

フィリピン共和国

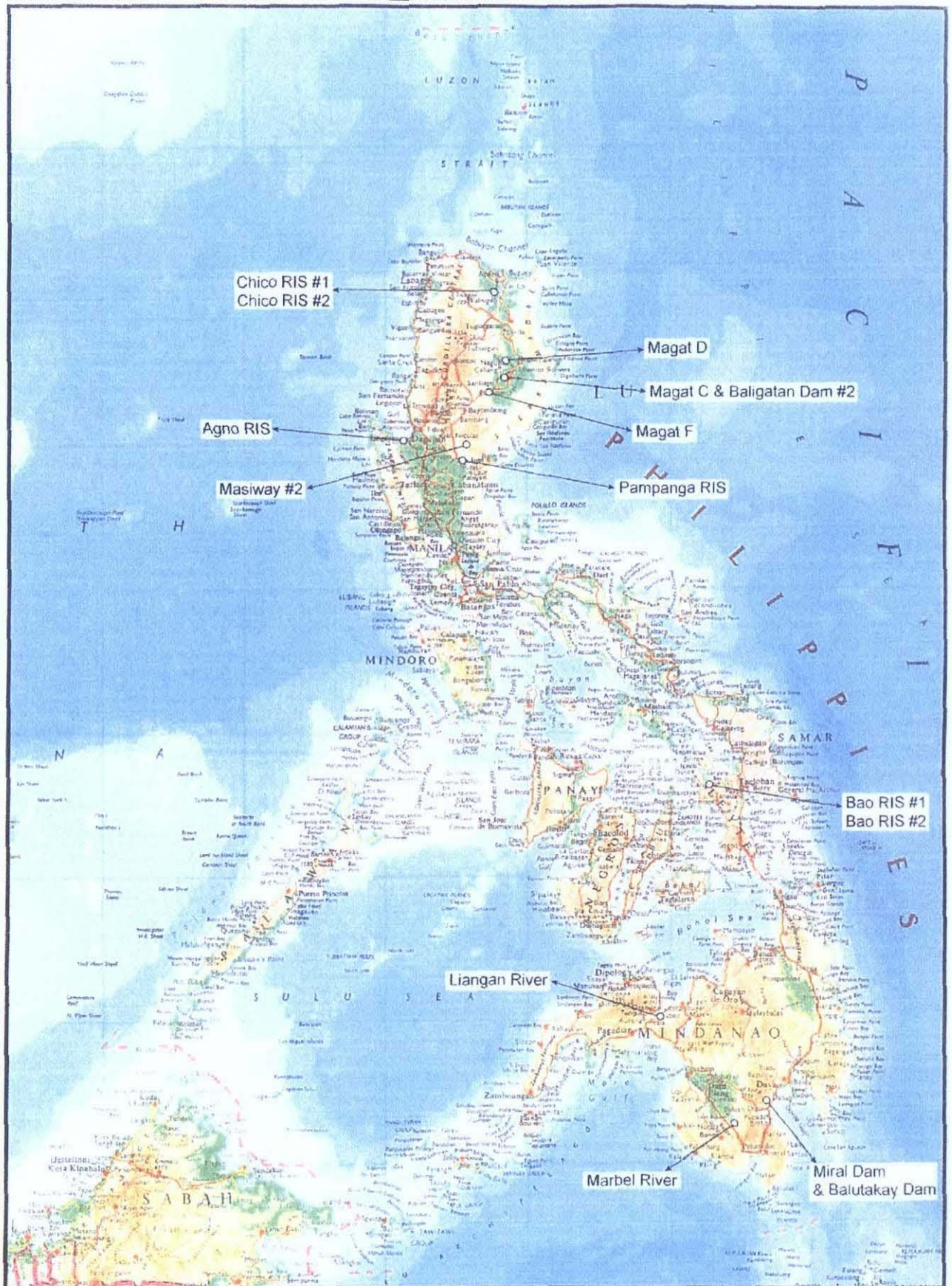
灌漑施設利用小水力発電事業計画調査

プロジェクトファインディング調査報告書

平成１７年１１月

社団法人 海外農業開発コンサルタント協会

事業位置図



ま え が き

社団法人 海外農業開発コンサルタンツ協会（ADCA）は、平成 17 年 11 月 28 日から 12 月 8 日までの 16 日間、フィリピン共和国において灌漑施設利用小水力発電事業に対するプロジェクトファインディング調査を行なった。

フィリピン共和国政府は、農村地域における住民の生活水準向上や新しい収入源の創造による貧困撲滅に繋がるとして、「2008 年バランガイ（村落）電化率 100%」並びに「2017 年家屋電化率 90%」を目標に、最重要政策の一つとして地方電化を推進しているが、2003 年末時点で 4200 以上のバランガイ（村落）が未電化であり、その多くが送配電線の届き難い山岳部や島々に散在している。同国の村落電化においては、村落の中央を配電線が通過したのみであってもそのバランガイは電化済みと判定され、一度電化されたバランガイは永久に電化済みと判定される等、家屋レベルの電化がほとんど考慮されていないため、前述した家屋電化率に係る目標が掲げられたにもかかわらず、2003 年 11 月時点でのバランガイ電化率約 90%に対して家屋電化率は依然 70%以下であり、人口にして約 2000 万人以上の人々が電気の無い生活を強いられている。

このような状況下、同国政府は環境にやさしい再生可能エネルギーの利用による地方電化に積極的に取り組んでいるが、一方日本は長年にわたり再生可能エネルギーの研究・開発に取り組んでおり、特に小水力発電については農業用水を利用した事業が全国各地で計画・実施されており、日本は本分野での豊富な経験と高い技術を有している。

また本事業は既存の農業用灌漑施設を利用するものであり、工事期間中に灌漑受益地に与える影響は最小限に抑える必要があることから、事業の円滑な実施のためには日本が持つ豊富な経験・高度な技術が求められる。更に施設の適切な維持管理・運営に係る指導についても、長年培われてきた日本のノウハウが十分に生かされるものとする。以上より、本件を日本の開発援助にて実施することには高い効率性と妥当性が認められることから、本件の本邦 ODA による実施が強く期待されるものである。

この案件が日本政府の援助もとに早期に実施され、地方電化による社会的発展、貧困の解消、農村における生産性の拡大により、比国の持続的経済発展の一助になることを期待するものである。

平成 17 年 1 月

(社)海外農業開発コンサルタンツ協会
調査団長 下 地 富 治

目 次

位置図

第 1 章	調査対象地域の現況.....	1
1.1	対象セクターの現況.....	1
1.2	課題と開発の方向性.....	9
1.3	開発構想.....	9
第 2 章	事業の内容.....	11
2.1	全体対象地域.....	11
2.2	現地調査結果.....	11
2.3	事業実施計画.....	14
2.4	総合所見.....	15

添付資料

第1章 調査対象地域の現状

1.1 対象セクターの現状

1.1.1 一般状況

フィリピン共和国（以下比国）は、北緯 $4^{\circ} 23'$ から $21^{\circ} 25'$ 、東経 $116^{\circ} 00'$ から $126^{\circ} 30'$ に位置し、7,109 の大小の諸島からなる総面積約 30 万 km^2 の群島国家である。これらの諸島は、行政上 15 管区（Region）に区分されており、その下に 77 の州（Province）、1,532 の町（Municipality）、及び 41,153 の村（Barangay）で構成されている。2003 年現在、フィリピンの人口は約 8,231 万人、人口密度 274 人/ km^2 であり、また平均人口増加率（1995-2000 年）は、2.34%となっている。

1997 年半ばから東南アジアに吹き荒れた通貨金融危機の嵐は比国にも及び、経済成長に急ブレーキがかかった。また、エルニーニョ現象による農業生産の不振もあり、1998 年の経済成長はマイナス成長を記録した。1999 年に入ってフィリピン経済は大きく好転し、2000 年は GDP で 4.0 % の成長を記録し、フィリピン経済は底を脱したと言われている。2001 年以降の平均経済成長率は 4.9 % を達成し、1 人当たり GDP は 2003 年に 964 米ドルとなった。

1.1.2 フィリピンにおける地方電化の現状について

1) 地方電化の変遷

フィリピンにおける地方電化は、農村地域における住民の生活水準の向上や新規収入源の創出により貧困軽減に繋がるとして、かねてから政府の重要政策として取り上げられてきた。フィリピン政府は 1960 年に国策として地方電化に取り組むことを宣言し、電化庁（Electrification Administration : EA）を設立し、さらに 1969 年 National Electrification Act により地方電化推進の政府機関として現在の国家電化庁（National

Electrification Administration : NEA) と改組され、電化組合 (ECS) による地域ベースの電化推進方法が導入された。その当時の家屋電化率はたったの 22.9% であった。1970 年から 1971 年にかけて二つの電化組合がモデル組合として設けられ、翌 1972 年にはさらに 36 の EC が設立された。1975 年時点では、42 の電化組合が存在し、家屋電化率も約 50% に達していた。1979 年には 100 万番目の家屋接続が行われ、EC 数も 116 に達し、さらに翌 1980 年には 10,000 バランガイ (村) の電化が達成され、EC 数は現在と同じ 119 に達した。

1986 年マルコス政権崩壊に伴い旧エネルギー省 (Ministry of Energy : MOE) が廃止された際、NEA は環境天然資源省 (DENR) の管轄下に置かれた。その後、1992 年 12 月にエネルギー省 (DOE) 法が成立し、エネルギー省 (Department of Energy : DOE) が新たに設立されたのに伴い、NEA が DOE の管轄下に置かれた。

1997 年、国内の全 Municipality (町) の電化が達成されたが、その時点でもバランガイ (村) 電化率は 72% に留まっていた。1997 以前のバランガイ電化の進捗率は年間 500 村程度と低かったことから、電化を加速するために 1999 年 DOE は NEA、NPC-SPUG、PNOC-EDC の参加の下、Accelerated Barangay Electrification Program (ABEP) を開始した。さらに、2000 年に ABEP は O'ILAW と改名され、その活動は拡張された。これにより、O'ILAW Program Team が設けられバランガイ電化全体の方針決定を行うとともに民間セクターに地方電化への参画を促し、PNOC-EDC、Mirant Philippines 及び Kepco Ilijan Corporation の 3 つの IPP の参加を得た。また、Foundation for Rural Electrification for Economic Development (FREED) が設立され、民間資本活用メカニズム導入の試みが行われた (なお現在はその機能は停止している)。さらに、2001 年には Project Management Office (PMO) が DOE 内部に設置され、O'ILAW Program の事務局あるいはネットワークのセンターとして活動を行った。この結果、2002 年末の時点でバランガイ電化率が 87.1% に達し、電化達成速度も年間平均 1,200 バランガイ以上へと加速した。

2003 年 4 月、O'ILAW Program は終了し、新たに Expanded Rural Electrification Program (ER Program) が開始された。これは電力産業改革法 (EPIRA または

RA9136) の条項に則り、公共と民間の連携を深めるためのものであり、O'ILAW Program の目標である 2006 年バランガイ電化 100%達成を引き継ぐとともに、新たに家屋レベルの電化にも注目し、2017 年 90%家屋電化達成も新たな目標に設定した。

表－1 Barangay Electrification Program の目標と実績

年	目標	年間電化村数	累積電化村数	電化率(%)
1997	-	854	30,254	72.0
1998	-	1,272	31,526	75.1
1999	900	755	32,281	76.9
2000	1,621	1,366	33,547	80.1
2001	1,353	1,253	34,900	83.1
2002	1,636	1,699	36,590	87.1

出典：O'ILAW Program Terminal Report

2) 地方電化の達成目標

現在の ER プログラムでは、これまでの O'ILAW Program の目標を引き継ぎ、2006 年までのバランガイ電化 100%達成を第一目標としている。しかし、バランガイ電化の定義上は、電線がバランガイ中心まで到達する、あるいは独立電源であれば 10 軒以上接続されれば既電化とされ、さらに電力の供給がカットされても、また 10 軒より接続戸数が減っても既電化との指定は取り消されない。したがって、一見高い電化率であっても、実際に電力サービスを享受できている実質の電化率はより低いものと考えられる。

現在、家屋レベルの電化率に目を向けると、不確かながら 68%程度の家屋電化率といわれている。仮に、2006 年にバランガイ電化 100%を達成したとしても、100 万戸以上の世帯が未電化のままで取り残されると言われており、今後は家屋レベルの電化率向上にも注目しなければならない。2003 年 4 月、ER プログラムチームは、2017 年 90%家屋電化達成を新たな目標に設定している。

3) 再生可能エネルギー開発の現状

2001 年現在、再生可能エネルギーによる発電設備容量は 4,450MW であり、内訳は地熱が 1,932MW、水力が 2,518MW となっている。

フィリピンは米国に次ぐ地熱大国であり、今後も地熱は国の重要なエネルギー資源として期待されている。地熱発電は、2001 年時点の発電設備容量のうち 14.4% を占めており、発電電力量は全体の 22.2% を賅っている。地熱開発は主に PNOC-EDC が担っており、今後も PNOC-EDC が開発をリードしていくことになる。

一方、水力開発は、発電設備容量のうち 18.8% を占めており、発電電力量は全体の 15.1% を賅っている。フィリピン国内の包蔵水力は 13,097MW と推定されており、うち 85% は大水力 (10,000MW 超)、14% は小水力 (101~10,000kW)、残りはマイクロ水力 (100 kW 以下) となっており、現在の開発レベルは 19.2% にすぎない。

風力は、北イロコス州に PNOC-EDC が JBIC の融資を受けた 40MW と North Wind の 25MW が現在開発中である。

4) 再生可能エネルギー開発促進の方針

フィリピンのエネルギー基本政策の中においてはエネルギーの安定供給とエネルギーセキュリティの確保、適正価格のエネルギーへのアクセスの拡大、クリーンで効率的なエネルギー源の開発があげられている。エネルギーの安定供給とエネルギーセキュリティの確保にはエネルギー自給率の向上、エネルギー源の多様化が重要であり、国内産資源である再生可能エネルギーの開発促進は不可欠である。また、山間奥地や離島での地方電化では独立電源への再生可能エネルギーの活用が期待されるし、本来クリーンで汚染を伴わない再生可能エネルギーは環境面でも開発が望まれている。

電力セクター改革が進むなか、再生可能エネルギーの開発目標を見直し、今後 10 年間で現在の 2 倍の開発量にすることを大目標に掲げ、各エネルギー源ごとにそれぞれ

の目標を次のとおり定めている。

(目 標)

- ・ 2012 年までに 2002 年時の再生可能エネルギー設備容量を 100%増加
- ・ 世界一の地熱開発国
- ・ アジアの風力エネルギー開発国
- ・ 流れ込み式水力発電所の設備容量を倍増
- ・ 太陽光、バイオマス、海洋エネルギーの開発
- ・ 再生可能エネルギー開発推進のための方策、インセンティブの設定

表－2 既設再生可能エネルギー利用発電設備の発電量と目標値 (MW)

	既設設備 発電量(2002 年)	2013 年までの 目標値	目標値に対する 不足発電量	現時点での計画 済施設の発電量
地熱	1,932	3,132	1,200	230
水力	2,518	5,203	2,685	827
風力	0	415	415	237
太陽光その他	0	250	250	50
合計	4,450	9,000	4,550	1,344

出典：エネルギー省再生可能エネルギー管理局(DOE-REMD)

現在、再生可能エネルギー法案 (RE Bill) を再度議会に提出し、エネルギー委員会で審議が始まっている。なお、UNDP の支援により、再生可能エネルギー開発の障害をなくすための能力強化 (Capacity Building to remove barriers to Renewable Energy Development: CBRED) が行われており、法整備に係る支援も含まれている。

5) 既設水力発電設備の現状

既設設備の現状を把握するためには、組織的なモニタリングあるいはフォローアップ調査などが必要となるが、残念ながらフィリピンにおいてはそういった活動が行われてきていない。特に、独立電源設備でモニタリングが行われていない場合、それらの

運転維持管理が各々のコミュニティー単位に任されるため、また、それらがアクセス条件の悪い地域に位置するため、設備設置後の運転が維持されているのか、どのような問題が発生しているかなどすべてを把握するのは困難である。

地方電化関係者からの聞き取りによると、既設水力発電設備の現状は以下のとおりである。

マイクロ水力発電設備は、2002 年末現在、リスト上では 106 設備存在するとされている。106 設備のうち 92 設備が電化目的に使用されており、残りは、精米やコーヒー加工などに使用されている。マイクロ水力設備の多くは規模が非常に小さく、電化目的の 92 施設のうち 37 施設が 1kw 以下、10kW 以上は 17 施設のみであり、十分な電力供給は行われていない。

106 施設のうち 19 設備は既に運転不能に陥っており、残りの半数も出力不足や電圧低下などの何らかの問題により十分な運転が行われていないと言われている。また、運転可能とされる設備の中には発電機器が取り付けられず、水車動力を直接利用しているものも含まれており、電源設備として正常に運転できていないものも含まれている。

問題点の多くは、技術面の要因と運営面の要因の両方が認められる。技術面としては、流量調査や地形調査、及び村落調査が不十分であり、一般に過大設計となって十分な発電が行えない。また、発電機器には、安価なローカル製水車や中国製発電機が利用されることが多く、品質が粗悪なために簡単に故障に陥ることが多い。

一方、運営面では、多くのプロジェクトが無償協力や補助により行われているため、それらから供給される電力も無料であるとの考え方から電気料金が徴収されなかつたり、徴収されてもほんの少額であり、通常の運転維持管理や故障時の修理に当てる資金が確保できていないのがほとんどである。

1.1.3 フィリピンにおける灌漑事業の現状について

比国の灌漑システムは灌漑地区の規模、建設主体等により、以下の3つに区分されている。

- 国営灌漑システム(NIS)
- 共同灌漑システム(CIS)
- 私的灌漑システム (PIS)

これらの灌漑システムの概要を地区数や面積、維持管理主体等から整理し、次表に示す。

システムの概要	維持管理主体
国営灌漑システム (National Irrigation System : NIS) : NIA が国家予算で施設を建設し、水利組合 (IA: Irrigators' Association)、もしくは農民から水利費を徴収して2次水路までの維持管理を行う。規模は概ね 1,000ha 以上である。 地区数 : 195 地区 面積(1999 年) : 679 千 ha	基本的には国営灌漑システム事務所 (NISO) と水利組合 (IA) が実施。水利組合と NISO は所定の契約を結び維持管理のデマケを行う。1997 年以降 (NIA Board Resolution No. 6691-97) いわゆる IMT を推進しており、MRIIS や UPRIIS 等でパイロットベースで水利組合と IMT 契約 (Joint System Management 契約) を試行している。下記に MRIIS 及び UPRIIS 地区における水利組合との契約タイプ別の維持管理責任分担を示す。
	Type I: 水利組合に水路維持管理を委託 (水路 3.5km 当り維持費 P1,100 を水利組合に支払う)
	Type II: 灌漑施設の運営と水利費の徴収を水利組合が行う。水利費徴収率 50～60%に対し、2%が水利組合の取り分となる。
	Type III: 施設所有権も含めた水利組合への全面移管 (CIS は建設費償還後これになる)

	IMT (Joint System Management) : 基幹施設は NIA が管理、第 2 次水路 (Lateral) 以下を水利組合に移管し、水利組合が施設の運営・維持管理および水利費の徴収を行う。これは、外部の支援を得ながらパイロットベースで進められている。MRIIS では世銀が支援。UPRIIS では円借款であるので施主は NIA であるが、JSM を当社を含む日本のコンサルタント JV チームが支援している。JSM 契約に当り水利組合は、Lateral 以下の水利組合連合 (Federation of Irrigators Associations) を結成する。この JSM では、Type II と比較して水利費の水利組合取り分が大きい。その分施設の運営維持管理の分担も大きい。
共同灌漑システム(Communal Irrigation System : CIS) : 1991 年以前は NIA が施設を建設し、建設後は施設を IA に移管し、IA が維持管理を行っていた。規模は概ね 1,000ha 以下である。地区数 : 6,692 地区、面積(1999 年) : 486 千 ha	受益農民が IA (Irrigators Association)を組織し、システムの運営・維持管理を行う。IA は受益農民から水利費と建設償還費を徴収し、水利費は維持管理費に充て、償還費は NIA に戻され NIA の運営経費となる。1991 年の地方自治法(LGC)施行以降は、地方自治体(LGU)が建設主体となり、NIA は地方自治体に対する技術支援を行う。州灌漑事務所 (PIO)が支援を行っている。
私的灌漑システム(Private Irrigation System : PIS) : 個々の農民ないしグループにより建設。面積(1999 年) : 174 千 ha	NIA や他の政府関係機関の技術支援を受けている。個々の農民ないしグループにより運営・管理

出典 : 国家灌漑庁運営強化計画調査報告書(JICA、2001 年 10 月)等を参照

上表のように、国営灌漑システム (NIS) は維持管理が水利組合に移管されているケースと国営灌漑事務所が行っているケースがあるが、いずれの場合にも維持管理費の礎となっているのは農民 (利用者) が灌漑面積に応じて支払う水利費 (ISF) である。しかしながら、灌漑施設の老朽化、洪水による施設破壊などの技術的要因や水利組合

の組織的問題による脆弱な財政状況などから水利費徴収に困難をきたしている灌漑システムが多く存在している。このような水利費徴収率の低さを改善するには、システムのリハビリと同時に農民の収入状況を改善し安定した支払いが行われるように図る必要がある。

1.2 課題と開発の方向性

上述のようにフィリピンにおける地方電化は、農村地域における住民の社会的、経済的な発展と新規収入源の創出による貧困軽減に寄与するとして政府の重要政策とされてきたが、開発の恩恵に取り残された山間村落はグリッド電化での限界があり、小水力発電や太陽光に代表される再生可能エネルギー利用電化が進められてきたが、いまだ多くの村落が未電化であり今後も小水力発電事業（独立電源型事業）の推進が求められている。フィリピン政府の財政的状況から、フィリピン政府が目標とする全村落電化にはなお多くの困難が予想されているのが現状である。

一方、小水力発電同様河川を水源とする灌漑事業は、同国において貧困地域の大多数を占める農民の社会的、経済的発展に同じく不可欠であるが、安定した維持管理費用の創出のためには農民の経済状況の改善が必要条件である。

これら河川を源とする2つの事業を融合させ、国家灌漑庁管轄の国営灌漑システムに小水力発電機能をもたせることは、新規の水力発電施設に係るコストを低減させ、また村落電化による経済発展は農民の収入改善に寄与し、国営灌漑施設の水利費徴収率の向上につながると考えられる。

1.3 開発構想

上記に述べたように、フィリピン国の地方部における電力開発は急務であるが、全国送電網による電化が困難な山間部においては小水力発電による地方電化が最も効果的である。一方、国家灌漑庁の国営灌漑施設は主として農業用水の取水のために設計／建設および利用されているが、既存の灌漑施設においては既設の構造物がすでに建設

されていることから、このような国営灌漑システムの頭首工に発電施設（タービン、発電機）を付設することで、新規水力発電施設の建設より低コストで地方電化事業の実施が可能となる（土木構造物の新規建設費の削減）とともに、電力を利用した生計向上事業を行うことにより農民の収入の安定化を図り、それをもって灌漑水利費の徴収状況を安定させ灌漑施設の維持管理を改善することが可能となる。

第2章 事業の内容

2.1. 全体対象地域

本件の対象地域は下記の通りである。

List of Proposed Mini-hydro Electric Power Plant							
Name of Plant	Location			Max. Head H (m)	Max. Flow Q (m^3/sec)	Max. Power P (KW)	Remarks
	Municipality	Province	Region				
1. LUZON Island							
(1) Agno RIS	San Manuel	Pangasinan	Region-I (Ilocos Region)	5.00	11.38	455	
(2) Magat C	Ramon	Isabel	Region-II (Cagayan Valley)	2.80	10.49	235	
(3) Magat D	Roxas	Isabel	Region-II (Cagayan Valley)	9.00	10.22	736	
(4) Magat F	Cordon	Isabel	Region-II (Cagayan Valley)	3.80	10.86	330	
(5) Baligatan Dam No.2	Roxas	Isabel	Region-II (Cagayan Valley)	30.00	23.80	5,712	
(6) Chico RIS No.1	Tabak	Kalinga	CAR (Cordillera Administrative Region)	22.10	4.00	707	
(7) Chico RIS No.2	Tabak	Kalinga	CAR (Cordillera Administrative Region)	8.55	12.00	821	
(8) Pampanga RIS	Rizal	Nueva Ecija	Region-III (Central Luzon)	4.70	13.83	520	
(9) Masiway No.2	Pantabangan	Nueva Ecija	Region-III (Central Luzon)	25	40	8,000	
Sub-total				-	-	17,516	
2. VISAYAS Island							
(1) Bao RIS No.1	Kanaga	Leyte	Region-VIII (Eastern Visayas)	13.50	1.45	157	
(2) Bao RIS No.2	Kanaga	Leyte	Region-VIII (Eastern Visayas)	55.30	1.92	850	
Sub-total				-	-	1,007	
3. MINDANAO Island							
(1) Liangan River	Bacolod	Lanao Del Norte	Region-X (Northern Mindanao)	125.00	11.80	11,800	
(2) Mural Dam	Santa Cruz	Davao Del Sur	Region-XI (Davao Region)	25.23	1.00	202	
(3) Balutakay Dam	Balutakay	Davao Del Sur	Region-XI (Davao Region)	100.00	0.60	480	
(4) Marbel River	Koronadal	South Cotabato	Region-XII (Soccsksargen)	22.00	3.25	572	Rehabilitation of Existing Plant
Sub-total				-	-	13,054	
Total				-	-	31,577	

2.2. 現地調査結果

上記対象地域のうち、今回は Marbel No.1 River Irrigation System (RIS) を調査した。

Marbel No.1 RIS は、ミンダナオ島のジェネラルサントス (General Santos) 市の北西約 80km、南コタバト州コロナダル市 (Koronadal City, South Cotabato) に位置している。コロナダル市の電化率は 66.5% (14,762 世帯) であり、Marbel No.1 RIS 内及び周辺地域にも未電化世帯があり、その大部分は照明・燃料を灯油に依存している。従って、小水力発電による電化の必要性は高い。

Marbel No.1 RIS は、NIA の Region 12 事務所が管轄する NIS である。小水力発電の候補となっている箇所は IA (水利組合) ではなく、NIA が直接運営維持管理 (O&M) を行っている幹線水路の急流部 (巻末添付資料 Figure 1 及び 2) 及び頭首工 (Figure 3 及び 4) の 2 箇所である。

前者の幹線水路急流部 (高低差約 15m) には、1973 年に小水力発電所が建設され、横軸のタービン (設計流量 $3.25 \text{ m}^3/\text{s}$ 、出力 600kW) と発電機 (出力 700kVA) は地下に設置された。この施設は 1990 年まで稼動し、電気は電力会社に売られていた。しかし、洪水で冠水・損傷したため 1991 年 1 月以降発電は行われていない (Figure 5、6 及び 7)。洪水時に、機材に最も損傷を与えたのは、主として流水に含まれていた土砂であった。1997 年に改修された頭首工には、沈砂池が設けられ、幹線水路に土砂が入らないように対策が施されている。また、頭首工下流 500m 程のところにも沈砂池がある (Figure 8)。更に、NIA は、幹線水路中の著しい堆砂は、重機によって適時撤去している。しかしながら、流入土砂対策に加えて、発電機を地上部に設置するのが洪水対策として好ましく、その為にはタービンと発電機を縦軸タイプに変更する必要がある。発電を再開するには、建物と導水管 ($\Phi 1200$) は補修で対応できるが、それ以外の付属設備 (発電制御盤、配開装置、変圧器など) を全て換装する必要がある。また、今回の調査では、年間を通して確保することができる水路の流量は、平均 $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ であることがわかった。従って、タービンは設計流量 $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ で出力 410kW のものへ、発電機を出力 400kVA のものへそれぞれスケールダウンするのが適当と考えられる。

後者の発電設備は、新設であり、頭首工の高さ (約 4m) を利用するものである。100kW 程度の発電に、流量 $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{s}$ が必要である。しかし、Marbel No.1 RIS の Superintendent (施設管理責任者) によれば、水田灌漑期には全河川水を取水して灌漑に利用する為、下流には水を流さないとのことであり、発電に必要な流量が年間を通して確保されるわけではない。従って、発電事業を実施する場合、年間の発電可能日数、初期及び維持管理コストなどの総合的な経済分析を要する。また、流下する土砂或いは堆砂による発電設備への損傷を防ぐためには、頭首工の O&M との兼ね合いを考慮し、設置位置を十分に検討する必要がある。

今回の調査箇所である幹線水路急流部と頭首工は、どちらも NIA の管理する施設である。従って、Marbel No.1 RIS で小水力発電が実施された場合、設備の所有、O&M、売電は NIA によって行われ、収益は NIA 本部に送る意向を NIA は示しているが、修理すれば使用可能と思われる送電設備があることから、施設修復後は以前の通り再び電力会社に売電される可能性が高い。しかしながら、独立電源型事業による山間・農村地域の電化推進という観点からは、NIA が直接 Marbel No.1 RIS 内及び周辺住民の組織する村落電化組合(Barangay Power Association : BAPA)に配電し、料金徴収による維持管理を行わせることが望ましい。またその利点として、(1) 電力会社の中間マージンの無いので価格を安くできる、(2) 送電距離を短くすることにより、送電ロスを低く抑えることができる、の 2 点が挙げられる。

Marbel No.1 RIS の ISF (灌漑水利費) の徴収率は 84% と高く、灌漑施設そのものの O&M コストの 95% を賄っている (Figure 9)。一般に灌漑サービスの質と ISF 徴収率は正の相関関係があると考えられている。同様に考えれば、電気が安定して供給され、利用者が満足する限り、この地域での電気料金の不払いや盗電は少なくなると予想される。電気料金の決定に当たっては、発電・送電・各個配電に係るコスト、住民の Ability-to-Pay (電気代支払い能力)、Willingness-to-Pay (電気代支払い意向額) 等をさらに調査する必要がある。

一方、フィリピン政府の重要政策目標は、「電化による農村地域の『生活水準の向上』と『新規収入の創出による貧困撲滅』」である。後者の観点からは、Marbel No.1 RIS の小水力発電事業は灌漑受益農民や周辺住民にとって経済的プラスになるべきである。管理責任者によれば、Marbel No.1 RIS 内には、老朽化により使用不可能になりリハビリテーションを必要とする灌漑施設がある。現在は土嚢等による仮設構造物で対応しているが、永久構造物にする必要がある、という。更に灌漑地域の拡張や治水事業 (排水路の新設) の計画もある。以上を考えると、売電による収益を、NIA 本部に送るのではなく、Marbel No.1 RIS 内で管理し、上述のような農業所得向上・安定化に繋がる事業に投資できる仕組みを作ることは有意義であり、政策に沿うものである。

結論としては、本地区の灌漑施設利用小水力発電事業はハードウェアの観点からは「問題なし」と判断できる。検討されるべきはソフトコンポーネントであり、国家政策と住民の利益に供する制度作りとその制度下での採算性である。これらの問題は、NIAだけでなく、他の関連省庁（DOE、NEA 等）も交えて検討する必要がある。

2.3. 事業実施プログラム

2.3.1 事業工程

本件の事業実施には5年間で想定される。詳細は下記の通り。

- 初年度： 対象地区（15ヶ所）の再確認、詳細設計
維持管理計画、住民生計向上計画の策定
- 2年度： 施工計画策定
資機材調達に係る資格審査、入札、入札評価および契約
- 3年度： 機材製作、輸送、据付、土木工事(1)
- 4年度： 機材製作、輸送、据付、土木工事(2)
維持管理組織形成／強化
維持管理指導
- 5年度： 機材製作、輸送、据付、土木工事(1)
維持管理指導

2.3.2 コンサルタント・サービス

本件の実施に際しては国際協力銀行（JBIC）の円借款による資金協力要請が予想される。円借款での実施となった場合、コンサルタントは国際協力銀行の調達規定により選定、雇用される。コンサルタントの主要なTORは下記の通り。

- － 事業計画の再確認、対象地区調査（自然条件調査、社会経済調査）
- － 事業実施計画策定、詳細設計（機材、土木）
- － 施工計画策定

- － 入札に係る施主に対する支援（入札図書、評価）
- － 施工図面の確認、承認
- － 施工監理
- － 維持管理指導（組合組織強化）
- － 関係機関、JBIC への報告書作成

2.4. 総合所見

日本は長年にわたり再生可能エネルギーの研究・開発に取り組んでいる。小水力発電については、特に農業用水を利用した事業が全国各地で計画・実施されており、日本は本分野での豊富な経験と高い技術を有している。

また本事業は既存の農業用灌漑施設を利用するものであり、工事期間中に灌漑受益地に与える影響は最小限に抑える必要があることから、事業の円滑な実施のためには日本が持つ豊富な経験・高度な技術が求められる。更に施設の適切な維持管理・運営に係る指導についても、長年培われてきた日本のノウハウが十分に生かされるものと考ええる。以上より、本件を日本の開発援助にて実施することには高い効率性と妥当性が認められることから、本件の本邦 ODA による実施が強く期待されるものである。

添 付 資 料

1. 調査団員	3-1
2. 調査行程	3-1
3. 関係官庁面会者	3-2
4. 現地写真集その他	3-3

1. 調査団員

下地 富治	調査団長	(株)三祐コンサルタンツ 海外事業本部 常務取締役
岡田 洋昭	施設計画	(株)三祐コンサルタンツ 海外事業本部 技術部
須藤 晃	維持管理計画	(株)三祐コンサルタンツ 海外事業本部 営業部

2. 調査行程

日順	月	日	曜	下地	岡田	須藤
1	11	28	月	名古屋→マニラ (PR437) (09:50発13:10着) マニラ→ダバオ (PR813 16:00発)	東京→マニラ (JL-741) (09:40発13:30着) マニラ→ダバオ (PR813 16:00発)	
2		29	火	関係機関協議 ダバオ→マニラ (PR814 16:00発)	現地調査(ダバオ)	
3		30	水	E0J、JICA	現地調査(ダバオ)	
4	12	1	木	NIA協議	現地調査(ダバオ)	
5		2	金	関係機関協議	現地調査(ダバオ)	東京→マニラ (JL-741) (09:40発13:30着) 関係機関協議
6		3	土	資料整理	ダバオ→マニラ (PR814 16:00発)	資料整理
7		4	日	マニラ→香港→ハノイ (CX791 15:55)	整理、準備	資料整理
8		5	月		マニラ→ ジェネラルサントス (PR453 07:00発)	マニラ→ ジェネラルサントス (PR453 07:00発)
9		6	火		現地調査 (ジェネラルサントス)	現地調査 (ジェネラルサントス)
10		7	水		ジェネラルサントス→ マニラ (PR454 10:05発)	ジェネラルサントス→ マニラ (PR454 10:05発)
11		8	木		マニラ (09:40) →東京 (JL746)	マニラ (09:40) →東京 (JL746)

3. 関係機関面会者

(1) Manila

・National Irrigation Administration (NIA)

Mr. Carlos S. Salazar	Assistant Administrator for System Management
Mr. Edilberto E. Punzal	Manager, Project Development Department (PDD)
Mr. Edilberto B. Payawal	Manager, System Management Department (SMD)
Mr. Guregorio S. Dumandan	Manager, Equipment Management Department (EMD)
国枝 正	JICA派遣専門家
降旗 英樹	JICA派遣専門家

・Department of Energy (DOE)

Mr. Ronnie N. Sargento	Manager, Renewable Energy Management Division (REMD)
Mr. Epifanio G. Gacusan, Jr.	SSRS, Renewable Energy Management Division (REMD)

・日本大使館

石井 克欣	一等書記官(農水)
-------	-----------

(2) Davao

・City Government of Davao

Mr. Rafael E. Seguis	City Planning and Development Officer
Ms. Dolores A. Robosa	City Councilor

・National Irrigation Administration

Mr. Serafin Y. Guillero, Jr.	Regional Manager
------------------------------	------------------

・Department of Engery

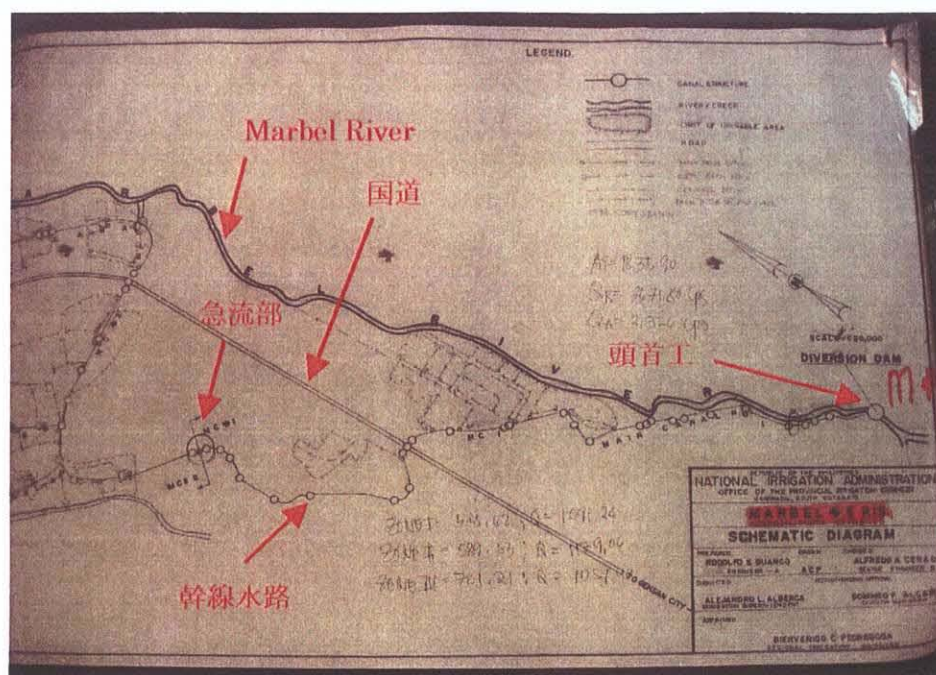
Mr. Manuel M. Llanaeza	Director, Mindanao Field Office (MFO), Davao City
------------------------	---

(3) General Santos

・National Irrigation Administration

Mr. Orlando A. Tibang	Irrigation Superintendent, Marbel-Banga RIS, Koronadel City
Mr. Manolito S. Tovines	Senior Engineer B, Marbel-Banga RIS Office

現 地 写 真 集 そ の 他

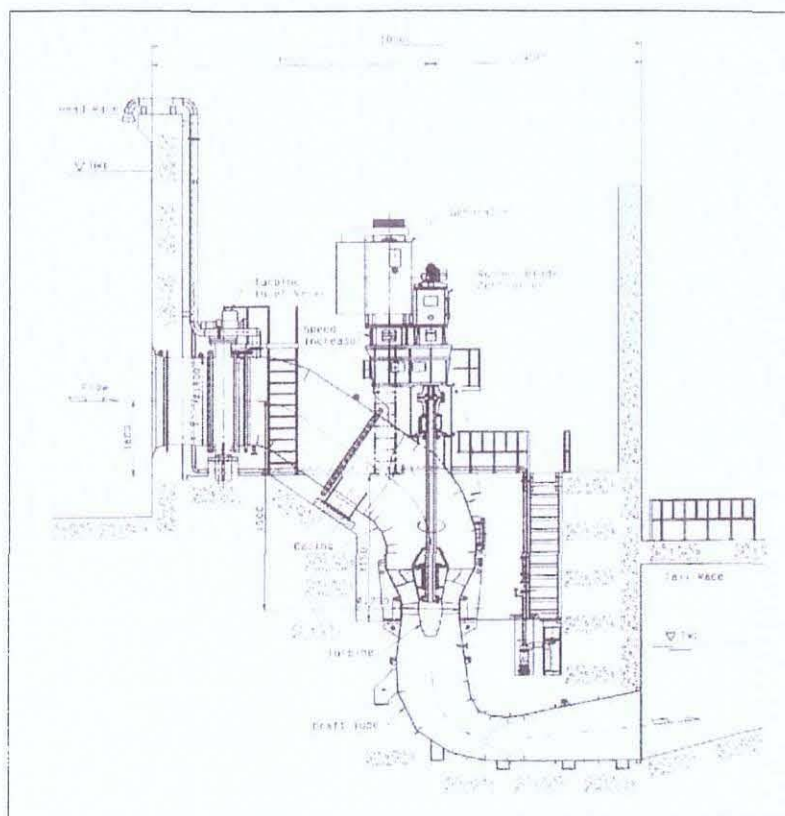


補足資料 1. Marbel No.1 River Irrigation System の幹線水路上流部平面図。
この地域には未電化世帯が比較的多い。

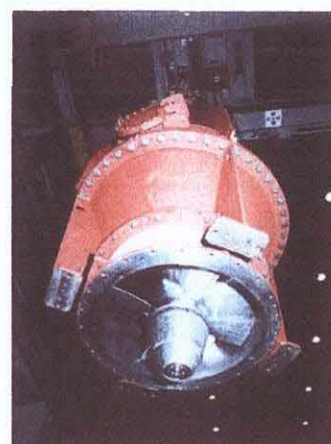
	Existing Unit	Proposed Unit
Turbine Type	Horizontal shaft, Propeller type Turbine	Vertical shaft, Francis Turbine
Net Head (m)	22.0	
Design Flow (m ³ /s)	3.25	2.2
Speed (rpm)	720	600
Turbine Output (kW)	600	410
Generator Type	Horizontal shaft, Synchronous Generator	Vertical shaft, Synchronous Generator
Generator Capacity (KVA)	700	400
Rated Voltage (V)	3,300	
Power Factor	0.8	0.95
Expected Annual Energy Output (MWh)	2.2(See Note)	2.3~2.5

(Note) This output shows the average output during 1985~1990, obtained from the running records of existing unit.

補足資料 2. 旧発電設備と提案されている新設備との比較。プロペラ・タイプからフランシス・タイプに変更することにより、メンテナンスを容易にできる。例えば、油圧式ガイド・ベーン（発電機の起動・停止、運転出力の調整をする装置）の電動化や無オイル・ベアリングの採用。



補足資料 3. 頭首工に設置可能なミニ/マイクロ発電設備（縦軸セミ・カプラン式タービン発電機）の標準断面の例。左はカプラン・タービンの写真。



補足資料 4. 左はフランシス・タービンの写真、右はカプラン・タービン（羽根の角度を変えられるプロペラ）の写真。



Figure 1. 幹線水路急流部の発電設備棟と導水管(Φ1200)。建物とパイプは、メンテナンスを要するが、使用可能である。建物の左、導水管下流、門型クレーン下部(地下)に横軸のタービンと発電機がある。建物内には配電盤等の設備がある。



Figure 2. 用水の迂回路出口。現在は発電を実施していないので、用水を迂回させて、発電施設の直下流で幹線水路に合流させている。写真左手奥に発電設備棟がある。



Figure 3. 1997年に改修された Marbel River No.1 頭首工（左岸下流から）。赤で囲んだ部分にタービン発電機を設置する候補箇所。ゲートや巻上げ機は、よく維持管理されていて問題なく稼動するが、固定堰上流部は堆砂で埋まってしまっている。



Figure 4. 1997年に改修された Marbel River No.1 頭首工（左岸上流から）。頭首工直上流の左岸法面に取水ゲートが2門ある。取水量は、量水標で測っているとのこと。導流壁と取水ゲートの間に幹線水路への土砂の侵入を防ぐための越流壁設けられている。



Figure 5. 洪水で冠水し損傷した横軸式発電機。修理不可能で、交換が必要。奥に見えるのは同じく横軸式タービン。

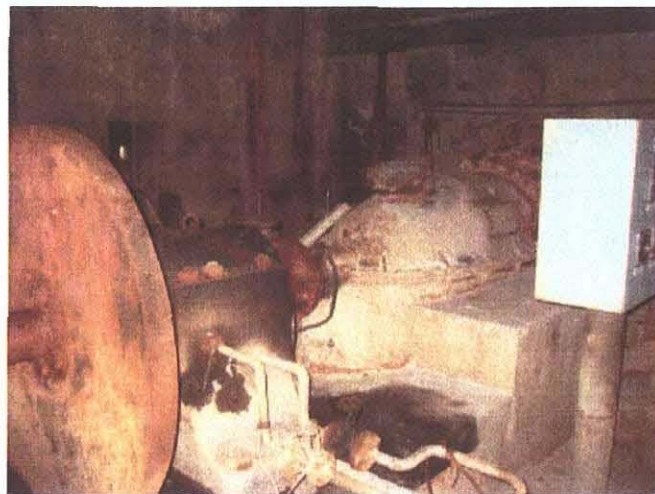


Figure 6. 洪水で冠水し損傷した横軸式タービン。交換が必要。左側に見える円盤はフライホイール。

MARBEL HYDRO POWER PLANT Koronadal, South Cotabato										
MONTH	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
JANUARY		251,877	254,803	180,031	89,870	173,102	214,599			
FEBRUARY		189,153	239,455	170,804	111,085	162,536	160,142			
MARCH		168,561	147,857	103,957	67,707	172,650	117,948			
APRIL		176,543	162,430	103,671	117,387	151,357	86,721			
MAY		313,598	264,568	161,392	148,166	231,261	104,194			
JUNE		260,777	257,777	228,669	251,397	187,371	15,307			
JULY		202,486	171,659	238,439	284,548	169,431	149,321			
AUGUST		185,300	229,321	152,410	260,285	149,373	98,779			
SEPTEMBER		170,930	220,590	157,335	282,270	155,714	122,850			
OCTOBER	227,453	139,940	236,150	217,325	141,201	171,125	73,568			
NOVEMBER	253,706	98,412	244,830	190,930	290,623	114,938	71,022			
DECEMBER	270,221	175,110	220,516	152,740	297,678	245,071	239,015			
TOTAL	751,380	2332,577	2,651,959	2,057,709	2,342,217	2,086,932	1,453,466			
% INCREASE (DECREASE)		210.3	13.67	(22.40)	13.82	(10.89)	(30.35)			

Figure 7. 月別発電量の記録。洪水による損傷の為 1991 年以降発電されていない。発電設備への土砂流入対策が必要となる。



Figure 8. 頭首工の 500m 下流にある沈砂池。左側が幹線水路で、右側が Marbel River に通じる排砂門。排砂時は、幹線水路の側の水門を閉じ、エンジン式ウィンチで排砂ラディアルゲートを開ける。

MARBEL I RIVER IRRIGATION SYSTEM O & M ACCOMPLISHMENT SEASON												
PERIOD COVERED JULY TO OCTOBER 2000												
NAME OF FIA	SERVICE AREA	IRRIGATED AREA	HARVESTED AREA	YIELD	EXEMPTED AREA	YIELD	BENEFITED AREA	CURRENT COLLECTIBLE	CURRENT ACCOUNT	OLD ACCOUNT	PAYMENT NEW BACK ACCOUNT	TOTAL COLLECTION
SYSTEM	155.47	155.47	88.53	30,824.50	70.94	187.00	174.59	1,000,000.00	480,000.00	480,000.00	0.00	480,000.00
DAU ASA	21.12	21.12	11.92	3,038.00	-	-	19.20	400,000.00	150,000.00	150,000.00	0.00	150,000.00
BOUPA	9.40	9.40	10.57	9,400.00	1.15	34.00	8.25	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
MOPIA	12.00	12.00	14.95	15,000.00	3.05	21.00	11.95	40,000.00	15,000.00	15,000.00	0.00	15,000.00
MAPIA	20.45	20.45	32.23	3,000.00	-	-	28.22	20,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
ELACIA	21.00	21.00	30.35	3,500.00	0.65	10.00	20.35	40,000.00	15,000.00	15,000.00	0.00	15,000.00
ESNIA	14.40	14.40	12.41	8,100.00	1.99	15.00	12.41	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
DIVISION A	107.84	107.84	56.43	20,000.00	5.34	147.00	95.47	480,000.00	180,000.00	180,000.00	0.00	180,000.00
LENIA	10.00	10.00	11.01	1,000.00	-	-	8.99	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
EVERLASTINA	10.00	10.00	10.11	3,000.00	-	-	9.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
LAFFIA	10.00	10.00	10.11	3,400.00	-	-	9.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
NERACA	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
LAUPA	10.00	10.00	8.50	8,000.00	-	-	11.50	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
LANIA D	10.00	10.00	11.11	9,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
DIVISION B	10.00	10.00	11.11	9,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
NE SACA	10.00	10.00	11.11	3,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
LANIA	10.00	10.00	11.11	3,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
DANNAWAG	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
DAONAW	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
MAHARUNA	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
UNIFIA	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
GARA IA	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00
DIVISION C	10.00	10.00	11.11	1,000.00	-	-	8.89	30,000.00	10,000.00	10,000.00	0.00	10,000.00

Figure 9. 灌漑施設の操作・維持管理 (O&M) 状況。灌漑サービス料金 (ISF) の徴収率は 84%であり、O&M の 95%はそれで賄われている。