供給の時間帯を早めて子供のTV時間帯に合わせたり、深夜番組が見たいという希望があるからである。朝の電力供給の希望は朝食の用意に灯りがほしいというものである。冬期の場合には特に夜明けが午前 8-9 時になるため、朝食をとる時間帯にも明かりが必要である。41%の希望はそうしたニーズを反映したものである。一方、夏は朝と同レベルで昼食時間帯での延長の希望がある。これは夏期は暑いために屋内で火力を使うよりも、電熱器で調理したいという希望が強いためである。

表 1.7.10-2 一ヶ月当たり最大支払可能額

単位 : Tg/month	
	1ヶ月当たり 最大支払い可能額
夏時間	4,945
夏 24 時間	6,563
冬 24 時間	6,873

出典 : JICA Master Plan Study for Rural Power Supply

電気料金については 70%が満足あるいは高いが支払えると答えている。ソムの発電機が破損したという仮定に基づく寄付の Willingness-To-Pay には平均で 15,130 Tg. の支払いをしてもいいと答えている。夏と冬では冬の電気供給に対する効用のほうが若干高い傾向がある。これは長い冬の夜を考えると当然のことである。一方、夏の夜間のみへの支払い意思額は 24 時間供給に対して 1,500 Tg. ほど低く、昼間の電気供給に対する価値が反映されていると考えることができる。

8. 対象ソム・センターに対する電力需要予測

8.1 現在の電力需要推定

電力消費の記録が全くないため、まず現状の電力需要を推定した。推定は一般世帯、BHN 関連施設、その他公共・民間企業、水供給の4分野に分けて行った。その結果が次の表 I. 8-1 である。一世帯当たりの平均電力需要は冬場は27kWh/月、夏場は17kWh/月である。その他の需要も加えた需要家当たりの平均電力需要は冬場は35kWh/月、夏場は26kWh/月である。

表 I. 8-1 現状の推定電力需要量

		Monthly consumption/Sum center (kWh)							
		Household	Hospital	School	Sum office	Water Supply	Other	Total	BHN
winter	Average	5,554	328	237	60	86	1,149	7,413	624
	Max	49,628	2,160	893	60	676	6,465	56,909	3,113
	Min	695	43	50	60	0	198	2,954	261
summer	Average	2,357	241	146	42	80	774	3,640	429
	Max	34,392	1,590	551	42	1,167	6,560	41,512	2,183
	min	357	32	31	42	0	65	847	184

8.2 電力需要予測

将来の需要は人口の変化、所得の伸び、電化率の向上等の社会要因で変わる。従い、将来の需要予測としては以下の仮定により行なった。

- (a) 2005 年は現状の電気需要が維持されるものと仮定した。
- (b) 2010 年には電気加入率が 100%達成されるものとし、更に人口の変化が反映されるものと仮定した。
- (c) 人口の増加率は過去 2 年間の増加率がマイナスのソム・センターについては、この減少に歯止めがかかり、0%で推移するものとした。
- (d) 過去 2 年間の人口変化が 1992 年からの 5 年間の変化よりも小さいものについては過去 2 年間の増加率が続くものと仮定し、なおかつ増加率の上限は年率で 10%とした。
- (e) 最近 2 年間の増加率が 1992 年から 5 年間よりも大きいものについては 10%を上限として、平均値を適用した。

(f) 2015 年の需要については 2005 年－2010 年の人口増加が継続するものとして計算した。

図 I. 8-1 は冬の 1 ヶ月の 1 ソム平均電力消費を予測したもので、図 I. 8-2 は夏の 1 ヶ月の 1 ソム平均電力消費を予測したものである。これらの総括を表 I. 8-2 に示す。

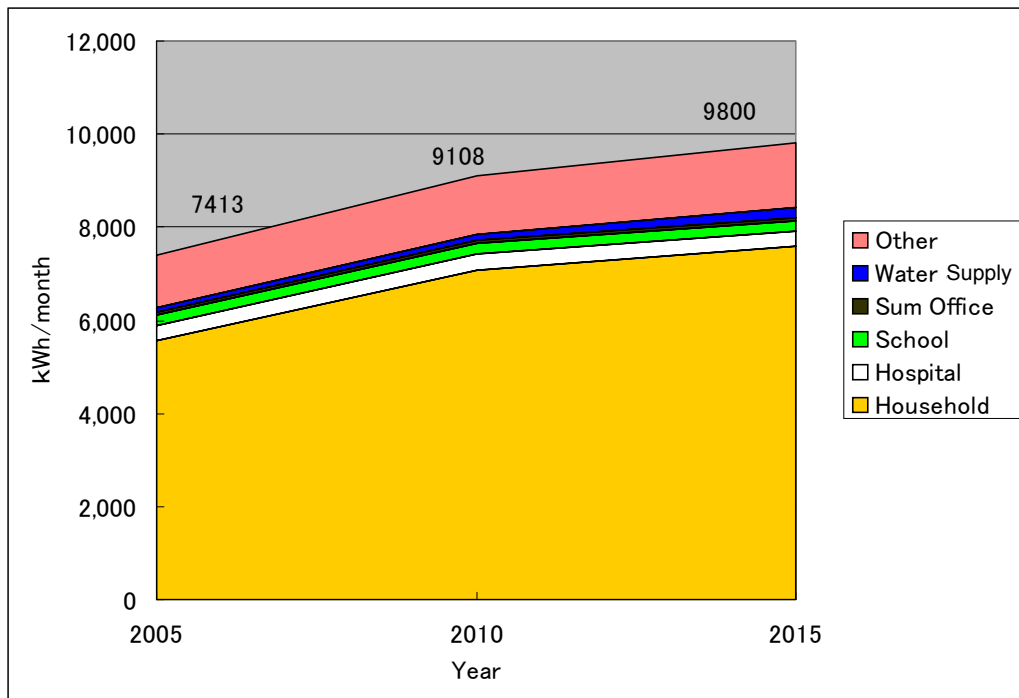


図 I. 8-1 ソム月平均電力需要（冬）

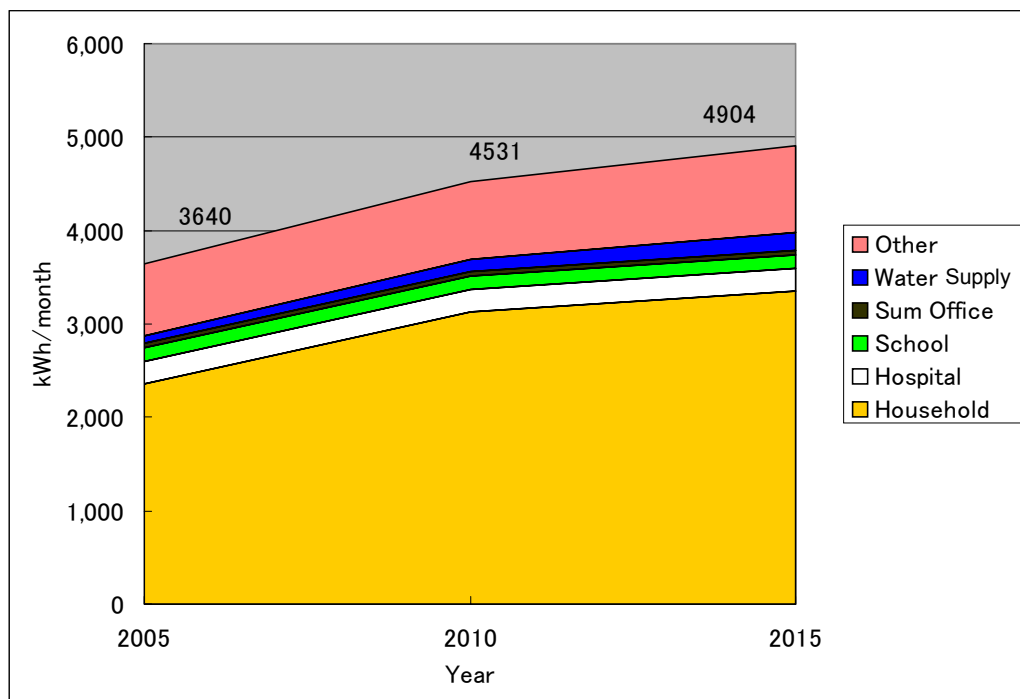


図 I. 8-2 ソム月平均電力需要（夏）

表 1.8-2 ソム別月間電力消費量予測総括

Unit: kWh/month

			Household	Hospital	School	Sum Office	Water Supply	Other	Total	BHN
2005	winter	total	960,818	56,678	40,941	10,380	14,957	198,693	1,282,467	108,000
		average	5,554	328	237	60	86	1,149	7,413	624
		max	49,628	2,160	893	60	676	6,465	56,909	3,113
		min	695	43	50	60	0	198	2,954	261
	summer	total	407,761	41,722	25,258	7,266	13,874	133,895	629,775	74,246
		average	2,357	241	146	42	80	774	3,640	429
		max	34,392	1,590	551	42	1,167	6,560	41,512	2,183
		min	357	32	31	42	0	65	847	184
2010	winter	total	1,227,137	56,678	40,941	10,380	24,033	216,502	1,575,671	108,000
		average	7,093	328	237	60	139	1,251	9,108	624
		max	52,145	2,160	893	60	918	8,251	61,212	3,113
		min	2,431	43	50	60	0	198	3,436	261
	summer	total	541,826	41,722	25,258	7,266	22,316	145,416	783,803	74,246
		average	3,132	241	146	42	129	841	4,531	429
		max	34,392	1,590	551	42	1,208	8,373	43,324	2,183
		min	480	32	31	42	0	65	952	184
2015	winter	total	1,312,933	56,678	40,941	10,380	35,932	238,564	1,695,429	108,000
		average	7,589	328	237	60	208	1,379	9,800	624
		max	66,552	2,160	893	60	1,439	10,531	79,337	3,113
		min	2,730	43	50	60	0	198	3,573	261
	summer	total	580,172	41,722	25,258	7,266	34,343	159,671	848,432	74,246
		average	3,354	241	146	42	199	923	4,904	429
		max	43,894	1,590	551	42	2,610	10,686	57,749	2,183
		min	480	32	31	42	15	65	952	184

8.3 ディマンド・サイド・マネージメント・プラン

再生可能エネルギーによる電力供給を前提とした場合、電源の間欠性が高いため、負荷側をコントロールするディマンド・サイド・マネージメント (Demand Side Management; DSM) は、エネルギーの効率的利用に重要な役割を果たす。本マスタープランでは、DSM の有効な手段として①教育・啓蒙活動、②需要のシフト、③新たな需要の創出の 3 点を提案している。但し、DSM の具体的な適用は各ソム・センターの社会環境や自主性に大きく依存する。このため、需要予測において DSM の効果を数値として反映させるに際しては、実現性の高い水のポンプアップ需要についてのみ取上げた。

9. 電力開発計画及び再生可能エネルギー開発計画と各国援助機関の動向

9.1 他の援助国、国際機関等の計画

電力セクターに於ける援助動向で主要なものとしては、アジア開発銀行（ADB）の有償資金協力事業と TACIS 及び USAID の調査・開発計画及び無償資金協力事業の 3 つの協力事業により実施されている。いずれもウランバートル市および県の中心地・大都市を対象としており、地方ソム・センターを対象とする本計画とは対象範囲外であり整合性は取れている。

9.2 我が国の援助実施状況

我が国の対モンゴル支援は 1991 年に飛躍的に増大し、2 国間ベースでは同国にたいする最大の援助国となっている。モンゴル国に対する経済協力総額は、1991 年度約 85 億円、1992 年度約 70 億円、1993 年度約 96 億円、1994 年度約 129 億円、1995 年度約 126 億円、1996 年度約 107 億円、1997 年度約 92 億円となっている。これ迄の具体的な協力策としては、経済安定化の為の資金協力（商品借款、ノンプロ無償）、経済情勢悪化の中で困窮する国民に対する人道支援（食糧、食糧増産援助等）、中長期の経済発展の基礎となるインフラ整備への無償及び有償資金協力、開発調査協力、技術協力等である。本計画に関連するものとしては、ソム・センター発電施設改修計画（無償資金協力）があり、現在建設を進めている。

9.3 再生可能エネルギー開発計画と各国援助機関の動向

再生可能エネルギー分野では USAID 及び TACIS は風力発電分野での風力資源調査を行っている。USAID の場合、測定に基づきモンゴル国の風力資源マップを作成する予定であるが、現在の処、実際に風力発電を実施する計画は立っていない。TACIS は測定した 5 地点の中から 3 地点を選び 1999 年 10 月の最終の週にパイロット・プラント据付を完成させた。

モンゴルとドイツ（GTZ）両国政府の技術協力で 1999 年 9 月 1 日から「再生可能エネルギー資源開発」プロジェクトを実施している。プロジェクトの期間は 30 ヶ月で目的は再生可能エネルギー利用による地方の民生のレベル向上である。本プロジェクトは主にサブハン県を対象としており、当県の各ソムでの電力供給を再生可能エネルギー利用の可能性の調査、小水力発電のフィージビリティ・スタディ及び生産している企業の品質向上、人材育成の為のトレーニング、新技術の導入を図る等を行いながら他国援助機関と協力関係を作ることである。

日本の場合、新エネルギー・産業開発機構（NEDO）が太陽光発電システムを 1993 年から 1997 年まで実証実験を主に遊牧民を対象とし合計で 200 台の可搬型太陽光発電システム（200Wp）を配布し使用状況の調査を行った。この他に再生可能エネルギーに関する援助として草の根無償援助による太陽光発電設備の設置があり、これらの発電設備はソム・センターの小中学校における視聴覚機材の電源等に用いられている。

10. 地方電力供給マスタープラン

10.1 送電線延長による電力供給計画

対象ソムの主要電源を送電線により中央電力系統の電源から供給するか、ソムの独立電源にするかの判断は主として経済的な要因による。投資・運転を含む 2 つの方法のライフサイクルを通じた発電コストを算出し、これを比較すれば明確な判断を下すことができる。

送電線延長と独立電化（ディーゼル発電）費用を比較し、発電費用が等しくなる点すなわちブレイク・イーブン・ポイント（Break Even Point：BEP と呼ぶ）を算出し検討を行なった。この BEP は中央送電網から延長してその範囲に入るソムは中央送電網からの送電線延長による電化が経済的に最適となる。その距離は 50km であった。

実際に対象ソムの中で送電線延長の売電コストが距離（50 km）以内であるソム・センターを抽出した結果、以下の 4 ヶ所のソム・センターが送電線延長の方が経済的に妥当であるという結果が得られた。

表 I.10-1 送電線延長のソム・センター

No.	ID	Sum	Aimag	Distance (km)
1	63	SUKHBAATAR	SUKHBAATAR	40
2	110	TOSONTSENDEL	KHUVSGUL	47
3	170	BAYAN-NUUR	BAYAN-ULGII	15
4	171	ALTAN-TSUGTS	BAYAN-ULGII	5

10.2 独立電源による電力供給計画

独立電源による電力供給計画では 2005 年、2010 年、2015 年の 3 断面について、まず社会・経済的観点より各断面での電力供給のレベルを決定し、それを実現させるための電力供給方法を検討した。

(1) 電力供給レベル

2005 年

2005 年ではソムにおける BHN の向上を最優先させ、電力供給レベルを次の通り定めた。

- 学校・病院・ソム役場に対しては 24 時間安定電力供給
- 上記以外の需要家については、その供給レベルを各ソムの自主性に委ねる

2010 年

2010 年では電力供給事業の運営状況の改善と、ソム・センターの社会・経済状況の好転が期待できるため、電力供給レベルとしてソム・センター全需要家への 24 時間安定電力供給とする。

2015 年

2010 年と同様、ソム・センターの全需要家への 24 時間安定電力供給を、電力供給レベルとする。

(2) 電力供給計画

2005 年

2005 年の電力供給レベルを実現する方法として、以下のシステムを計画する。

- ディーゼル発電機単独
- 再生可能エネルギーとディーゼル発電機の組合せ

ここで再生可能エネルギーによる電力供給は以下の方針に従うものとする。

- 再生可能エネルギーによる電力供給は 3 公共施設（学校・病院・役場）に限定する
- 3 公共施設に対する再生可能エネルギーによる 24 時間供給は夏期に限定する
- 冬期の電力供給不足分、安定性維持はディーゼル発電機で行う

2010 年

電力供給のシステムは 2005 年と同様とし、再生可能エネルギーによる電力供給は以下の方針とする。

- 再生可能エネルギーによる電力供給対象をソム・センターの全需要家とする
- 再生可能エネルギーでの 24 時間供給は夏期に限定する
- 冬期の電力供給不足分、安定性維持はディーゼル発電機で行う

2015 年

冬期の電力供給は基本的にディーゼル発電機に依存していたものを、2015 年では、年間通して再生可能エネルギーによる電力供給を目指して、以下のシステムを計画する。

- 再生可能エネルギーと燃料電池（水素製造・貯蔵装置を含む）の組合せ
- 燃料電池（水素貯蔵装置を含む）単独

（３）小水力発電

小水力発電による電力供給システムは、既存 F/S レポートを詳細に検討した結果、2ヶ所（ムンフハイルハン、バルントゥルーン）が本計画に最適であると評価された。表 I. 10-2 に各小水力発電所の諸元を示す。

表 I. 10-2 各小水力発電所の緒元

Hydro-P/S	Aimag	Main Dam H x L	Design Flow	Gross Head	Installed Capacity	Type of P/S	Type of Turbine	Speed	Line Voltage	Line Length to Load
		(m x m)	(m ³ /s)	(m)	(kW)			(rpm)	(kV)	(km)
Monkhairkhan	Khovd	2.5 x 90	2.5	8	150	Run-off River	Cross- Flow	375	10	4
Baruunturuun	Uvs	7.6 x 260	3.5	11	200	Dam toe	Cross- Flow	375	10	5

(Data Source: UCS in July 1999)

10.3 各ソム・センターの最適電力供給システム**（１）最適電力システム**

第 10.1 節で説明したように、送電線延長による電力供給は調査対象ソム中 4 ソム・センターに限られている。独立電源となるソム・センターの最適電力供給システムでは、電源として、ディーゼル発電機、再生可能エネルギー、燃料電池を採用した。その内再生可

能エネルギーは、太陽光、風力、小水力である。

2005 年、2010 年の計画に限り安定した電力供給を実現するため、全ての独立電源によるソム・センターにディーゼル発電機を設置する計画とした。供給システムのイメージを巻頭の図に示す。

再生可能エネルギーの適用に当たっては、小水力では完成度の高い英文 F/S レポートのあることを前提に、2 ソム・センターを選定した。また、ソム自身で小水力発電を導入したホブト県マンハン・ソム・センターに対しては、2010 年に小水力のリハビリを行うこととした。

太陽光、風力については、収集したモンゴル気象庁のデータに補正を加え、それを基に以下の適用基準を定めた。

太陽光

(2005 年、2010 年の基準)

- 日射量が $4.0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ 以上

(2015 年の基準)

- 上記で選定したソム・センターに加え、それらソム・センターとの位置関係や地形の形状から $4.0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ に近い日射量が期待できるソム・センター

風力

(2005 年、2010 年の基準)

- 地上高 10 m の年間平均風速が 4.1 m/s 以上
- 年間で平均風速が最低となる 7 月と 8 月の地上高 10 m の平均風速が 3.7 m/s 以上

(2015 年の基準)

- 地上高 10m の年間平均風速が 3.9 m/s 以上
- 年間平均風速が最低となる 7 月と 8 月の地上高 10 m の平均風速が 3.5 m/s 以上
- 2015 年になると、風力発電機の低風速域での性能向上および価格低下が期待できるため、平均風速のさらに低い地域においても風力発電の利用が可能になる。

この基準により選定されたソム・センター数は 2005 年、2010 年で太陽光が 123、風力が 45 である。風力の適用に選定されたソム・センターには全て、太陽光も適用するため、45 ソム・センターは太陽光と風力のハイブリット・システムとなる。2015 年では、太陽光が 148 ソム・センター、風力が 53 ソム・センターで先と同様、風力は全て太陽光とのハイブリット・システムとなる。

燃料電池は 2015 年頃には大幅な価格低下と性能向上が期待できる。輸入に依存のディーゼル燃料を使用せず、安定した電力供給を可能とするよう、2015 年には独立電源によるソム・センター全てに燃料電池の導入を計画した。

(2) 各開発年次における電源構成とソム・センター数

既設電源も含めた各断面における電源構成とそのソム・センター数は以下の通りである。但し、既設ディーゼル発電機については、日本の無償援助により導入の設備のみを考慮し、ロシア製ディーゼルは 2005 年の時点で全て退役するものと仮定した。また、ザミーン・ウッドは中国と送電線により連系されているが、送電線は鉄道の設備であるため、このソム・センターを独立電源のソム・センターとして数えた。

2005 年

■ ディーゼル単独：	38
■ ディーゼル＋太陽光：	77
■ ディーゼル＋太陽光＋風力：	45
■ ディーゼル＋小水力：	2
■ ディーゼル＋小水力＋太陽光：	1 (マンハン)
■ 系統連系：	4

2010 年

容量の増設はあるが、電源構成は 2005 年と同様である。

2015 年

■ 燃料電池＋水素製造・貯蔵装置＋太陽光：	93
■ 燃料電池＋水素製造・貯蔵装置＋太陽光＋風力：	53
■ 燃料電池＋水素製造・貯蔵装置＋太陽光＋小水力：	1 (バルーントゥルーン)
■ 燃料電池＋水素貯蔵装置：	14
■ 小水力：	1 (ムンフハイルハン)

- 小水力＋太陽光： 1（マンハン）
- 系統連系： 4

10.4 最適配電計画

配電計画の最適化を図る為には、まず現状が包含している問題点の解消を行わなければならない。その上で整備・増強計画を策定し、最適化を図る必要がある。表 I. 10-3 に既設配電設備における問題点と改善策を示す。

表 I. 10-3 既設配電設備における問題点と改善策

問題点	改善策
1. 配電損失の改善	1. 回路構成の変更および電線サイズの増加
2. 料金徴収システムの改善	2. 電力量計の取付けと従量制料金体系の採用
3. 接触事故および短絡事故による供給信頼度の低下	3. 架空絶縁撚電線又は架空電力ケーブルの採用、 需要家用安全装置（ブレーカ）の取付け
4. 落雷による機器損傷と長時間停電	4. 架空電力ケーブル又は地中電力ケーブル配線、 避雷器および絶縁変圧器の取付け
5. 運営・維持管理の効率化・迅速化	5. ネットワーク通信利用による一元管理 計算機利用による業務の迅速化・効率化
6. 設備の老朽化	6. 資機材の更新による近代化

上述の問題点と改善策の検討および電力需要予測に基づき、最適配電計画を策定した。最適配電計画は、電源計画との整合性を図る観点から検討対象断面を 2005 年、2010 年、2015 年とし、経済性や社会的ニーズおよび緊急性を考慮して段階的改善を企図して目標年次である 2015 年に最適化・完全化を図るものとした。各対象年における最適配電計画を表 I. 10-4 に示す。また、図 I. 10-1 に 2005 年から 2015 年までの配電計画図を示す。

表 I. 10-4 各対象年における最適配電計画

対象年	最適配電計画
2005年	1 電力量計設置と従量制料金体系への移行 2 需要家用安全ブレーカの設置 3 病院・学校・役場への新規配電線の建設
2010年	1 回路構成変更と電線サイズ増加 2 既設電力設備の更新 3 雷害対策
2015年	1 配電システムの拡張・拡充 2 電気事業運営の効率化・多機能化

10.5 電力供給設備運用計画

(1) 電力供給設備

太陽光や風力発電は間欠性の強い性質上、安定的な電力供給が可能な系統連系やディーゼル発電機に比較し、運用方法の工夫によって、エネルギーの利用効率を向上させられる余地が大きい。

エネルギー利用効率を高めることを目的とした再生可能エネルギー設備の主な運用計画は次の通りである。

(a) インバータの無負荷損失の低減：

オフピーク時には、必要最小数量のインバータを運転し、無負荷損失を抑える。

(b) 浪費電力の削減：

3 公共施設にメインスイッチを設け、休日や夜間など施設が無人となる時間帯、スイッチの切り忘れなどによる電力の浪費を防ぐ。

(c) 余剰電力の有効利用：

夏期日中に余剰電力の発生することが予想される。余剰電力を有効に利用するため、病院内への温水器の設置など各ソムそれぞれのニーズに合った工夫が必要である。

(d) バッテリー充電所の設置：

太陽光発電導入ソム・センターであれば、バッテリー充電所を設置し日中各需要家個人のバッテリーを充電することで、余剰電力による一般需要家への電力供給も可能となる。

(2) インテリジェント管理システム

迅速且つ効率的な運営・維持管理を目指す為に、2015 年を目標にインテリジェント管理システムの構築を計画した。システムの構成要素(端末)には各種機能を持たせ、コンピュータと通信ネットワークを有効活用した運営・維持管理業務のインテリジェント化を図るものとした。表 I. 10-5 に構成システムの運営・維持管理機能を示す。

表 I. 10-5 構成システムの運営・維持管理機能

監視制御機器	SNTサーバ	ANTサーバ	ENET	MOIT
1. 運転状態データの表示・送出 2. 故障表示・送出 3. 気象観測データの表示・送出 4. 燃料データの表示・送出 5. 配電・負荷状態の表示・送出 6. 熱管理データの表示・送出 7. エネルギー管理データの送出 8. 公共サービスデータの送出	1. 各種監視制御機器の運転データ収集・送出 2. 事故・故障記録データの整理・送出 3. 運営データの整理・送出 4. 点検保守データの整理・送出 5. 指示操作記録の作成・送出 6. 燃料使用・販売データの整理・送出	1. 各種監視制御機器の運転データ収集・送出 2. 事故・故障記録データの整理・送出 3. 運営データの整理・送出 4. 点検保守データの整理・送出 5. 最適運用計画の作成・送出 6. 維持管理計画の作成・実施	1. 各種監視制御機器の運転データ収集・分析 2. 事故・故障記録データの整理・分析 3. 運営データの整理・分析 4. 点検保守データの整理・分析 5. 最適運用計画の検討・指示 6. 維持管理計画の検討・指示 7. 各種資料の保存	1. 運営データの分析・政策決定 2. 維持管理データの分析・改善案作成・指示 3. 各種資料の保存 4. 他エージェンツとのデータ共有化調整、インテリジェント化政策の策定 5. 総合エネルギー管理政策の策定と行政指導

上述の構成システムの機能性を十分に発揮する為に、各対象年に於いて段階的にインテリジェント管理システム構築を計画した。表 I. 10-6 に各対象年におけるシステム構築計画を示す。また、添付図 I. 10-2 にインテリジェント管理システムの構成図を示す。

表 I. 10-6 各対象年におけるインテリジェント管理システム構築計画

計画年	計画内容	
2005年	1	各基地でのサーバ設置
	2	観測機器設置およびデータ収集
	3	業務の自力処理・効率化
2010年	1	観測システムの拡大および大規模データ処理
	2	管理用サーバの設置
	3	業務処理の自動化・高効率化
2015年	1	運営・維持管理業務の完全自動化
	2	広域支援システムの導入

10.6 実施計画

(1) 概要

本計画で実施される対象プロジェクト・サイトは 167 ソム・センターである。以下に第 1 期計画の概要を記述する。

- (a) 実施機関： インフラ開発省
- (b) プロジェクト・サイト： 送電線延長； 4 ケ所
ディーゼル発電単独； 38 ケ所
小水力発電； 2 ケ所
太陽光・風力発電； 123 ケ所
- (c) 施設内容： 各対象年毎の施設内容を表 I. 10-7 に示す。

表 I. 10-7 各対象年の計画施設内容

設備内容	2005年(第1期)		2010年(第2期)		2015年(第3期)	
	数量	詳細内容	数量	詳細内容	数量	詳細内容
系統連系	(4ヶ所)		(4ヶ所)		(4ヶ所)	
ディーゼル発電機	65ヶ所		0		0	全て退役
太陽光発電設備	123ヶ所	新設、小規模	123ヶ所	増設、大規模	148ヶ所	増・新設
風力発電設備	45ヶ所	新設、小規模	45ヶ所	増設、大規模	53ヶ所	増・新設
小水力発電設備	2ヶ所	新設、小規模	1ヶ所	既設改修	(3ヶ所)	新設は無し
水素製造設備	0		0		137ヶ所	新設
水素貯蔵設備	0		0		161ヶ所	新設
燃料電池発電設備	0		0		161ヶ所	新設
配電設備	376 km	変圧器334台	7014 km	変圧器668台	42 km	配線拡張のみ
屋内外配線	90 km	病院、学校等	400 km	一般需要家	10 km	一般需要家拡張
管理システム設備	350台	新設サーバ	354台	サーバ更新	0 台	ソフト更新のみ
気象観測設備	105ヶ所	新設	0	継続使用	0	継続使用
発電所建屋	123ヶ所	新設	0	継続使用	39	新設

(2) 実施工程

- (a) 実施方針： ・目標年次 2015 年までの 3 段階開発
・レビューおよび詳細設計；10 ヶ月
・コンサルタントの雇用
- (b) コンサルタント業務： レビュー、詳細設計および施工管理業務
- (c) 実施工程： 提言の全体実施工程表を参照（添付表 I. 10-8 参照）

- (d) モンゴル側実施体制： インフラ開発省による実施体制の確立
(下図 I. 10-3 に提言の組織図を示す)。

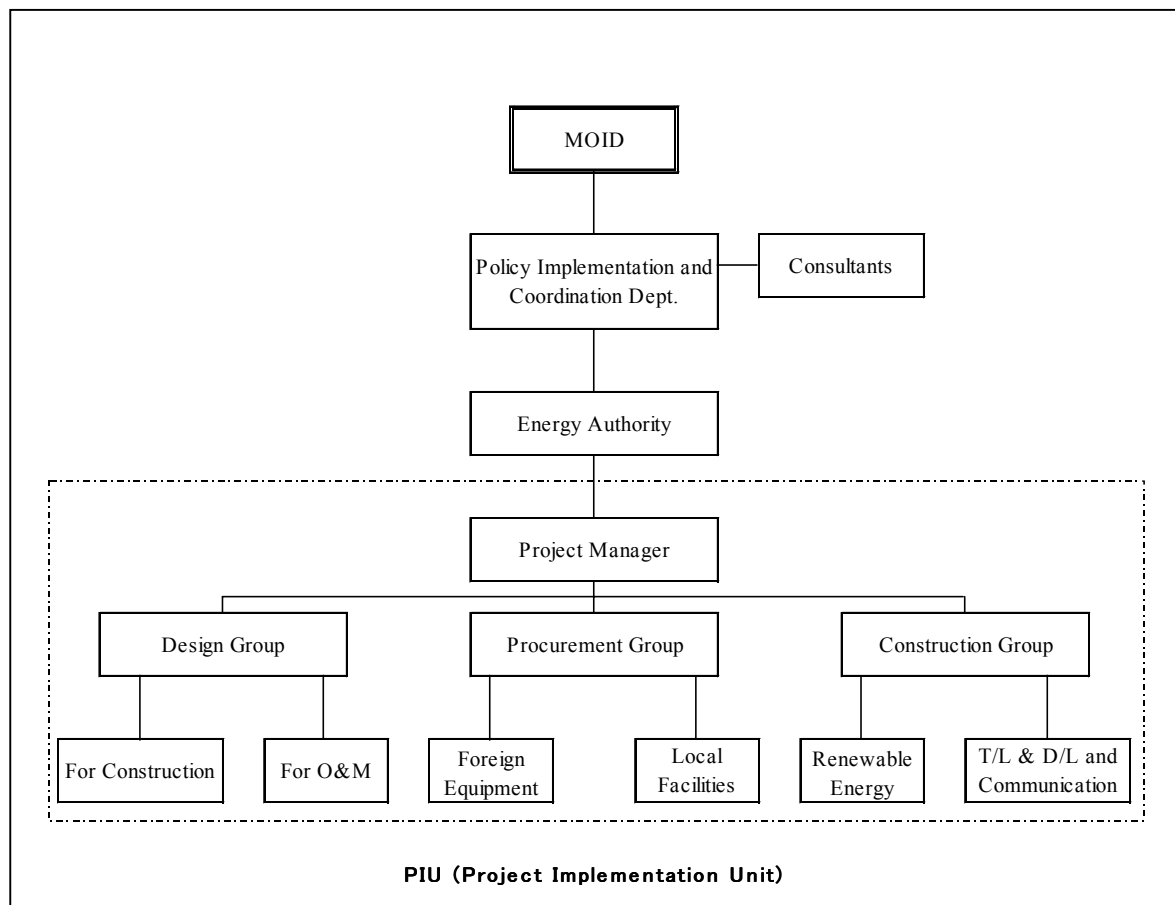


図 I. 10-3 計画実施組織図

10.7 概算事業費

対象 167 ソム・センターの発配電施設の資機材とインテリジェント管理システムを構成するアイマグ・センター、エネルギー管理庁およびインフラ開発省等の資機材、全据付工事およびコンサルタント費を含む全事業費を積算した。

積算条件は下記の通りである。

- | | |
|----------|--|
| (a) 積算内容 | : 機材費、輸送費、据付工事費、設計管理費 |
| (b) 見積時点 | : 1999 年時点の見積りを基に、2005 年、2010 年、2015 年の各ステージに 2004 年、2009 年、2014 年を対応させ価格を予想しこれを積算時点とした。 |
| (c) 調達形態 | : 国際一般競争入札を前提とした。 |

(d) 積算通貨	: US Dollar
(e) 交換レート	: USD 1.0 = Japanese Yen 110 = Mongolian Tg 1,000

各ステージにおける概算事業費の総額は下記の通りである。事業費の内訳を添付表 I. 10-9, に示す。

(1) 2005年	US \$ 23,814,000-
(2) 2010年	US \$ 43,858,000-
(3) 2015年	US \$ 80,490,000-

10.8 技術移転計画

今後この地方電力供給マスタープランの実現化に日本が関わった場合、実施すべき技術移転について記述する。

(1) 社会・経済調査に関する技術移転

社会・経済調査は特に基本計画立案時重要である。今回のマスタープラン策定作業の中で、現地調査に同行しアンケートの集計作業などを共に実施したローカル・コンサルタントおよび再生可能エネルギー公社に対しては、効率的でより高度な技術移転ができた。

今後、マスタープランを実現化する過程の中で、ローカル・コンサルタントや再生可能エネルギー公社を積極的に採用し、実作業を通しての技術移転が重要である。

(2) 気象調査に関する技術移転

再生可能エネルギーを利用した電力供給を行うためには、モンゴル各地における正確な気象データの収集と分析をおこなう技術が必要不可欠である。マスタープランの中で、今後、モンゴル全国に精密気象観測機器の設置を提案している。これら、データの収集・分析技術を高めるため、日本から専門家の派遣や、モンゴルから日本への長期研修受入などが効果的と考える。

(3) システム計画・設計に関する技術移転

社会・経済調査と同様、モンゴル側の民間セクターを、作業全般に積極的に取り込むことにより、効率的技術移転が可能となろう。

(4) 施設の運営・維持管理に関する技術移転

施設の運営・維持管理体制の構築と運営・維持管理能力の向上が、本マスタープランの成否を決定的に左右する。その意味で、この分野の技術移転は相当力を入れる必要があり、下記による技術移転を提案する。

- 計画実施時における現地での長期の技術研修
- 恒常的な技術研修施設の設立とその運営体制の設立
- 運営・維持管理に係る専門家の派遣

10.9 計画の評価

2005 年のステージでは、BHN に的を絞り設備を必要最小限の規模とし、計画実施のコストを押さえた実現性の高いシステムとなった。2010 年のシステムでは、再生可能エネルギーによる電力供給の対象が全需要家となる。このためバッテリー容量も大きくなり、各ソムの設備運営・維持能力の重要性がさらに高まる。DSM の効果も大きくなるため、各ソムの取り組みが試されることになる。2015 年では、環境を重視した理想的なシステムとなる。やや斬新な計画にも見えるが、今起きているエネルギー分野の急激な革新を考慮すると、十分に実現可能な計画といえる。太陽光・風力発電設備を導入する事により、2005 年では 1.195 GWh/年、2010 年は 9.8 GWh/年および 2015 年では 34.7 GWh/年の再生可能エネルギーを有効活用できる計画である。

11. 省力化・省エネルギーと環境保護対策への提言

11.1 環境影響評価と提言

モンゴル国の環境保護法においては、開発プロジェクトが環境に与える影響を事前に予測・評価することによって、環境破壊を未然に防ぐことを目的に、環境影響評価制度が定められている。環境影響評価は自然環境省の環境影響評価部が担当し、プロジェクト実施者がプロジェクトの計画書を自然環境省と地方政府に提出し、事前審査（スクリーニング）によって環境への多大な影響が予想されると判断された場合のみ、自然環境省の認可を受けたモンゴルの環境影響評価会社によって環境影響評価が実施されることが義務づけられている。モンゴルでは石炭火力発電所やディーゼル発電所による大気汚染が進んでおり、環境保護の観点からは再生可能エネルギーを利用したクリーンな電源を増やしていく必要がある。

モンゴルにおいておそらく最大の環境問題は、ウランバートルをはじめとする大都市への過度の人口集中の傾向が見られることであろう。首都のウランバートルでは、増えすぎた人口に対して教育や医療等の社会サービスが十分に供給できない状況になっており、また首都での畜肉等の販売をめざして、遊牧民が家畜とともに首都周辺部に集まってくる傾向も見られ、首都周辺の草原の劣化を招いている。国会では首都移転の計画も検討されているが、大都市への人口流入を引き起こしている根本的な原因である地方軽視あるいは地方切り捨てともいえる大都市優遇の政策が転換されない限り、根本的な解決にはならないであろう。その意味で、ソムにおいて安定的な電気供給を行い、社会サービスを向上し地方での人々の生活を改善することは、環境保護の面からも大都市への人口流入を防ぐという点で大いに意義のあることといえる。

11.2 省力化・省エネルギーへの提言

省力化・省エネルギーについて以下の3点を提言する。

- (1) ソムの住民に対する省エネルギー教育・啓蒙活動
- (2) メータ制による電力料金徴収
- (3) 公共施設の屋内配線の改修

省力化・省エネルギーに関する教育・啓蒙活動をソムの住民に対し実施することにより、ソム住民の意識を変えていくことが最も重要である。これら教育・啓蒙活動は、学校の授業の中でも積極的に実施していくことが効果的と考える。

メータ制を導入することにより、各需要家が電力を大切に使う意識になることは明白である。メータの校正や検針など、電力供給者側の業務は増えるが、それを克服し是非導入すべきであろう。

公共施設の中で、過剰な既設照明設備や屋内配線の老朽化を原因として必要以上の電力が使用され、または多くの損失が予想される。これらを改善するため、屋内配線の改修は速効性のある対策といえる。

11.3 使用済みバッテリーの処理

本計画では2005年、2010年に導入したバッテリーを、それぞれ2010年、2015年に大量処理することになる。この処理を適切に行うことが、環境負荷を低減する上で重要な課題であり、その対策として以下を提言する。

- (1) バッテリーの購入先は ISO14000 の認証を取得した企業とする。
- (2) 2010 年の新規バッテリー導入時および 2015 年の燃料電池導入時には、これらの購入先に使用済みバッテリーの引き取りを義務付ける。
- (3) ソム・センターに適正なバッテリー処理の責任を持たせる
- (4) 将来的には大容量コンデンサの導入も検討する。

12. 電力事業運営・維持管理および料金・販売体制に関する提言

12.1 電力事業維持管理組織に関する提言

政策立案の機関であるインフラ開発省だけではソムの電気事業の開発を支援することは無理である。また、モンゴルの国土は広大で中央政府が対象ソム 167 を中央で管理するにはあまりに人手が不足、かつ交通も不便である。そのためアイマグといった地方レベルでの技術的な支援が必要である。現実的な選択肢としては電気事業の実施機関であるエネルギー管理庁の下部機関としてソム電気事業支援機関を設立することである。現在中央送電網系統に連系されているソムは当然の事ながらエネルギー管理庁の管理下にあるが、それらのソムでさえ十分にモニタリングされているとは言い難い。このような状況下で更に複雑なハイブリッドのシステムをエネルギー管理庁が管理できるかどうかは疑問である。しかし、社会組織が未発達なモンゴルにおいてエネルギー管理庁は数少ない機能する広域組織でもある。エネルギー管理庁が実施機関となる場合、このソム電気事業支援機関は他の業務とは切り離して独立させる必要がある。中央政府とエネルギー管理庁との間で業務委託契約に基づく責任関係のはっきりとした関係の樹立が必要である。添付図 I. 12-1 に運営体制の概要を示す。

12.2 電力事業運営体制に関する提言

中央からソムセンターに至るまでの三段階の運営組織がそれぞれの機能を効果的に発揮するためには満たされるべき条件がある。

1. 財源の確保
2. 人材の養成
3. 組織の養成

地方の電力供給は現況下、財務的赤字が不可避な事業である。従って財源の一部をソムセンター以外の財源を求める必要がある。現実的な財源はエネルギー管理庁である。エネルギー管理庁は現在行っているアイマグセンターに対する発電コストの補助の範囲をソムセンターにも拡張

する必要がある。ソム電気事業支援機関の機能をアイマグセンターレベルで確実に行うには中央からの財政援助が必要である。

第二の条件の人材の養成は実際には核となる部分である。現在の電気事業はディーゼル発電が中心でこのためメンテナンスの技術者は機械工学的な知識経験は積んでいるが、再生可能エネルギーに必要とされるより電気・電子的な技術はもっていない。そうした技術力に欠けた分野の補強が事業運営をスムーズに行っていくためには重要である。またソムセンターの電気事業は近代的な経営というよりは村の組合的な運営しか行っていない。これを改善していくには企業経営のマネジメント・經理の能力を持ったマネジャーの養成も重要である。

組織の養成は時間と労力を要する問題で、ソムの仲間内のぬるま湯的な経営を脱却するにはソム・センターの電気事業を厳しい環境におき、かつ発展的に指導していく必要がある。基本的な経営努力もできない状態では新しい発電システムを導入してもこれまでの多くの例のように稼働せずに放置される可能性も高く、まして細やかな維持管理体制を構築するのは不可能である。基本としてはソム・センターの電気事業に対する組織的な意識改革のため、次の原則を確立する必要がある。

原則 1. 自立的経営

原則 2. 競争原理の導入

競争原理を導入するには、導入前にソムの事前資格審査を行う方法が望まれる。経営能力があるソムに先導的に新しいシステムを導入することによって、ソムの間に経営合理化の意識が芽生えれば自ずからソムの電気事業の経営体制は改善していく。また、そうした先進的なソムを遅れているソムが観察することで技術移転が円滑に進むと考えられる。経営能力、技術力、メンテナンス体制などの項目更には将来の運用計画を各ソムに提出させて、審査の上位から導入するというシステムを構築しない限りどんなに新しいシステムを入れてもソムはいつまでも中央に依存して非効率な経営を続けていく可能性が高い。

新システム導入の前提条件として 2005 年までにソムのまず自己責任体制を確立しかつ資格審査の対象項目ともなる目標としては次の 3 つがある。

2005 年経営目標－自己責任体制の確立

1. メータ制の導入
2. 保守体制の確立・費用の積立
3. 経理・記録・帳票類の整備

2005 年の目標が達成されれば 2010 年、2015 年と徐々に経営水準を高いレベルにもっていくことができるようになる。2010 年、2015 年の目標は以下のとおりである。

2010 年経営目標－安定供給と技術力の蓄積

1. 通年運転
2. 設備更新費用の積立
3. 配電ロスの半減

2015 年経営目標－完全な自立発展

1. 品質の改善
2. 発電コストの低減
3. 完全な持続的発展性の確保

12.3 電力料金・販売体制に関する提言

以下 2 点の改革が急務である。

- ・メータ制の導入による省エネルギーの推進
- ・電力料金格差の是正

電力の販売はなるべく速やかにメータ制に移行すべきである。メータ制移行のためには若干のメータの購入など投資を必要とするが、その金額はソムでも賄える水準である。メータ制への移行は燃料等の資金の必要を中期（少なくとも 1 年を通じて）的に予測した経営計画を立てて価格を決めるということが必要とする。また、メンテナンス等の支出も当然の事ながら電気料金に組み込んで計画を立てる必要が出てくる。そのような状況におかれて始めてソムの電気事業にいわゆる経営の原則が根付くようになるであろう。

地方と都市部では電力料金に大きな格差がある。地方の方が現金収入は少なく、支払い能力に限られているにも関わらず、ソムセンターの電力料金は都市部のその4倍以上であると推定されている。1999年の石油製品の高騰はディーゼル発電の燃料の高騰をもたらし、その結果半数のソムセンターで冬場の電力供給さえも停止したという報告がある。現在アイマグセンターには発電コストの60%の補助金が電力開発庁から支給されている。しかしながらソムセンターには一切の援助がされていない。発電コストが自ずから高くなるソムセンターこそ援助が必要な地域であることはいうまでもない。社会公正の立場からすれば地方の住民も都市住民と同等の最低限の社会サービスが受けられるようにすることは政府の義務であると考えられる。このことからすれば補助金なしに地方の健全な電力供給は成立し得ない。

12.4 ディーゼル発電機の維持管理体制からの移行

ソム・センターにおけるディーゼル発電機の維持管理体制は、日本の無償援助によるディーゼル発電機の供与計画と共に改善されつつある。本計画で提唱する運営・維持管理体制を確立するため、この流れを発展的に継承していくことが効果的であり、具体的には以下を提言する。

- ① ディーゼルの無償援助で構築した移動修理班をソム電気事業支援機関の一部として位置付ける
- ② 本計画が日本の無償案件として実施された場合は、現在までに実施してきたソフト・コンポーネントと整合性の取れた内容でソフト・コンポーネントを実施する
- ③ 移動修理班に対し、太陽光・風力・水力発電設備の点検修理も行えるよう、設備を充実させ、技術指導を実施する

13. 経済・財務分析および評価

13.1 経済評価

(1) 2005年のプロジェクトの経済評価

次の図 I. 13-1 は 2005 年のプロジェクトの評価をプロジェクトのタイプ別に分けたものである。発電プロジェクトは太陽光(PV)単独、太陽光+風力、太陽光+新規のディーゼル発電機、太陽光+風力+新規ディーゼル発電機、送電線系統連系、水力、新規ディーゼル発電機のための7つに分類され、その他に電力の配電・販売を合理化するための配電網の整備、メータ制の導入の項目を追加した。これらのタイプ別のIRRは太陽光&風力、送電線系統連系、発電以外の配電網の整備、メータ制の導入を除くとマイナスになっている。CO₂の削減便益は全般に若干IRRを押し上げる効果を持っている。

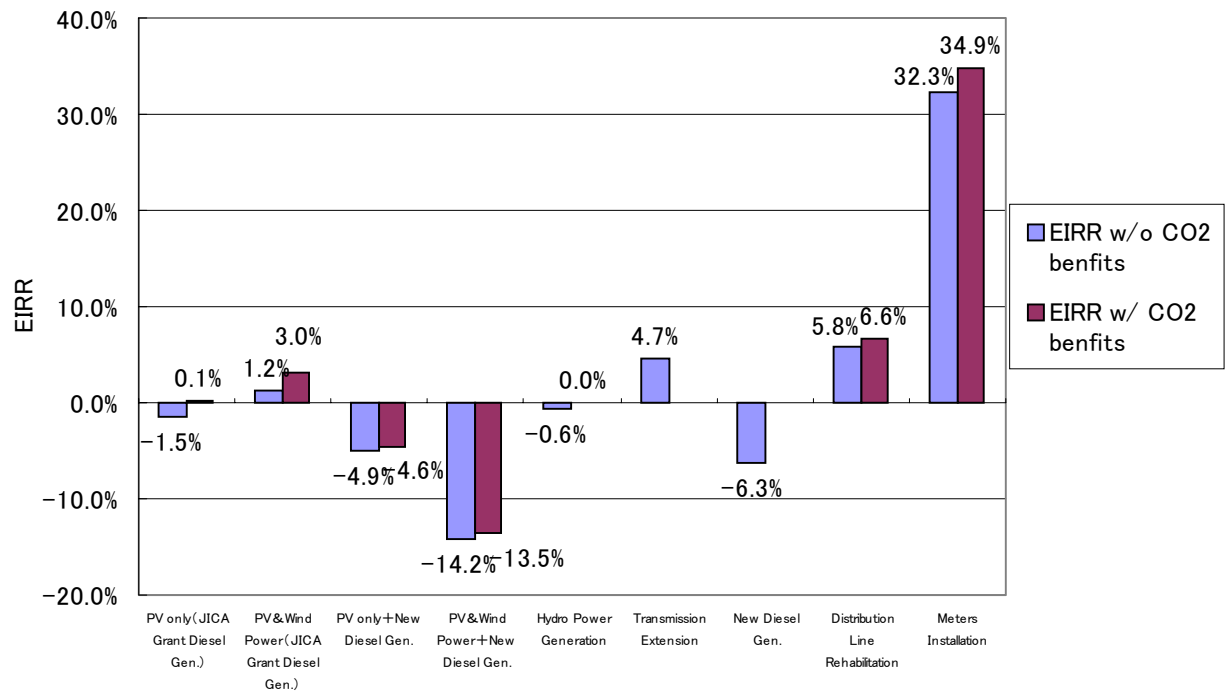


図 1.13-1 2005 年のプロジェクトタイプ別経済評価

(2) 2005 年のプロジェクトの財務評価

財務的にみれば 2005 年のプロジェクトは全体に収益がマイナスである。

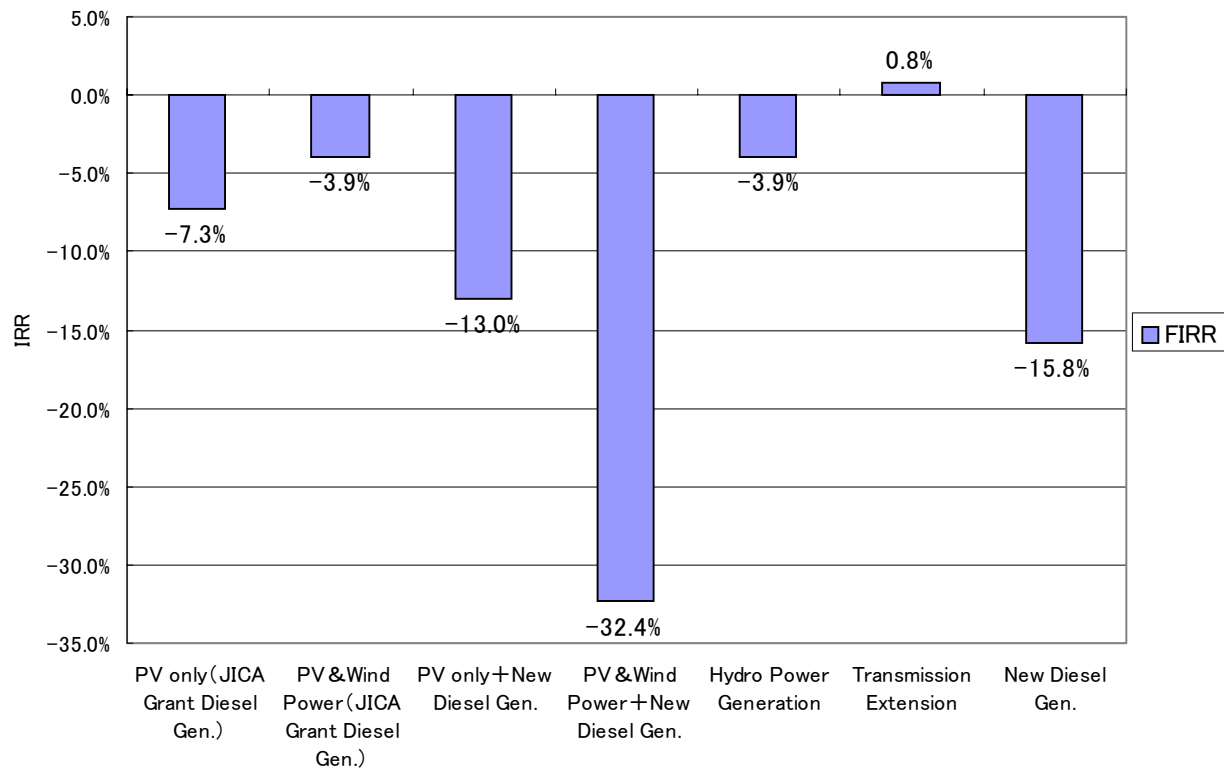


図 1.13-2 2005 年のプロジェクトタイプ別財務評価

(3) 2005 年のプロジェクトの代替比較評価

代替システムであるディーゼル発電と比べると2005年のプロジェクトは水力を除いて全体に収益がプラスである。

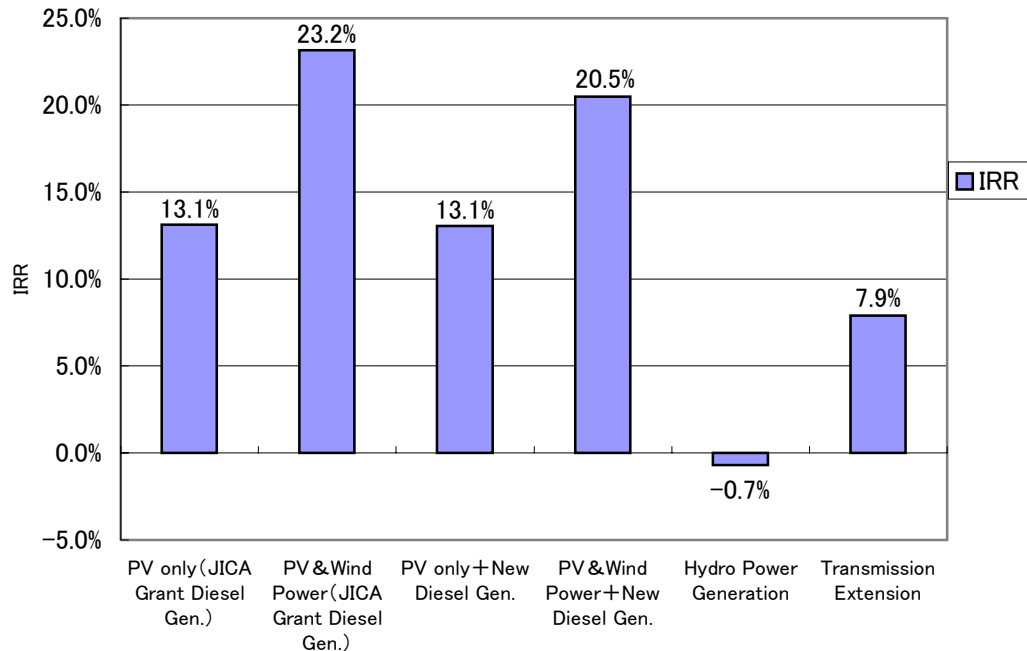


図 I. 13-3 2005 年のプロジェクトの代替比較評価図

13.2 各ステージ毎の評価

今回の評価では経済分析、財務分析、最小コスト分析の3種類の評価方法を実施した。経済分析はより高所的な判断として国家経済・社会的な観点からの貢献を評価するものであり、BHN・環境配慮といった高度な判断は経済分析の便益の一部である。財務分析は事業主体の事業経営の観点からプロジェクトの収支を評価するものである。ソム・センターへの電力供給を前提とすればどのシステムが最小コストになるかという分析が必要である。この代替電源との費用比較は独立ディーゼル発電として評価を行った。

図 I. 13-4 から明らかなようにプロジェクトの経済性は現状では低い、他の代替案であるディーゼル発電に比べるとモンゴルの地方では再生可能エネルギーは経済性が高いシステムといえることができる。

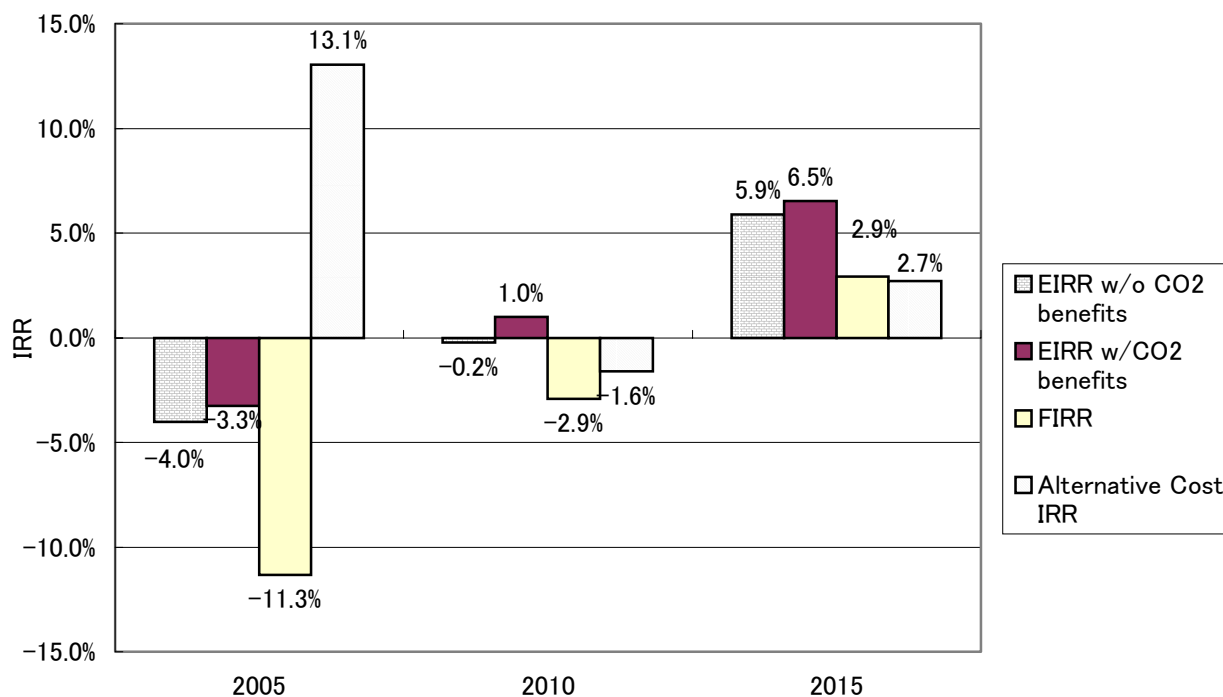


図 I.13-4 各ステージ毎の評価図

14. 資金調達方法別のケーススタディ評価と提言

(1) BOT

モンゴルのソムのように離散した需要地をクライアントとして1企業がBOTとして取り上げることは組織運営上不可能である。また、各ソムが資金を自前調達してBOTするという考えもあり得るが、今回のプロジェクトのように資金の大きなプロジェクトをソム内部で行うことは非現実的である。ただ、計算上ここでは評価を行う。民間がコミュニティと契約をむすんだ場合、当然現行の電気料金がベースとなる。現行の料金は100Tg/KWh程度あるので財務評価で想定している200Tg/KWhは政治的ネゴシエーションで実現は不可能であろう。そこで想定では財務評価の80%の価格(160Tg/kWh)で電力売買が実現するものとした。その結果、FIRRは以下の通りである。

	FIRR
2005 年	-18.9%
2010 年	-5.5%
2015 年	+0.6%

(2) 環境ソフトローン

我が国政府には環境にやさしいプロジェクトに対しては特別の低利融資を行う制度が

存在する。この制度を前提に、金利 0.75%、据え置き期間 10 年、返済期間 30 年でプロジェクトの財務評価をおこなった。尚、モンゴル政府の投資は 1/3 で残りの 2/3 はこの環境ローンの借款が可能という設定にした。再生可能エネルギーはその耐用年数が長いと長い返済期間はプロジェクトの評価に有利でその意味では財務評価を大きく改善させる。

	FIRR
2005 年	-21.4%
2010 年	+2.6%
2015 年	+15.9%

15. 結論と提言

モンゴル国の再生可能エネルギー利用地方電力供給計画マスタープラン策定のため、1998 年 10 月から 2000 年 9 月迄の 2 年間に亘り、6 名の団員により調査を実施した。再生可能エネルギー利用の電力設備導入に当っては、各国際機関や日本の無償資金協力によるディーゼル発電機供与との整合性を図りつつ実現可能な具体策を提言した。

■ 社会的インパクト

社会サービス・社会福祉の改善度、特に貧困層への影響を主たる指標に、社会的インパクトを検討し、次の様な提言をまとめた。

ソムにおける電気供給の現状は冬の間の夜間のみのところが多く、病院の夜間診療や出産サービスはロウソクの炎をたよりに実施しているような悲惨な状況である。また小・中学校でも語学の AV 教室、技術科の工作機械、コンピューター等が電気がないために使用できないまま放置されており、教育の有用性を大きく損なっている。したがって、2005 年までに病院・学校といった公共施設が電化されれば、医療・教育といった人々のニーズがもっとも高い社会サービスの質を向上させることができ、社会主義から市場経済化への移行や雪害等の自然災害が貧困層や社会的弱者に与える悪影響を最小限にとどめることができる。このように貧困層に対する社会福祉（ベーシック・ヒューマン・ニーズ）を維持するために、電気供給は大きな役割を果たす。

■ 太陽光・風力エネルギーポテンシャルと開発計画

再生可能エネルギーである太陽光・風力エネルギーは、モンゴル東部および東南部に豊富なエネルギーポテンシャルを賦存する。開発可能なエネルギーは 300GWh/年と推定される。開発可能なエネルギーの大半が未利用段階にあり、本計画と同様に開発調査が順次進められている。本計画では再生可能エネルギープラントを設置する事により、2005 年では 1.195GWh/年、2010 年では 9.8GWh/年、2015 年では 34.7GWh/年の利用が可能とな

り、化石燃料の節約を果せる。また、ディーゼル発電機の稼動を減らす事で CO₂ や NO_x の排出ガス抑制ともなり、地球温暖化防止に有効なインパクトを与える事となる。本計画の第一期（2005 年）では、BHN を優先させた公共施設に電力供給を計画している。第二期（2010 年）では、村レベルへの電力供給をディーゼル発電との同期運転で行う。第三期（2015 年）では、燃料電池を用いて再生可能エネルギーポテンシャルの低い地域へも再生可能エネルギーによる電力供給を達成させる事とした。

■ 水力エネルギーポテンシャルと開発計画

自然環境エネルギーの 1 つである水力エネルギーは、モンゴル北部および北西部に有望且つ豊富なエネルギーポテンシャルを賦存する。開発可能容量は 1,793MW と推定されている。水力エネルギーの開発地点は太陽光・風力エネルギーポテンシャルサイトとは逆の傾向にある。開発可能エネルギーの大半が未利用段階にあるが、開発調査は順次進められつつある。現在、開発調査が完了している 5 ヶ所の水力地点の中で、下記の 2 ヶ所の小水力発電所は本計画調査に適合しているので電力供給計画策定に含める事とした。

- (a) ムンハイルハン小水力： 2 台×75kW (0.6MWh/年)
- (b) バルントウルーン小水力： 2 台×100kW (0.6MWh/年)

■ 配電施設改善

対象ソム・センターに於ける配電設備は、設備の老朽化、不適切な運営・維持管理、不安定な電力供給、電力損失の増大等多数の問題を抱えている。これら問題の解決を図り、近代化を促進することを提言した。これらの問題を解決すると共に運営・維持管理の容易性を考慮して最適配電計画を策定した。提言の計画は、発電設備から需要家までの配電設備改善を含んでおり、これにより電力の安定供給、適正な料金徴収、電力ロスの軽減など多大な効果が期待できる。

■ 運営・維持管理体制の確立

維持管理に関わる組織体制、組織の経営能力等を主たる指標として、組織評価を行い新管理体制を提言した。

2005 年のシステムは、病院・学校といった公共施設を中心とした電化となっており、比較的小規模なシステムであるので、この段階までに再生可能エネルギー・システムの維持管理のために必要な技術を身につけ、また維持管理のための組織体制を確立することができる。2010 年のシステムでは、一般世帯をも含む全需要家を対象としたシステムとなるため、2005 年までに培った維持管理能力をさらに強化していく必要があるが、ソムの維持管理能力にあわせて漸進的にシステムを拡張していくことにすれば十分に対応可能といえる。2015 年のシステムでは、水素貯蔵・燃料電池といった新しい技術が加わるが、その時まで蓄積した維持管理能力をもってすれば、十分対応できるシステムといえる。

■ 経済的インパクト

ソム・センターにおいて基本的な電力供給サービスなしに医療・教育のサービス水準を保つことは難しい。緊急の治療、手術といった事態になった際に、ソム・センターでは電力がないために対応が不備になることが多々ある。そのコストの事後的な Willingness-To-Pay は事前と大きく違うものである。その意味で今回の分析の結果も多少、過小評価のおそれがあり、社会的な保健制度の供給者として公共セクターが受益者負担以上のものを払うべきであるという視点が必要であろう。

次に、都市部と地方部の電力供給サービス料金の格差は、地方電力料金は都市部の5倍近い。モンゴルの食糧基地として、あるいは非常時に常に帰ることのできるシェルター等の重要な地域相互の経済・社会的なつながりを考えれば、現在のサービス格差を解消できないまでも一定水準の援助は必要である。

経済／財務評価の結果から直接言えることは、ソム・センターの電気供給を純粋な市場経済のシステムのもで行うことは近い将来においては財務的に不可能だということである。このことは財務・経済分析の IRR が第一段階の2005年の段階でマイナスであることから明らかである。しかし代替比較の評価では24時間運転を前提にすれば再生可能エネルギーの方がディーゼル発電よりも経済性の面ですぐれている。

BHN を中心とした社会保障のための限られた財源を地方と都市部でどのように分配していくか、市場経済移行の流れの中でどこまで経済効率性を追求するのかという問題ととらえ国全体の問題としての判断が求められている。

実施の際に最も経済的に大事で忘れてはならない点は、経済評価では扱わないコストが実施上は多々発生するという点である。今回のように独立型の電源を中央で管理することは多大なコストが発生する。数年前にソム・センターの電力供給事業を民営化しようという試みがわずか1-2年で破綻した例が示すように民営化が決して全てのことを解決してくれるわけではない。中央での徹底した管理が不可能な現状ではソム・センターの組織を強化して、それぞれのソム・センターが自主独立、財務責任をもって運営にあたれるような組織・制度の確立なしに本プロジェクトの実現は不可能である。

■ 計画の効果と提言

上記の提言を実現化する事により、167 ソム・センター(直接裨益人口は2005年で18万人、2010年で20万人、2015年で22万人となり、学校・病院利用人口も含む間接裨益人口は58万人となる)の電力供給に直接的に下記の効果をもたらす。

- ・ 安定な電力供給が可能となる(24時間供給体制の確立)。
- ・ 化石燃料を使用しないより経済的で環境に優しい電力供給が可能となる。
- ・ 燃料節約とCO₂削減への貢献は以下の通りである。

	<u>2005 年</u>	<u>2010 年</u>	<u>2015 年</u>
燃料節約量	1,815kl/年	4,965kl/年	6,850kl/年
CO ₂ 削減量	1,336ton-CO ₂ /年	3,654ton-CO ₂ /年	5,042ton-CO ₂ /年

- ・公共施設に対し 24 時間供給が可能となる。
- ・電力ロスが軽減する(約 30%から 5%以内に抑制)。
- ・運営・維持管理業務の円滑化・効率化が図られる(人件費の削減)。

これらの効果は、間接的にはソム・センターの住民に対し、以下の様な効果・貢献も期待できる計画である。

- ・BHN の充足。
- ・住民生活の安定と向上。
- ・厚生・福祉・教育の向上。

また、インフラ復興による地域振興や地球環境保全にも効果的な計画であると確信する。

以上の如く、提言した計画はモンゴル国に対する各援助国の計画や日本の無償資金協力事業とも整合性があり、モンゴル国からの要請をも満たすものであり、今後の同国への援助に適切な計画である。

特に、第 1 期計画(2005 年目標)は、燃料費の高騰による現有ディーゼル発電機の運転を抑制せざるを得ない現状から対象ソム・センターの BHN の充足にとって緊急且つ重要な課題であり、人道的支援の観点からも無償資金協力による早期の事業の実施を提言する。

■ 追加調査項目

プロジェクトを実施する際に必要となる主要追加調査項目を以下に列記する。

- ・運営・維持管理体制整備
- ・電力料金体系および料金徴収システムの確立
- ・電力需要予測の見直し(各ソム・センター毎)
- ・資機材輸送計画調査
- ・資機材据付工事および建設計画調査(含む、用地収用計画)
- ・経済・財務分析および評価の精査
- ・実施計画の精査
- ・調達資機材および据付工事の詳細設計、入札図書の作成

■ 今後の課題

今後の課題としては、環境に優しい再生可能エネルギーの利用を促進するために、以下の様な課題について検討する必要がある。

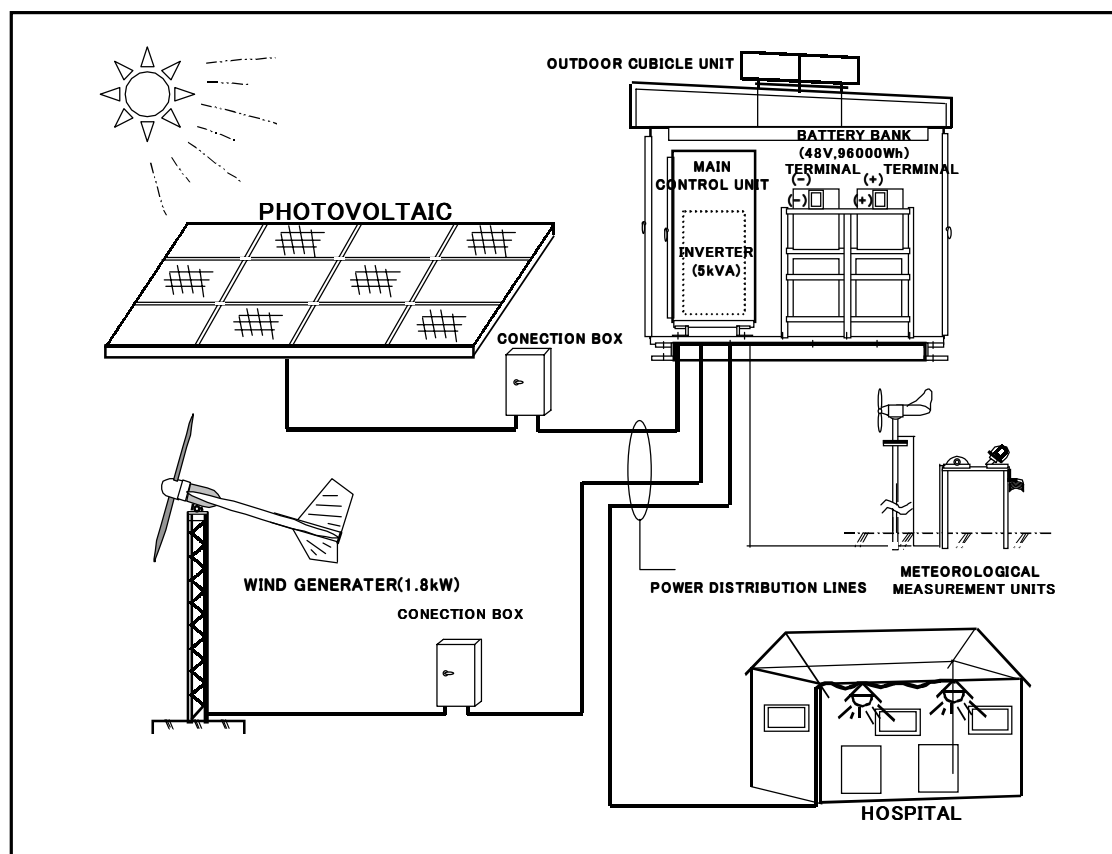
- ・法制度の整備（優遇税制措置、補助金、割引料金等）
- ・需要家の意識改革（省資源・省エネルギー、DSM の促進等）
- ・長期的視点での開発促進（燃料輸入での外貨流出抑制、エネルギー安全保障の確保、地球温暖化問題への対応等）
- ・地方と都市部の電力料金格差の是正
- ・地方電力供給の維持管理のための組織体制の確立・財源の確保

第Ⅱ部 パイロット・プラント

第Ⅱ部 パイロット・プラント

1. パイロット・プラント据付

本調査において、太陽光・風力ハイブリッド発電システムおよび日射計や風速風向計等の気象観測機器より構成するパイロット・プラントを3つのソム・センターに据付けて実証試験を行った。ドンドゴビ県アダーツァグとアルハンガイ県タリアトでは病院に、ウブスハンガイ県バヤンウンドゥルではこれらパイロット・プラントから病院と学生寮に電力供給を行っている。パイロット・プラントの構成を図Ⅱ.1-1に示す。実証試験で記録しているデータを表Ⅱ.1-1に示す。実証試験の据付工事は、1999年5月20日に開始し6月28日に終了した。パイロット・プラント据付工事を通じて、モンゴル人業者の技術レベルや作業の特徴および据付工事に関する諸問題が明らかとなった。このような、パイロット・プラント据付工事で確認された問題点や課題はプロジェクトの実施設計段階において活用できるものである。また、据付工事の経験からパイロット・プラントと同程度の規模の施設であれば、日本人専門家による指導のもとでモンゴル人業者による据付が十分に可能であることが証明された。



図Ⅱ.1-1 パイロット・プラントの構成図

表Ⅱ.1-1 パイロット・プラントにおける観測データ

番号	気象観測データ	番号	気象観測データ	番号	システムデータ
1	日射量	6	瞬間最大風速	9	太陽電池出力電力
2	日照時間	7	気温(外気温)	10	風力発電機出力電力
3	気圧	8	気温(キュービクル内)	11	バッテリー充放電電力
4	風向			12	AC負荷電力
5	風速			13	DC負荷電力

実証試験から得られたデータは、ローカルコンサルタントにより回収された。実証試験では、自動記録されるデータのほかにログシートを作成し故障などの問題点や日常点検および蓄電池電圧に関するデータを運転員に記録させ同時に回収した。これら回収したデータから、各パイロット・プラントで発生した問題点等が明らかとなった。再生可能エネルギーを用いた発電システムの運営で一番困難だった点は、気象状況に合わせた効率的な負荷利用を行うことであった。全てのパイロット・プラントで、電力の使い過ぎにより蓄電池が過放電状態となり、システムが停止した経験があった。これらパイロット・プラントにおいて生じた問題点への対策方法は、各ソムで開催した技術移転セミナーにおいて十分に説明を行った。また気象観測装置から得たデータから、パイロット・プラント据付地における風況や日射量の特徴が明らかとなった。パイロット・プラントで観測した気象データは、モンゴル気象庁が観測しているデータとの比較に用いられ、導き出された補正值はマスタープラン作成に反映された。

2. 運営・維持管理体制

パイロット・プラントの運営現状の経験に基づいて、下記のようなパイロット・プラントの運営組織・体制のあり方を提言した。

- ・一番大切なことは、ソムの住民全員がパイロット・プラントを自分たちの大切な施設であると認識し、自分たちでパイロット・プラントを守っていこうという意識をもつことである。たとえば、子供がふざけてパイロット・プラントに石を投げたりしないように、住民全員にパイロット・プラントの大切さをよく理解してもらえるように、ソム役場が率先して住民や子供達に訴えかける必要がある。
- ・パイロット・プラントの日常的維持管理作業のために、電気・機械に詳しい維持管理「担当者」をソム役場が任命する。

- ・ソム役場の職員（「監督者」）が、電気の使用者（学校、病院）の代表者とともに、維持管理「担当者」の仕事を定期的に監督・指導する体制を作る。具体的には、維持管理「担当者」は下記の表 II.2-1 のような「業務日誌」をつけ、それを「監督者」が毎日チェックし、月に一度「担当者」「監督者」及び「使用者代表者」の3者が集まり、パイロット・プラントの維持管理に問題が生じていないかどうかを協議・検討する月例会議を開催する。

表 II.2-1 業務日誌フォーマット(年 月分)

日	曜日	担当者名	勤務時間	日常点検	日常清掃	問題が発生したか？ 発生したなら、その内容	問題への対応	監督者サイン
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

3. 実証試験の総括

3ヶ所のパイロット・プラントとも初めての設置でありながら設備の運転管理が適切に行なわれていることを確認した。3ヶ所とも蓄電池の充放電及び負荷の適切な利用に関する問題があったが調査団員の適切な指導、ローカルコンサルタントの対応及び技術移転セミナーを通して、設備利用施設の責任者及び運転員等に、再生可能エネルギー発電設備がその地域の気象条件に大きく左右されるため、利用するに当たって負荷量と蓄積した電力量のバランスを考えながら負荷の利用を調整することの重要性を説明した。

3ヶ所のパイロット・プラントの記録データとモンゴル気象庁から入手したデータを比較した結果、日射量の場合平均してモンゴル気象庁のデータより上回るデータを記録しており、3ヶ所のパイロット・プラントが地域区分において異なる条件下に設置したにもかかわらず夏における月平均日射量がほぼ同じであることが分かった。風力の場合パイロット・プラントのデータと気象庁のデータが異なった結果が得られた。同時に夜間の風向状況が初めて明らかになり、場所によって利用可能であることも確認された。このような結果から、本調査の計画を作成するに当たってパイロット・プラントのデータをフィードバックし、2005年の計画では気象観測装置を設置し、2010年及び2015年に適用可能ソムセンターの選定を再度確認すると共に適切な設備の補正を行なうよう計画した。

4. 技術移転の実施

各技術移転セミナーを通して本調査期間中、据付したパイロット・プラントに生じた設備の運用に関する技術的な問題、負荷と発電量及び蓄積電力とのバランス等の解決策として現地の記録データを基に説明を行ない技術的な面から毎日の運転により良い運転パターンを求めた。各パイロット・プラントの記録データの分析及び説明をし、利用者、利用施設の責任者、運転員、運用管理の責任者等にパイロット・プラントの必要性和重要性を理解してもらえよう努めた。このようなことから住民がデマンド・サイド・マネジメントの必要性を理解し、実施する事ができた。設備の日常運転は、ソムの人員のみで十分対応できる事が分かった。ただし、故障が発生した場合、日本人のアドバイスが必要であった。この為、本計画の実施の段階ではより高度な人材の教育、育成が必要である。

技術面に関する技術移転項目

- ・ 実証試験施設の据付
- ・ 実証試験施設の維持管理
- ・ 実証試験のデータおよび発電実績の分析

- ・ 気象庁データと実証試験におけるデータの比較
- ・ 再生可能エネルギー利用発電に適したソムの選択基準
- ・ 再生可能エネルギー利用発電に適したサイトの選択基準
- ・ 再生可能エネルギー利用発電の最新情報

運営管理組織に関する技術移転項目

- ・ 発電所の運営管理組織のありかた（人材、管理・監督体制、研修）
- ・ 経営原則の確立（自立、自己責任制）
- ・ 経理・記録・帳票類の整備
- ・ 資金管理（維持管理資金、減価償却費）

維持管理体制に関する技術移転項目

- ・ 技術的維持管理
- ・ 維持管理費用の積み立て
- ・ 維持管理体制（人材、組織、中央・県との連携）