

ミャンマー国

バルーチャン第二水力発電所補修計画

## 基本設計調査報告書

平成 14 年 1 月

国際協力事業団  
日本工営株式会社  
東京電力株式会社

無償三

CR ( 3 )

02-005

ミャンマー国

バルーチャン第二水力発電所補修計画

## 基本設計調査報告書

平成 14 年 1 月

国際協力事業団  
日本工営株式会社  
東京電力株式会社

## 序 文

日本国政府は、ミャンマー連邦国政府の要請に基づき、同国のパルーチャン第二水力発電所補修計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成 13 年 8 月 9 日から 9 月 14 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ミャンマー政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成 13 年 10 月 31 日から 11 月 10 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 14 年 1 月

国際協力事業団  
総裁 川上隆朗

## 伝 達 状

今般、ミャンマー連邦国におけるパルーチャン第二水力発電所補修計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成 13 年 7 月より平成 14 年 1 月までの 6.5 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ミャンマーの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

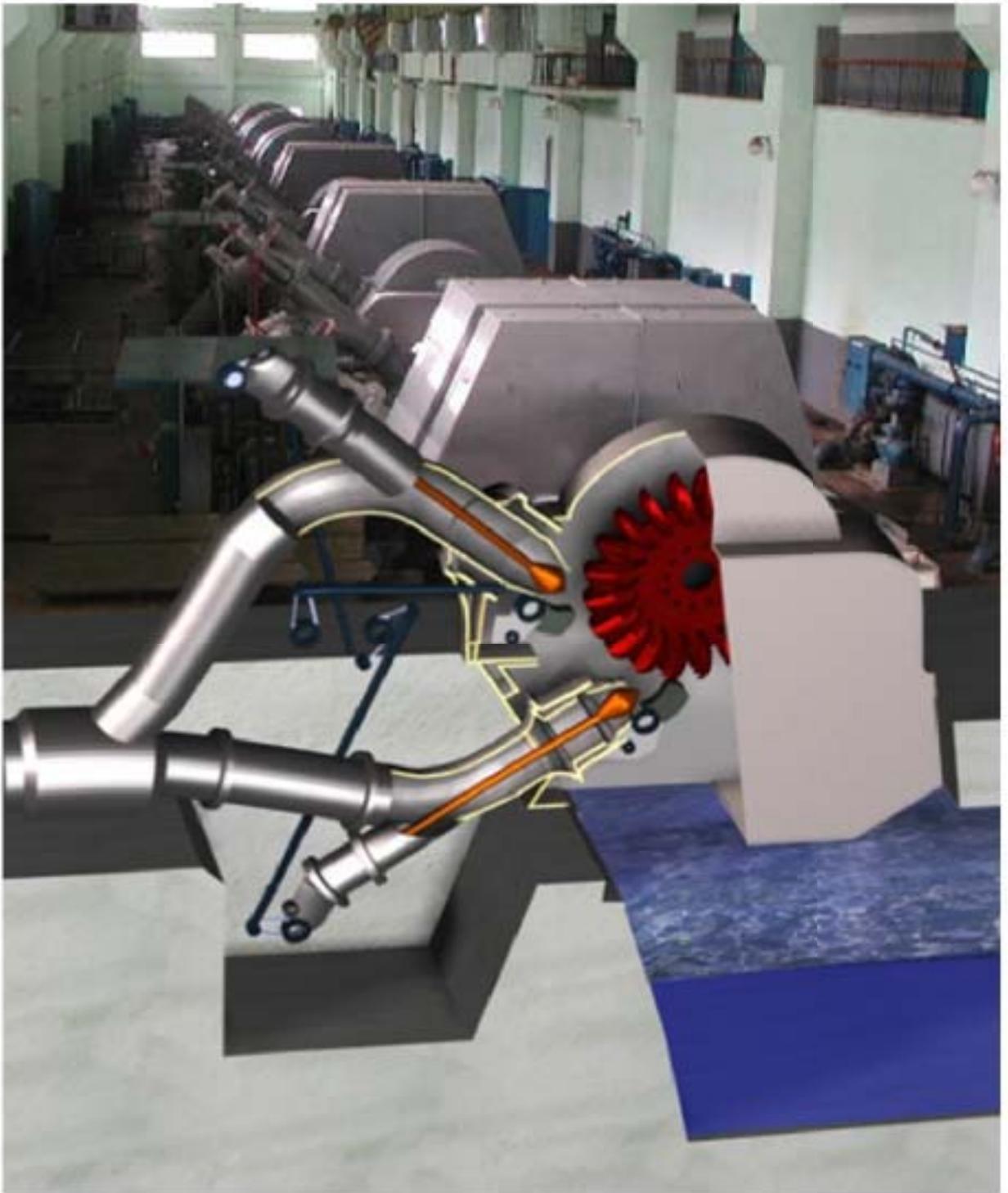
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 14 年 1 月

共 同 企 業 体  
日 本 工 営 株 式 会 社  
東 京 電 力 株 式 会 社  
ミ ャ ン マ ー 連 邦  
パルーチャン第二水力発電所補修計画  
基 本 設 計 調 査 団  
業 務 主 任 松 島 憲 章



ブルーチャン第二水力発電所補修計画基本設計調査  
調査位置図



バルーチャン第二水力発電所補修計画  
完成予想図



**パルーチャン第二発電所全景**



**発電所建屋内**  
手前より16号水車発電機



デフレクタ  
[# 号機B側下部]

両サイドアームの壊食と  
貫通穴を確認  
(クーラ清掃のために停止した  
際に撮影)



ニードル  
[# 号機B側下部]

ニードルチップに水流による  
磨耗 (縞模様)を確認  
ニードルチップとノズルチップ  
の間にギャップを確認



給水ポンプ

毎週、1972年製のポンプ10  
台のうち1台のパッキン取替  
を実施  
(漏水による)



所内排水ポンプ

1959年製で、2台とも吐出量減少しているため、更にポンプを1台仮設し運用中



ブースタ変圧器用  
冷却水ポンプ

1959年製で劣化が著しい  
吐出量減少(30[%程度])



開閉所用空気圧縮機

漏気  
漏油  
部品磨耗



主要変圧器  
[# 号機 S相 T相]

熱交換器容量不足  
計器不良



計器用変流器  
[# 号 T相]

漏油状況



所内変圧器

右側変圧器の漏油状況



自動電圧調整器盤  
[# 号機]



制御盤正面  
[# 号発電機盤]

状態表示器損傷  
メータ破損  
記録計破損



制御盤内  
[# 自動制御盤]

I 線を制御ケーブルに使用  
ケーブル被覆劣化  
信頼性低下



充電器  
[CHLORI DE]

コンデンサー損傷により撤去  
(T手前)  
ヒューズ等の予備品が無い  
ため結線を変更して使用



屋外変電所制御ケーブル  
[# 号機]

ケーブル被覆劣化  
地絡事故発生箇所  
(中央白テープ部)



屋外変電所制御ケーブル  
[# 号機]

地絡事故調査箇所  
(ケーブル被覆を剥がして  
調査実施)



天井クレーンコントローラー  
接触不良により速度切替不良



バルーチャン第二(発)~  
カロー(変)間の鉄塔  
1回線のみ架線

## 図表リスト

### < 図 >

図 2-1	ミャンマー電力公社(MEPE)の組織図	2-1
図 2-2	バルーチャン第二水力発電所の組織図	2-2
図 2-3	モビエダム水位の変化	2-7

### < 添付図 >

添付図 1-1	ミャンマー国電力系統図	1-10
添付図 2-1	バルーチャン水系図	2-9

### < 表 >

表 1-1	電力供給と電力需要の推移	1-1
表 1-2	ヤンゴン市の日負荷曲線	1-2
表 1-3	設備容量と可能発電出力	1-2
表 1-4	年間発電電力量の推移	1-3
表 1-5	年間発電電力量の内訳 2000/01 年度	1-3
表 1-6	電力使用の内訳 2000/01 年度	1-4
表 1-7	電力開発計画	1-6
表 1-8	主要経済指標	1-6
表 1-9	バルーチャン第二水力発電所の開発推移	1-7
表 1-10	電力セクターにおける開発調査	1-8
表 1-11	電力セクターにおける有償資金協力案件	1-9
表 1-12	電力セクターにおける無償資金協力案件	1-9
表 1-13	他のドナー国・機関の関連する援助	1-9
表 2-1	ミャンマー電力公社(MEPE)の歳入・歳出	2-2
表 2-2	部門別の歳出	2-3
表 2-3	既存機器の現状	2-4
表 2-4	5年間の水車発電機故障停止回数実績	2-5
表 3-1	全体計画	3-5
表 3-2	一般競争入札と随意契約入札	3-19
表 3-3	業務実施工程表	3-28
表 3-4	バルーチャン第二水力発電所の維持管理費	3-32
表 3-5	通常交換部品リスト	3-32
表 3-6	分解点検時に新規購入が必要な交換部品	3-32
表 4-1	計画実施による効果と現状改善の程度	4-1

## 略語集

ACSR	: Aluminum Conductor Steel Reinforced	鋼心アルミニウムより線
ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
CB	: Circuit Breaker	遮断器
CV	: Cross-linked polyethylene insulated and polyvinyl chloride sheathed power cable	架橋ポリエチレン絶縁 ビニルシース電力ケーブル
CVT	: Cross-linked polyethylene insulated and polyvinyl chloride sheathed triplex power cable	トリプレックス形架橋ポリエチレン 絶縁ビニルシース電力ケーブル
CVV	: Polyvinyl chloride insulated and sheathed control cable	ビニル絶縁ビニルシースケーブル
DEP	: Department of Electric Power	電力局
DS	: Disconnecting Switch	断路器
MEPE	: Myanma Electric Power Enterprise	ミャンマー電力公社
GDP	: Gross Domestic Product	国内総生産
GWh	: Gigawatt-hour	ギガワット時 = 十億ワット時
IEC	: International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
JEC	: Japanese Electromechanical Committee	電気学会・電気規格調査会
JIS	: Japanese Industrial Standard	日本工業規格
MW	: Megawatt	メガワット = 百万ワット
TR	: Transformer	変圧器

## 要約

ミャンマー国は、1988年以降、市場経済化と対外開放政策を軸とした経済改革を順次推進してきた結果、経済はプラス成長へ転じ1992年度以降は堅実な成長を見せ、1988年度から1999年度の過去12年間の国内総生産 (GDP)成長率は年平均7%と報告されている。

GDPの成長に伴って電力需要も堅調に増加し、2000年度の最大電力需要は1987年度の2.5倍、その伸びは年率8.5%となっている。2001年8月には全国規模で850MWの電力需要を記録している。

一方、電力供給を受け持つ発電設備は、電源開発により2000年度の総設備容量は976MWに強化されている。その内訳は、水力327MW (33%)、ガスタービン475MW (49%)および蒸気タービン174MW (18%)となっている。しかし、過半数の供給を担っているガスタービン発電所が、燃料供給量の低下および補修部品の調達困難から全稼働できない状況にあり、可能発電出力は総設備容量の69% (677MW)に落ち込んでいる。

発電された電力は国内の送電系統 (230kV、132kVおよび66kVの送電線) により、全国14州・管区のうち5州・6管区に及ぶ323の都市ならびに1,087村落に供給されている。しかし、発電設備に対して基幹送電線の強化あるいは拡張が伴っておらず、送電容量不足となっている。その結果、過負荷送電による送電損失の増大を招き、電力供給力不足の一因となっている。

このような電力事情から、1980年代後半より電力需要が供給を上回る電力不足の状況が続いており、2001年8月には最大電力需要の29%にあたる250MWの電力が不足している。電力不足に対処するために、首都ヤンゴンやマンダレーなどの主要都市では計画停電を実施せざるを得ない状況に陥っており深刻な問題となっている。

慢性的な電力不足に悩むミャンマー国にとって、既存発電設備による安定した電力供給を継続維持した上で、新規電源開発を推進し電力供給力を強化していくこと、ならびに送電損失の低減による電力供給の効率化を図ることが急務となっている。これを受けて、ミャンマー国政府は国家5カ年計画(2001-2005年度)において、電力開発を国家の最優先課題として位置づけ「発電容量の増加および電力セクターの開発」を最重要基本方針として掲げ、2005年度における発電設備容量を、2000年度比で3.6倍に引き上げる計画を策定している。

バルーチャン第二水力発電所(総設備容量168MW:28MW x 6台)は、首都ヤンゴンの東北約300kmのカヤ州ローピタのバルーチャン川に位置し、総発電電力量の24%にあたる電力を供給している最大規模の発電所である。しかし、運転開始以来1-3号機が40年、4-6号機は25年を既に経過しており連続フル稼働運転により、機器の損傷・磨耗および経年による老朽化が進んでいる。

特に老朽化が著しい1-3号機の水車発電機を対象とした補修が、日本国政府の有償資金協力により1992-1994年に実施され発電機能の維持が計られたが、主要変圧器、開閉機器、制御機器等の電気設備は、現在まで一度も本格的な補修が実施されておらず近い将来には重大事故につながる事が懸念され、ミャンマー国の電力供給に支障を来す恐れが出ている。

このような状況の下、ミャンマー政府は我が国にバルーチャン第二水力発電所の補修に係る無償資金協力を要請したものである。

この要請に対し日本国政府は、本計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。当事業団は2001年8月9日より9月14日まで基本設計調査団をミャンマー国へ派遣した。調査団はミャンマー政府関係者等と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施した。本調査の目的は本計画の必要かつ最適な内容および規模を検討すると共に、その効果ならびに無償資金協力案件としての妥当性を確認することである。帰国後の国内作業の後、同年10月31日から11月10日まで基本設計概要説明調査団をミャンマー国へ派遣した。

本計画は、バルーチャン第二水力発電所の 1-6 号機を対象として老朽化した機器の補修および更新を実施し機器の原形復旧・機能回復を図ることにより、近い将来起こる可能性のある重大事故を未然に防ぐものである。また、設備の運営維持管理に係るソフトコンポーネントを実施することにより運転維持管理体制をさらに強化するものである。その結果、発電所の信頼性・安全性が維持され、ミャンマー国内の継続的電力安定供給に貢献することを目的としている。

一方、バルーチャン第二水力発電所の発電電力は第一発電所の電力(28MW)と併せて、132kV 送電線および 230kV 送電線によりカロー/マンダレー地域およびヤンゴン地域へ各々供給されている。しかし、合計発電電力が 196MW であるのに対し、総送電容量は 130MW であり絶対送電容量が不足している。このため送電線は常に過負荷の状態(約 150%)で電力を送っている。また、132kV 送電線は 2 回線鉄塔に 1 回線のみが架線されているため、送電線事故時あるいは保守点検時には送電が停止しカロー/マンダレー地域への電力供給に支障が生じている。このような状況を改善するために、かつ発電所補修により維持される電力供給をより確実に送電するために、本計画において追加送電線を調達するものとする。

本計画は、次の基本方針に基づき策定した。

- a) 本計画による補修は、重大事故を未然に防止すると共に設備の機能維持を目的として、1-6 号機の発電設備および変電設備を対象として緊急な補修を要する資機材を調達する。
- b) 40 年という経年のため原形復旧が困難な設備については、発電所運転保守要員の技術レベルおよび今後の維持管理体制に見合った仕様に補修する。
- c) 補修される資機材の配置および施工方法については、既存機器への影響が最小化する方法を採用する。
- d) 本計画の据付工事ならびに現場試験は、日本側技術指導員の指導のもとに第二水力発電所所属職員が実施する。
- e) 本補修工事実施時期は、ミャンマー国の電力系統に及ぼす影響を最小とするように、乾季であり電力系統への影響が比較的少ない10月から3月の6ヶ月とする。

要請内容を上記の基本方針にて検討の結果、次の協力が最適案であると判断される。

機材名称	補修内容
1. 励磁装置	1-3号機の静止型励磁装置に更新
2. ガバナ用圧油供給装置	4-6号機の圧油ポンプ取替 1-6号機の集油槽冷却器/ストレーナー取替
3. 水車用圧縮空気供給装置	1-3号機の圧縮空気供給装置の更新 4-6号機の圧縮空気供給装置の取替
4. 冷却水供給装置	1-6号機の冷却水ポンプの取替
5. オイルリフター	4-6号機の制御盤の取替
6. 入口弁	1-3号機の入口弁の更新
7. 入口弁金属シール	4-6号機の入口弁シールの取替
8. 入口弁制御盤	1-6号機の制御盤の取替
9. ニードルおよびノズル	1-6号機のニードルチップおよびノズルチップの取替

10. デフレクター	1-6号機のチップおよびアームの取替
11. 主軸水切り	5号機の主軸水切りの取替
12. 予備ランナー	予備ランナーの供給
13. 制御ケーブル	1-6号機の屋内外制御ケーブルの更新
14. 発電機制御盤	1-3号機の修理 4-6号機の取替
15. 主要変圧器	4-6号機の取替
16. 132kV 変流器	取替
17. 132kV 遮断器	取替
18. 132kV 断路器	取替
19. 遮断器用空気圧縮装置	取替
20. 132kV 送電線制御盤	送電線制御盤の修理
21. 整流器、蓄電池	整流器の取替/蓄電池の修理
22. 天井走行クレーン	抵抗器の取替
23. 132kV 送電線	追加送電線の設置
24. 所内排水ポンプ	排水ポンプの更新
25. ブースター変圧器用給水ポンプ	給水ポンプの更新
26. 主要変圧器-11kV キュービクル間 11kV 電力ケーブル	1-3号機の電力ケーブルの取替
27. 所内変圧器	取替
28. 132kV 避雷器	取替
29. 潤滑油供給システム	1-6号機の継電器の取替
30. 水車ランナー	1-2号機の取替

本計画の全体工程は交換公文（E/N）の締結から補修工事完了まで34ヶ月を要し、単年度期分けにより実施する計画である。各期において、実施設計に約4.0ヶ月を、また機材調達期間として設計製作、輸送、据付工事、現場試験およびソフトコンポーネントを含めて約17.5ヶ月を予定している。

本計画の概算事業費は約33.07億円（日本側33.03億円、ミャンマー側0.04億円）と見込まれている。

本計画の実施により、以下の直接効果および間接効果が期待できる。

(1) 直接効果

- a) 1 6号機および変電機器の電氣的、機械的な性能および運転上の信頼性・安全性が維持され、重大事故発生を未然防止できる。
- b) 1 6号機の保守頻度および故障発生率が低減し、電力供給信頼度の回復・改善とともに、維持管理費が軽減できる。

- c) ソフトコンポーネントにより発電所の運転維持管理に関する技術力が向上し適切な点検修理計画を実行することにより機器故障を未然に防ぎ、トラブルによる電力供給力低下を防止することができる。
- d) 上流の第一水力発電所は第二水力発電所と一体運営されているため、第二水力発電所の設備事故を未然に防止することは、第一水力発電所の安定継続運転に寄与する。
- e) 132kV 追加送電線により送電容量が現状の 40MW から 2 倍の 80MW に強化され、過負荷状態が大幅に緩和される。
- f) 1 回線送電線事故時においても、残りの送電線により電力供給が確保できるためカロー/マングレー地域への電力供給の信頼性が向上する。
- g) 2 回線化により送電損失は現状の半分の 3.5MW に低減する。即ち 3.5MW の発電所出力増加に相当する電力供給力が増加する。

## (2) 間接効果

- a) 社会経済活動に必要な電力の供給が維持され、電力供給力不足による住民生活への影響を補修前と比し悪化させない。
- b) 既存の電力供給力を安定維持することにより、電力セクターの重要課題である新規電源開発による総発電電力量の増加に大きく寄与する。
- c) 発電所の技術者が、故障・事故時に必要な点検・修理について、ミャンマー側独自で対応するのに必要な技術を、本計画を通して修得できると期待される。特に、若手技術者の人材育成にとって絶好の機会となる。
- d) 本プロジェクトで修得された技術は、ミャンマー全国の水力発電所にも移転され総体的な技術力向上効果をもたらすことが期待できる。

本計画の裨益対象地域は、バルーチャン第二水力発電所から電力が供給されている、カロー/マングレー地域、ヤンゴン地域とバルーチャン第二水力発電所周辺のロイコー/モビエ地域、ローピタ地域であり、その人口は1,200万人以上でミャンマー国の人口の約26%に相当する。補修は既設発電所内の作業および既設送電線への追加作業であるため、新たな施設の建設はなく土地収用などの問題は発生することはない。また、周辺住民ならびに周囲環境へ特段の影響を与えることはないと考えられる。

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、広く住民の基礎的生活条件の向上に寄与するものである。また、以下の点が先方実施機関により改善・整備されれば、本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうると考えられる。

### (1) 必要予算の確保

発電機能の維持は、各設備の消耗部品及び摩耗部品を保守・点検基準に基づいて適宜交換することが前提となる。その実施時期の計画立案と必要資金を遅滞なく確保することが不可欠である。

### (2) 保守点検の的確な実施

設備の性能維持・回復、設備障害の早期発見、事故の未然防止を目的として精密点検を含む保守点検を計画的に実施することが不可欠である。

## 目次

序文

伝達状

位置図/完成予想図/写真

図表リスト/略語集

要約

### 第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題 .....	1-1
1-1-1 現状と課題 .....	1-1
1-1-2 開発計画 .....	1-5
1-1-3 社会経済状況 .....	1-6
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要 .....	1-7
1-2-1 背景・経緯 .....	1-7
1-2-2 プロジェクト概要 .....	1-8
1-3 我が国の援助動向 .....	1-8
1-4 他ドナーの援助動向 .....	1-9

### 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制 .....	2-1
2-1-1 組織・人員 .....	2-1
2-1-2 財政・予算 .....	2-2
2-1-3 技術水準 .....	2-3
2-1-4 既存施設・機材 .....	2-4
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況 .....	2-6
2-2-1 関連インフラの整備状況 .....	2-6
2-2-2 自然条件 .....	2-6
2-2-3 周辺環境への影響 .....	2-7

### 第3章 プロジェクトの内容

3-1	プロジェクトの概要 .....	3-1
3-2	協力対象事業の基本設計 .....	3-1
3-2-1	設計方針 .....	3-1
3-2-1-1	基本方針 .....	3-1
3-2-1-2	自然条件に対する方針 .....	3-2
3-2-1-3	調達事情に対する方針 .....	3-2
3-2-1-4	据付工事に係る方針 .....	3-2
3-2-1-5	実施機関の運営・維持管理能力に対する方針 .....	3-3
3-2-1-6	資機材の設計範囲、グレードの設定に係る方針 .....	3-3
3-2-1-7	調達方法、工期に係る方針 .....	3-3
3-2-1-8	追加 132kV 送電線に係る方針 .....	3-4
3-2-1-9	鉄管内部の清掃に係る方針 .....	3-5
3-2-2	基本計画 .....	3-5
3-2-2-1	全体計画 .....	3-5
3-2-2-2	機材計画 .....	3-7
3-2-3	基本設計図 .....	3-17
3-2-4	調達/施工計画 .....	3-18
3-2-4-1	調達方針 .....	3-18
3-2-4-2	施工方針 .....	3-20
3-2-4-3	施工上の留意事項 .....	3-22
3-2-4-4	調達監理計画 .....	3-24
3-2-4-5	資機材等調達計画 .....	3-25
3-2-4-6	ソフト・コンポーネント計画 .....	3-26
3-2-4-7	実施工程 .....	3-26
3-3	相手国側分担事業の概要 .....	3-29
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画 .....	3-30

3-5 プロジェクトの概算事業費 .....	3-31
3-5-1 協力対象事業の概算事業費 .....	3-31
3-5-2 運営・維持管理費.....	3-32

#### 第4章 プロジェクトの妥当性の検証

4-1 プロジェクトの効果.....	4-1
4-2 課題・提言 .....	4-2
4-3 プロジェクトの妥当性.....	4-3
4-4 結論.....	4-3

#### [資料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 当該国の社会経済状況（国別基本情報抜粋）
5. 討議議事録（M/D）
6. 事業事前評価表
7. 参考資料／入手資料リスト

## 第1章

### プロジェクトの背景・経緯

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

ミャンマー国は、1980年代後半より電力需要が供給力を上回る状況が続いており電力不足の深刻な問題を抱えている。この電力不足の要因として以下が挙げられるが、今後も増えていくと予測される電力需要に対し如何に供給力を増加していくのかが電力セクターの重要課題となっている。

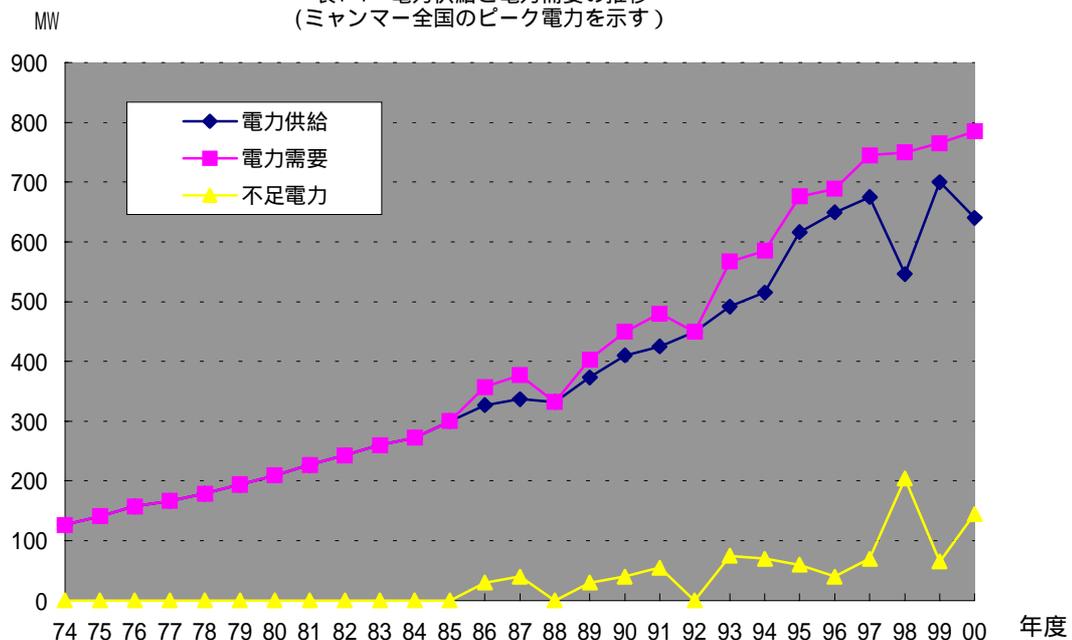
- 1) 電力供給源として有望視されていたガスタービン発電は、天然ガス供給量が低下し、燃料供給に支障を来している。
- 2) 補修部品の調達困難から一部の発電機器が停止し、設備容量に見合った発電ができない。
- 3) 送配電線の電力損失が大きく電力供給の効率が低い。

#### (1) 電力需要と供給

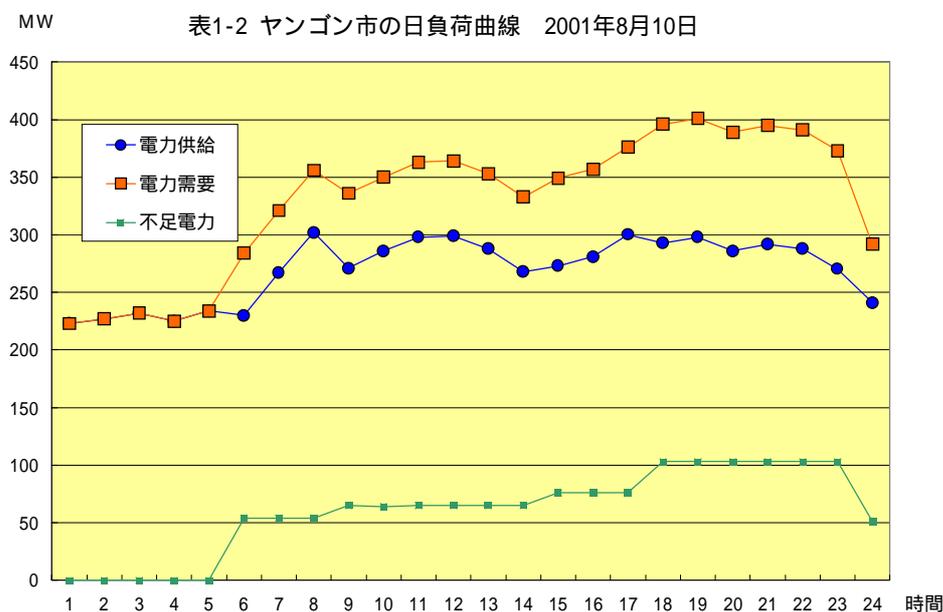
1974年からの全国における電力需要と供給の推移を表1-1に示す。2000年度の電力需要は800MWに達し、1987年比で2.5倍に増加しており年率8.5%の伸び率となっている。同期間における国内総生産(GDP)の成長率が年平均7.0%であることから、GDPの成長に伴って電力需要も堅調に増加している。

1998年は渇水による水力発電所の著しい供給力の低下により、全国規模で約200MWにあたる電力不足が生じた。1999年は水力発電の回復により電力不足は70MWまで改善されたが、2000年度は最大需要800MWの20%にあたる160MWの電力が不足し、また2001年8月には最大250MWの電力不足を記録するなど深刻性が増している。電力不足に対応するために、首都ヤンゴンやマンダレーなどの主要都市では計画停電を実施せざるを得ない状況に陥っている。

表1-1 電力供給と電力需要の推移  
(ミャンマー全国のピーク電力を示す)



その一例としてヤンゴン市の 2001 年 8 月 10 日の負荷曲線を表 1-2 に示す。午前 5 時から午後 12 時まで、100MW の電力不足を補うために地域毎に供給をカットする輪番停電が実施されている。



## (2) 発電設備容量と可能発電出力

ミャンマー電力公社 (MEPE) による電力供給は、送電系統 (ナショナルグリッド) に連系された発電設備と、系統連系していない独立発電設備によって行われている。2000 年度における総発電設備容量は 1,067MW であり、その内訳は系統連系された発電設備容量が 976MW (91%)、連系外が 92MW (9%) となっている。

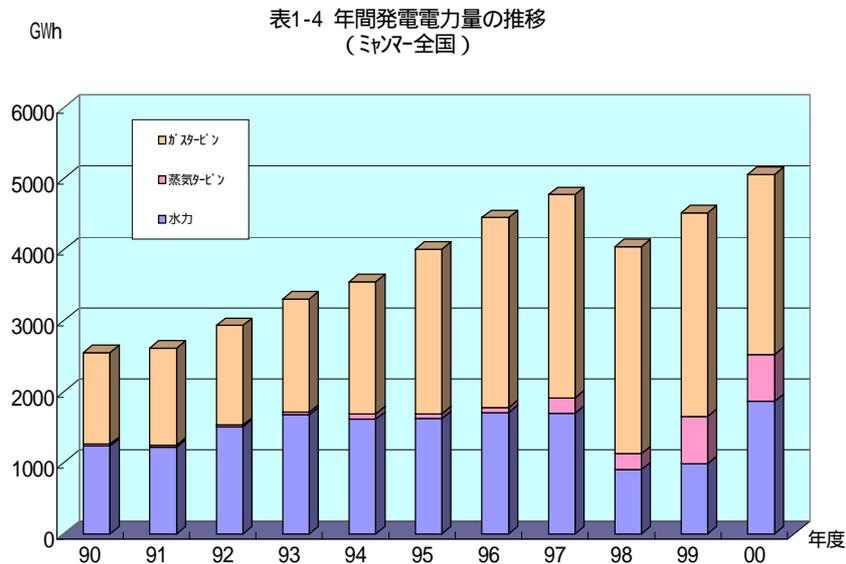
系統連系された 976MW の電源別構成は、水力発電 327MW (33%)、ガスタービン発電 475MW (49%) および蒸気タービン発電 174MW (18%) となっている。しかし、前述したように火力燃料供給量の低下および補修部品の調達困難から特に火力発電所が全稼働できない状況にある。電源別による設備容量に対する可能発電出力の割合は表 1-3 に示す通りであり、可能発電出力の合計は 677MW と総設備容量の 69% に落ち込んでいる。

表 1-3 設備容量と可能発電出力 (系統連系)

電源	発電所数	設備容量(MW)	可能発電出力 (MW)	比率 (%)
水力発電	7	327	296	91
ガスタービン発電	8	475	305	64
蒸気タービン発電	4	174	76	44
<b>合計</b>	<b>19</b>	<b>976</b>	<b>677</b>	<b>69</b>

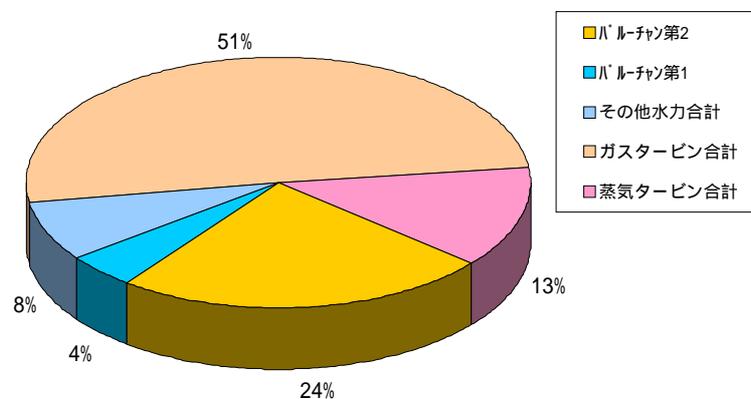
### (3) 発電電力量と電力消費

1 年間に発電所が発生した電力量を示す年間発電電力量の過去 10 年間の推移を表 1-4 に示す。1998/1999 年度に落ち込みが見られる以外は堅調に増加している。これらの年度は湯水により水力発電所の出力が抑制された理由によるが、2000 年度は水力が持ち直し総発電量は 5,032GWh に回復している。



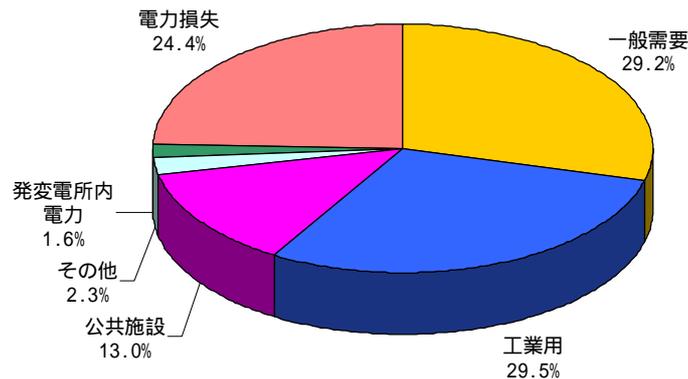
発電電力量の電源別比率は、2000 年度においてガスタービン火力 51%、水力 36%および蒸気タービン 13%となっている。ガスタービン火力の総発電量が過半数を占めているが、発電所単独の占有率ではバラーチャン第二水力発電所が 24%を占めている。(表 1-5 参照)

表1-5 年間発電電力量の内訳 2000/01年度  
(ミャンマー全国総発電電力量 5,032GWh)



2000 年度における発電電力量 5,032GWh に対する電力の消費量の内訳を表 1-6 に示す。一般需要は家庭で消費される電力需要を含むもので全体消費の約 30%を占めている。電力損失は 24.4%と、高い比率になっているが、1997 年度の 38%に比較して改善されている。

表1-6 電力使用の内訳 2000/01年度  
(ミャンマー全国総発電電力量 5,032GWhの内訳)



#### (4) 送電系統

ミャンマー全国の送電系統を添付図 1-1 に示す。230kV 送電線を基幹系統とし、132kV および 66kV の送電線により全国 14 州・管区のうち 5 州・6 管区に及び 323 の都市ならびに 1,087 村落に電力を供給している。2000 年現在の総延長は、230kV 送電線が 1,045km、132kV が 1,390km、66kV が 1,654km である。

近年の送電系統の開発状況を以下に示す。

- 1) 230kV 系統は 1989 年以降の拡張は実施されていないが、現在ヤンゴン近郊の送電線建設が進行中である。
- 2) 132kV 系統は 1987 年から 1997 年の 10 年間で 95km 拡張されたが、それ以降の拡張は実施されていない。
- 3) 66kV 系統は同 10 年間で 460km 拡張され、最近では 66kV 系統の拡張が実施されている。

このような現状における送電系統の問題点として以下が挙げられる。

- 1) 電源開発により発電容量が強化されている一方、基幹送電線の強化あるいは拡張が伴っていないため、送電容量不足となっている。
- 2) 送電容量不足による過負荷送電のため送電損失が大きい。
- 3) 230kV および 132kV の基幹送電線はほとんど 1 回線であるため (132kV 送電線のカロー/タジ変電所間のみが 2 回線化されている) 送電線事故時または点検時に送電停止となり供給信頼性が低い。

## 1-1-2 開発計画

ミャンマー国のエネルギー政策として、エネルギー資源の調査・評価を進め、利用可能な国産エネルギーを効率よく開発することが基本的課題となっている。これに基づき以下の重点項目を取り上げている。

- 1) 国産エネルギーの生産量を確保するため、開発可能な天然資源は全て開発する。
- 2) 既存の油田およびガス田の生産性を高め、一定の生産量を確保する。
- 3) 石油製品の需要に合わせ、国内の石油精製設備を最大限活用する。
- 4) 特に輸送分野でのエネルギー損失を減少させる。
- 5) 各産業用で使用される燃料を石油製品から天然ガスに転換していく。
- 6) エネルギーの効率的な利用と省エネルギーを浸透させる。

国のエネルギー政策を受けて、電力省は1996年度からの5ヵ年計画において、新規電源開発による供給力の増強ならびに送配電損失の低減による電力供給の効率化が急務として、以下の目標を掲げ電力セクターの開発を行ってきた。

- 1) 電力需要と供給をバランスさせるための、あらゆる手段および方策を講じる。
- 2) 経済成長に伴い増加している工業用電力需要に対応することを優先する。
- 3) 電力損失を減少する

具体的な方策として

- 1) 天然ガスプラントの建設
- 2) 水力発電所の開発
- 3) 地方電化の促進
- 4) 送配電線の整備
- 5) 電気料金制度の見直し

の5項目を挙げ電力不足対策に取り組んできた。

しかし、アジア金融経済危機の影響ならびに欧米を中心とする先進国の経済制裁による外貨流入抑制の影響で、新規電源開発および送配電網整備は停滞している状況にある。

新5ヵ年計画（2001年度から2005年度まで）においては、基本的に前5ヵ年計画を継承し「農業開発」と「電力開発」を国家の最優先課題として位置付け、次の3項目を国家開発の最重要基本方針として掲げている。

- 1) 農業開発の促進
- 2) 発電容量の増加および電力セクターの開発
- 3) 輸出用農産物、肉類および水産物の生産促進

「発電容量の増加および電力セクターの開発」は、ミャンマー国経済の成長に伴い年率8.5%で増加している電力需要に対応するもので、発電容量を増加するために以下が重要課題となっている。

- 1) 既存発電設備による安定した電力供給の維持
- 2) 新規電源開発による設備容量の強化

新5ヵ年計画に基づき電力省は、今後の電力開発計画を表1-7に示すように2005年度における総発電設備容量を2000年度比で3.6倍に引き上げる計画を策定している。

表 1-7 電力開発計画

	2000/01 (基準年)	2005/06	増加率(年率)
発電設備容量	1,171 MW	4,227 MW	31.0 %
発電量	5,522 GWh	20,150 GWh	31.0 %

## 1-1-3 社会経済状況

ミャンマーは、水資源をはじめ、国土面積の約 47.9%を占める森林資源や石油・天然ガス、銅、銀、亜鉛、金等の鉱物資源など未開発の天然資源が豊富であり、それらは今後外貨収入源としての開発が期待される。なかでも天然ガスは有望な資源であり、生産量は一貫して増加し、自国資本および外国資本参入による開発も盛んである。主要な経済指標を表 1-8 に示す。

表 1-8 主要経済指標

年度	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96
GDP 成長率 (%)	3.7	2.8	-0.6	9.7	6.0	7.5	9.8
インフレーション率 (%)	23.7	21.9	29.1	22.3	33.5	22.5	21.8
貿易収支 (百万チャット)	-549	-2,561	-2,405	-1,710	-3,696	-2,927	-3,936
輸入 (百万チャット)	3,395	5,523	5,337	5,365	7,923	8,332	9,881
輸出 (百万チャット)	2,847	2,962	2,932	3,655	4,228	5,405	5,945
経常収支 (百万チャット)	-226	-2,842	-1,916	-1,247	-1,746	-946	-2,005
国際収支 (百万チャット)	2,213	-1,156	-21	-46	-214	406	157
公定為替レート (チャット/ドル)	6.627	6.215	6.275	6.077	6.108	5.892	5.623
財政収支 (百万チャット)	-8,020	-11,204	-12,312	-12,102	-15,517	-29,652	-49,635

(出典) 開発途上国別経済協力シリーズ ミャンマー、財団法人国際協力推進協会

1980 年以降、一次産品の国際価格の下落による国際収支の悪化等から、国营企業の生産停滞が顕著となり、経済成長率の低迷が続き、1988 年度の GDP 成長率が前年比-11.4%と大幅に低下した。1988 年、このような経済混乱を打開すべく 25 年にわたり行ってきたビルマ式社会主義政策を放棄し、市場経済化と対外開放政策を軸とした経済改革を順次推進している。その結果、経済は概ねプラス成長へ転じ、特に 1992/93 年度以降は堅実な成長を見せている。1988 年度から 1999 年度の過去 12 年間の GDP 成長率は年平均 7%と報告されている。

しかし、財政赤字と経常収支赤字、現実と大きく離れた公定為替レート、経済インフラの問題等が存在し、今後経済を発展させるためには、これら多くの問題点を克服する必要がある。

ミャンマーは稲作を中心とする農業国であり、1995 年度における GDP 構成比は、農業部門が 46.3%を占め、製造業は 9.4%、商業部門が 21.5%となっている。その他の業種では建設業が徐々に増加している一方で、インフラ関連部門の伸び悩みが見られ、構成比が全体の 1 割を超える業種はない。

同国は、米、豆類などの農産物を中心とする一次産品を輸出している。農産物は全体で 45.4%(1994 年度)を占め最大の輸出品であり、また近年はチーク材を中心とする木材が輸出全体のおよそ 30%を占め、米を凌ぐ勢いで増加している。主要輸出相手国は、シンガポール、インド、タイ、中国、香港、日本などである。一次産品を輸出する一方、資機材等の工業製品を輸入する構造にある。

## 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

### 1-2-1 背景・経緯

バルーチャン第二水力発電所は、首都ヤンゴンの東北約 300km のカヤ州ローピタのバルーチャン川に位置し、日本の戦後賠償の第一号として 1960 年に単機容量 28MW の発電機を 3 台有する流れ込み式の発電所として運転を開始した。

1971 年には、発電所上流にモビエダムが完成し年間を通して安定した発電が可能となった。その後 1974 年に発電機 3 台が増設され設備容量は 168MW に強化された。1994 年には設備容量 28MW (14MW2 台)を有する第一水力発電所が上流に完成し、現在に至っている。

バルーチャン第二水力発電所は、現在においてもミャンマー国最大規模の発電所であり、その発電量は全国の総発電電力量の 24%を占めている。その意味において、ミャンマー国の最重要発電所と位置付けられている。しかし、初期の 3 台(1-3 号機)は運転開始から既に 40 年、残りの 3 台(4-6 号機)は 25 年が経過している。特に老朽化が著しい 1-3 号機の水車発電機を対象とした補修が、日本政府の有償資金協力により 1992-1994 年に実施され、発電機能の維持が図られた。

過去のバルーチャン第二水力発電所の開発推移を表 1-9 に示す。

表 1-9 バルーチャン第二水力発電所の開発推移

工期	号機	出力	資金調達	完成年
第 1 期	1-3 号機	28 MW x 3 台	日本の戦後賠償により実施 (104 億円)	1960
第 2 期	4-6 号機	28MW x 3 台	ミャンマー政府自己資金により実施	1974
補修工事	1-3 号機	28MW x 3 台	日本政府の有償資金援助 (35.3 億円)	1994

一方、4-6 号機、主要変圧器、変電機器、制御機器等の設備は、現在まで一度も本格的な補修が実施されておらず、また 1994 年の補修工事後、水車関連機器の磨耗・消耗が進んでおり、重大な事故・故障の発生が危惧されている。

電力不足が深刻化しているミャンマー国にとって、「発電容量の増加」を最重要基本方針として掲げる国家開発計画を推進するために、バルーチャン第二水力発電所の機能を維持することは、新規電源開発とともに急務であった。このような状況の下、ミャンマー政府は我が国にバルーチャン第二水力発電所の補修に係る無償資金協力を要請したものである。



## (2) 有償資金協力

表 1-11 電力セクターにおける有償資金協力案件

案件名	実施年	供与金額	概要
バルーチャン第一水力発電事業	1981年	160億円	第二水力発電所の上流に総発電容量 28MW (14MW×2台) を有する水力発電所の建設
バルーチャン第二水力発電所補修計画	1986年	35.3億円	運転開始(1960年)以来老朽化した水車発電機の補修

## (3) 無償資金協力

表 1-12 電力セクターにおける無償資金協力案件

案件名	実施年	供与金額	概要
バルーチャン第二水力発電所建設	1954年	104億円	戦後賠償として総発電容量 84MW (28MW×3台) を有する水力発電所の建設

## 1-4 他ドナーの援助動向

欧米諸国による制裁措置を受けて、世界銀行ならびに ADB などの国際機関による電力セクター分野の技術協力あるいは経済援助は凍結されている。この状況下、水力発電所建設に中国、送電線建設にユーゴスラビアの援助による工事が行われている。

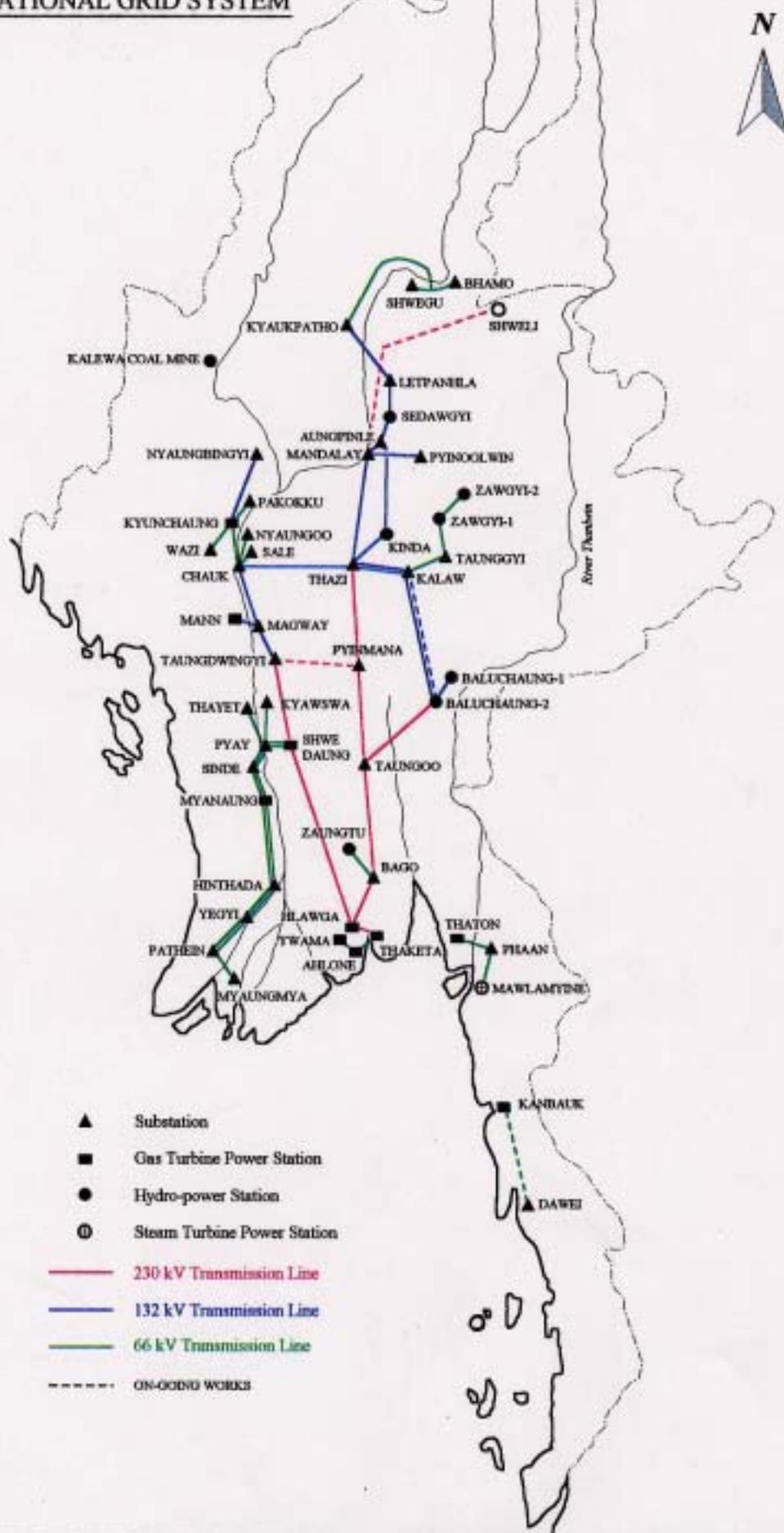
表 1-13 他のドナー国・機関の関連する援助

機関	案件名	実施年	金額	概要
中国 サプライヤーズ クレジット	ザウンツー水力発電所建設	1994年	17百万ドル	総発電容量 20MW(10MW×2台)の水力発電所の建設(2000年完成)
中国 サプライヤーズ クレジット	タパンゼック水力発電所建設	1998年	20百万ドル	総発電容量 30MW(10MW×3台)の水力発電所の建設(2002年完成予定)
中国 サプライヤーズ クレジット	ポンロン水力発電所建設	1998年	160百万ドル	総発電容量 280MW(70MW×4台)の水力発電所の建設(2003年完成予定)
ユーゴスラビア 有償資金協力	ピンマナ/タウンダウンジー間送電線建設	2001年	不明	230kV 送電線(96km)の建設(2003年完成予定)
ユーゴスラビア 有償資金協力	バーゴ/タトン間送電線建設	2001年	不明	230kV 送電線(160km)の建設(2002年完成予定)

一方、バルーチャン第二水力発電所を含むバルーチャン水系の開発あるいは補修援助は過去日本政府が実施してきた援助のみであり、他の援助機関による開発は計画されていない。

MYANMA ELECTRIC POWER ENTERPRISE

NATIONAL GRID SYSTEM



添付図 1-1 ミャンマー国電力系統図

## 第2章

### プロジェクトを取り巻く状況

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

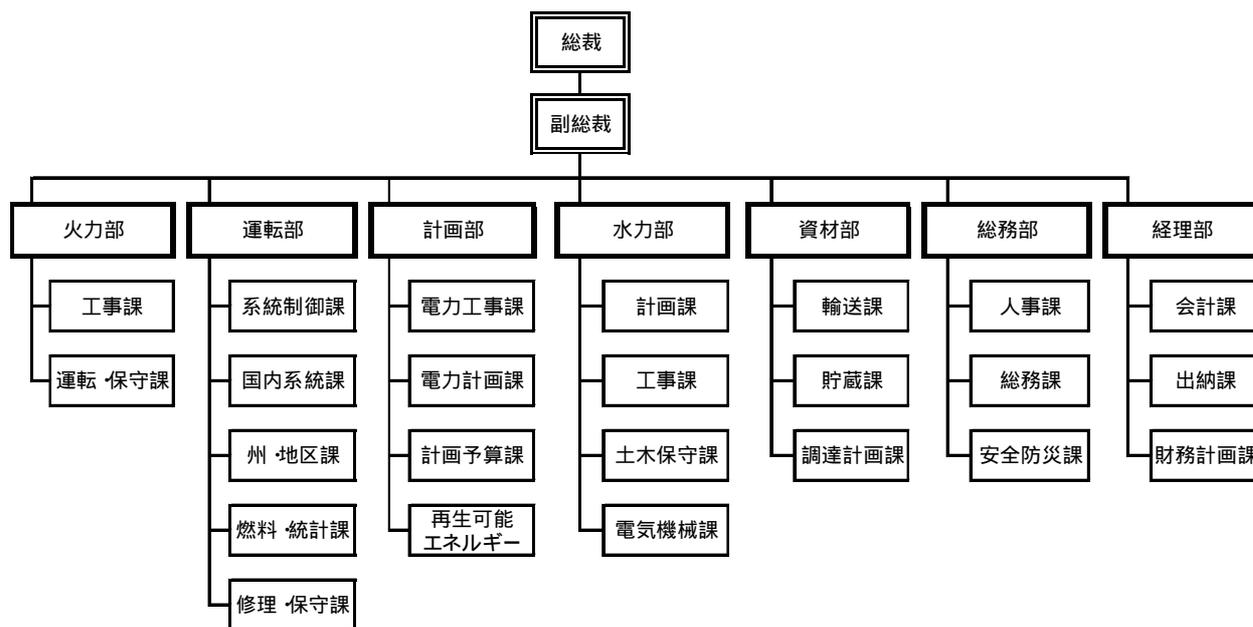
#### 2-1-1 組織・人員

ミャンマー国の電力事業は電力省により統括されている。電力省は長期政策の策定と共に電気料金の設定・認可、資本投下、プロジェクトの契約審査を行っており、以下の職務を持つ二つの組織が管轄下に属している。

- (1) 電力局 (DEP : Department of Electric Power) : 電力の全般的計画と供給計画の策定
- (2) ミャンマー電力公社 (MEPE : Myanmar Electric Power Enterprise) : 全国の発電・送電および変電の計画、運営、維持・管理

本プロジェクトの実施・運営機関は、MEPE が担当することになる。MEPE の組織は、火力、運転、計画、水力、資材、総務および経理の7部門からなる7本部体制で運営されている。2000年時点の従業員は16,524人であり、ヤンゴンの本社部門に1,983人が勤務している。図2-1にMEPEの組織図を示す。

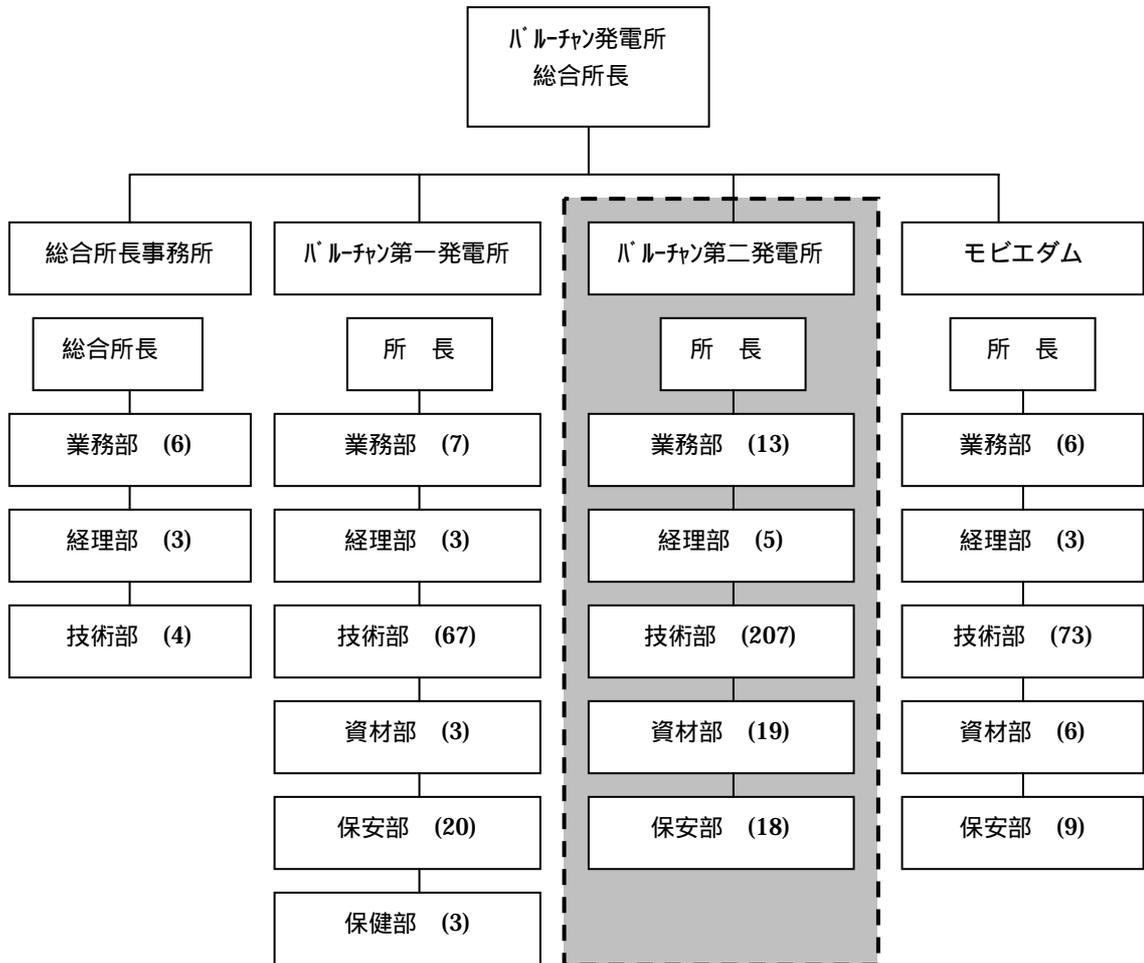
図 2-1 ミャンマー電力公社 (MEPE) の組織図



一方、バルーチャン第二水力発電所は、MEPE の運転部門の管轄下に運営・維持管理が行われている。発電所が位置するバルーチャン川には、上流に第一水力発電所およびモビエダムがあり、これらを含めたバルーチャン水系の総合発電所の一環として、バルーチャン第二水力発電所の運営が行われている。

2000年現在の第二水力発電所職員総数は263名である。技術部には207名の技術者が所属しており、発電所の運転・維持管理の業務に当たっている。本プロジェクト実施後も現有体制で運営・維持管理が行われる計画である。図2-2にバルーチャン総合発電所の組織図を示す。

図 2-2 バルーチャン第二水力発電所の組織図



(注) 括弧内は構成人員数を示す

・ 総合所長とバルーチャン第二水力発電所所長は兼務

### 2-1-2 財政・予算

本プロジェクトの実施機関である MEPE の過去 5 年間の歳入・歳出の実績値を表 2-1 に示す。

表 2-1 ミャンマー電力公社 (MEPE) の歳入・歳出

(単位: 百万チャット)

年度	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01
歳入	3,185	3,697	4,219	20,072	22,381
歳出	2,003	2,757	5,354	20,869	20,608
収支	1,182	940	(-1,135)	(-797)	1,773

歳出は主に設備の運営維持管理費で占められるが、発電、送電、配電および管理部門の各部門における内訳を表 2-2 に示す。

表 2-2 部門別の歳出

(単位：百万チャット)

各部門の歳出( 運営維持管理費 ) の内訳	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01
発電部門	898	1,609	4,105	18,317	17,936
送電部門	146	108	185	230	239
配電部門	274	341	324	444	463
管理部門	685	699	740	1,878	1,970
<b>合計</b>	<b>2,003</b>	<b>2,757</b>	<b>5,354</b>	<b>20,869</b>	<b>20,608</b>

歳入の大半は電力販売による収入に拠るもので、電力消費量の増加により着実に伸びている。特に 1999 年度は、同年 3 月の電気料金の値上げにより歳入は前年度比 4.7 倍と大幅な増加となっている。

一方、歳出においては、1998 年度は石油価格の値上がりによる燃料費の増加、1999 年度は湯水による水力発電所の発電電力量低下で他自家発電所からの購入電力代金の大幅増加、さらに売上税制度の改革などにより支出が大幅に増えている。このような事情から 1998 年度および 1999 年度はマイナス収支となったが、歳出増加による不足分は電力省より追加予算処置が取られ補完されている。

2000 年度の財政収支は前年度から持ち直してプラスに転じている。

### 2-1-3 技術水準

バルーチャン第二水力発電所の設備は技術部の 207 人の技術者により運転・保守が行われている。技術者の構成は電気、機械、土木および通信の分野からなり、発電所が保有する全ての設備を管理する体制が取られている。

これらの技術者の育成は、配属後の実地指導により技術を継承していく方法が取られており、特に定まった教育プログラムは存在してしない。しかし、日本政府による研修制度に発電所技術員を派遣するなど技術向上に努めている。技術者は通常点検を行う技術力は有しており、発電所に付属する修理工場で補修部品の加工を行ったり、冷却水用給水ポンプ等の発電設備補機類の分解・手入れは自ら日常的に行っている。

一方、1992-1994 年にかけて円借款により実施された改修工事においては、日本人技術者の指導のもとに、水車発電機の分解組立を含めた据付工事を MEPE が実施している。さらに 2000 年 4 月に実施された短期専門家派遣による保守点検では、水車発電機に留まらず変圧器、遮断器および断路器の分解点検を経験している。その時指導を受けた技術者は、現在も発電所の運転維持管理の主要メンバーとして従事しており、設備に対する据付実施能力は十分持ち合わせていると判断される。

## 2-1-4 既存施設・機材

### (1) 発電所の現状

バルーチャン第二水力発電所の水車発電機は、424mの高落差を利用してペルトン型の水車ランナーを回転させて電力を発生している。運転開始以来、ミャンマー国の電力供給を担う最重要発電所として、年間を通して24時間連続運転されている。既に、1-3号機が40年ならびに4-6号機が25年を経過しているが、発電所スタッフの献身的努力により外見上は実際の経年を感じさせない状態に保たれている。しかし、設備の細部においては損傷、摩耗および経年による老朽化が著しく、機械的性能や電気的特性が劣化しており、信頼性および安全性が低下している状態にある。

バルーチャン第二水力発電所の既存機器の現状を表2-3に示す。

表2-3 既存機器の現状

機 器 名		状 況
励磁装置	1-3号機	直流発電機(副励磁装置)の整流子面状態が悪く、スパークが頻繁に発生している。
ガバナ用圧油供給装置	1-6号機	各号機とも漏油している。4-6号機の圧油ポンプは吐出量が減少し、ポンプの劣化が進行している。水車は油圧制御されており、圧油供給装置が故障した場合、水車発電機は運転不能となる。
水車用圧縮空気供給装置	1-3号機共通 4-6号機共通	1-3号機共通、4-6号機共通とも2台のうち1台が故障中であり、残りの1台も劣化が著しく、故障時には圧油を作成できなくなる。
冷却水供給装置	1-6号機	12台中10台は給水量が減少しており、発電機コイル温度、軸受温度の上昇が懸念される。残りの2台は1993年のリハビリ時に取替えられている。
オイルリフター	4-6号機	制御回路が劣化している。オイルリフター故障時は軸受損傷など事故波及のおそれがあるとともに水車発電機が運転不能となる。
入口弁	1-6号機	シールの損傷が著しく、シールを閉じた状態でも激しい漏水が発生している。入口弁で止水して行う補修作業は、漏水により危険にさらされる。また、制御盤不良によりバイパス弁を閉めることができなかった。
水車	1-6号機	ニードル、ノズルは水流による摩耗、異物による引っかき傷があり、ジェット流に影響を及ぼしている。 デフレクタはサイドアームの壊食が著しく、貫通穴があいている部分もある。また、故障の際、負荷遮断時の回転上昇が大きくなり回転部及び軸受に影響を与える。 1号機Bと2号機A,Bにはクラックが発生している。 5号機B側は主軸水切りが無い。
制御ケーブル	1-6号機	屋外制御ケーブルは劣化が著しい。4-6号機の屋内制御ケーブルには信頼性の低い電線が使用されている。
発電機制御盤	1-6号機	制御盤の老朽化、操作スイッチの劣化、保護継電器の劣化等により信頼性が低下している。
主要変圧器	4-6号機	老朽化が著しく、また冷却器の効率が低下している。
変流器	1-6号機	油漏れにより故障が懸念される。
132kV遮断器		空気漏れにより開操作不良が懸念される。
132kV断路器		1台が操作不能となっている。
遮断器用空気圧縮装置		コンプレッサーに空気漏れがある。

132kV 送電線制御盤		計器盤、制御デスクには劣化した部品があり、制御ケーブルは経年劣化が著しい。
整流器、蓄電池		整流器は変圧器の過熱およびコンデンサー撤去により信頼性が低下している。1号系列蓄電池に破損しているセルがある。
天井走行クレーン		制御抵抗器などの不良により速度制御機能などが低下している。
所内排水ポンプ		劣化により吐出量不足となっている。
ブースター変圧器用給水ポンプ		2台のポンプセットは漏水のため吐出量が低下している。
11kV ケーブル		老朽化が著しく、地絡事故が懸念される。
所内変圧器		漏油が多く、過熱等による故障が懸念される。
132kV 避雷器	1-3号機	老朽化が著しく、絶縁破壊による地絡事故が懸念される。
潤滑油供給システム	1-6号機	潤滑油の熱化学的劣化、配管内部への付着、潤滑油量減少などから軸受の潤滑不良による損傷が懸念される。

1996-2000 年度の過去 5 年間に水車発電機が故障停止した回数を、号機別に表 2-4 に集計した。

表 2-4 5 年間の水車発電機故障停止回数実績（期間：1996 2000 年度）

（単位：回）

	1996 年度	1997 年度	1998 年度	1999 年度	2000 年度	合計
1号機	2	9	3	4	9	27
2号機	21	66	19	9	21	136
3号機	3	15	7	5	2	34
4号機	4	10	7	12	3	36
5号機	9	21	11	4	0	45
6号機	8	22	15	4	5	54
合計	47	143	62	38	40	330
年平均 1台あたり	<b>7.8</b>	<b>23.8</b>	<b>10.3</b>	<b>6.3</b>	<b>6.6</b>	<b>11</b>

水車発電機の停止は1台あたり最低でも年6回以上あり、多い年には24回発生している。2000年における水車発電機1台あたりの故障停止回数は、6.6回と記録されている。

## (2) 132kV 送電線の現状

バルーチャン第二水力発電所の発電電力は、第一水力発電所の発電電力と併せて132kV（北部線）および230kV（南部線）の送電線によりマンガレー地区およびヤンゴン地区に各々供給されている。

132kV 送電線は、バルーチャン第二水力発電所からカロー変電所までの159kmが第二水力発電所の1期工事と同時期に建設された。この区間には送電鉄塔が466基あり、2回線の電線が架線できる設計となっている。しかし、建設当時は負荷容量が少なかったため、1回線のみが架線され現在に至っている。その後1974年にカロー/タジ変電所間の2回線化工事が行われている。現在はバルーチャン/カロー変電所間が1回線のままとなっており、タジ変電所を経由してマンガレー地区まで電力が供給されている。

バルーチャン第二水力発電所の 2 期工事による増設 (84MW) および第一水力発電所の建設 (28MW) により設備容量は 196MW に増加したが、送電線の強化が追従していないため送電線容量は建設当時のままの北部線が 40MW、南部線が 90MW であり (合計 130MW) 絶対送電容量が不足している。2001 年 8 月 12 日における送電電力は、北部線 58MW (145%過負荷) 南部線 114MW (127%過負荷) と記録されており、常時過負荷による送電が行われている。

一方、送電鉄塔の現状は、約 40 年経過しているとは思えないほど健全であり、錆などは全く見られず部材の欠落、基礎の崩壊は建設以来皆無である。しかし、架空地線の素線切れが約 20%の鉄塔に発生しており、締付け金具による応急処置が取られていたが、その原因は架空地線を支えるクランプ部における振動による金属疲労と推測される。

## 2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 道路

ヤンゴン港からバルーチャン第二水力発電所までの輸送路として カローからロイコーを經由 トウンゲーからロイコーを經由および ヘーホーよりインレー湖の東側を經由する 3 つのルートが考えられるが、過去の輸送実績および安全性の面からヤンゴンよりカロー、ロイコーを經由し発電所に至る約 800km の輸送路を使用することが推奨される。

このルートは、バルーチャン第一水力発電所建設時にも使用されている。途中カローより発電所までの約 180km にはいくつかの橋梁が存在し補強を要する橋が 1 ケ所存在するが、2000 年 5 月に 32 トンの変圧器を発電所まで輸送した際には MEPE により補強が行われた実績がある。本プロジェクトで最も重い機材は変圧器の約 20 トンと予想されるので荷重は特に問題はないと思われるが、前回同様補強を行い安全性を確保する必要がある。

#### (2) 通信設備

発電所およびゲストハウスに設置されている電話は、国際電話の受信は可能であるが送信はできない。また、受信しても通信状態は極めて悪い。国際通信回線の使用は郵政通信省の許可が必要となるが、施工期間中は、安全対策上新規に国際通信回線を設置することを検討する必要がある。

### 2-2-2 自然条件

バルーチャン第二水力発電所は標高 340m に位置しており、気候は熱帯モンスーン帯に属し、暑季 (2 月から 5 月) 雨季 (5 月から 10 月) および涼季 (10 月から 2 月まで) に分かれている。ロイコーの過去 10 年間の平均年間降雨量は 1,005mm、平均最高気温は 29.1、平均最低気温は 16.8 であり、平均相対湿度は 69%と記録されている。また、送電鉄塔をはじめ屋外設備の設計に重要となる最大風速は、過去 25 年間の記録から 7 m/sec である。

以上の気象記録を元に、過去のバルーチャン第二水力発電所およびバルーチャン第一水力発電所建設時の機器設計に適用された自然条件を見直し、本プロジェクトにおける機器設計のための自然条件を決定する必要がある。

一方、水車など水力機器に影響を及ぼす水質については、1981 年 2 月にサンプリングした水質データがバルーチャン第一水力発電所の水力機器設計に適用されている。現在まで水質による腐食・壊食などの機器への影響は見受けられないため、水質の変化は特にないと判断される。

## 2-2-3 周辺環境への影響

### (1) 灌漑用水

1960年のバルーチャン第二水力発電所の完成後、その上流にモビエダムが1971年に完成した。このダムは発電用水を貯水する目的で建設されたが、周辺の農業開発に寄与するために、発電用の水門とは別に灌漑専用2門の水門がダムの両サイドに設置されている。バルーチャン水系における水の利用形態を添付図2-1に示す。また、過去10年間のモビエダムの年間水位変動を、図2-3に示す。

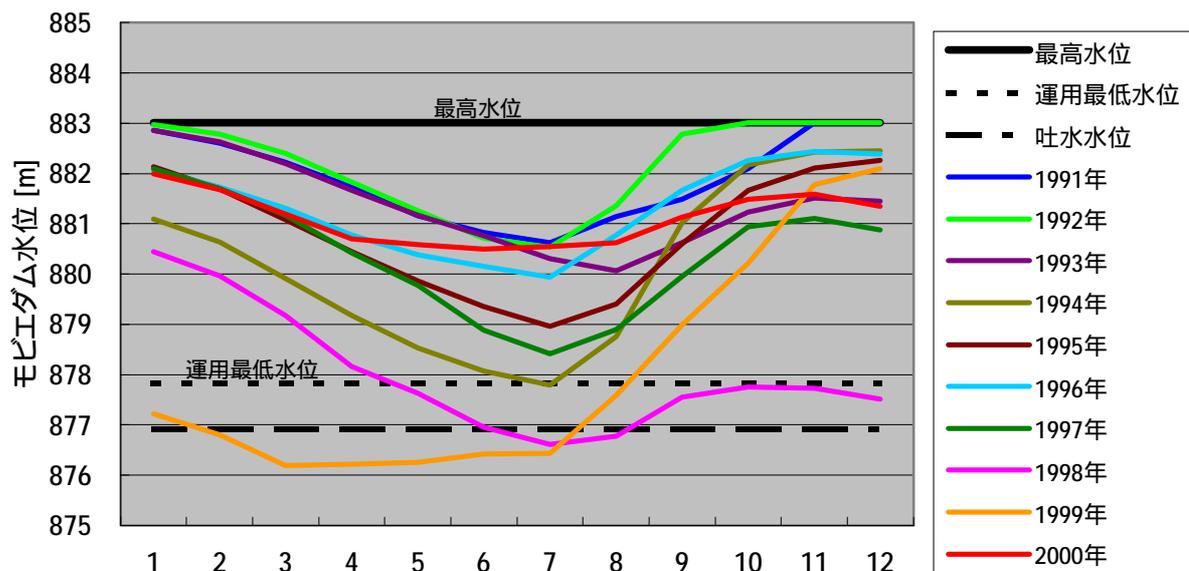
ダム水位は雨季を終えた11月ないしは12月に最高となり、暑期が終わり雨季に入る7月に最低水位となる。異常渇水であった1998年後半および1999年前半を除き、最低水位は運用最低水位を超えており、その豊富な貯水容量により年間を通して発電用水ならびに灌漑用水の供給が可能である。

ダムからの灌漑用水はシャン州およびカヤ州の20,000エーカー(約8,000ha)におよぶ農地へ供給されている。ダム建設後は二期作が可能となり周辺地域の収穫量が大幅に増え、また他地域からの移住により人口も増加している。灌漑に要する水量は、ロイコーの農業局から要請される所要水量を満たすように常に調整されている。2001度は14,000 cu.sec/day(1日あたり392m<sup>3</sup>sec)の水量が灌漑用として要請されたが既に、それを上回る15,400 cu.sec/day(1日あたり431m<sup>3</sup>sec)の水量を供給している。1998年の渇水期においては、総発電出力を80MWに抑えて発電用水を制限することにより農業用水を確保する対策が取られた。

本プロジェクトは、既存のバルーチャン第二水力発電所内の老朽化した設備の補修ならびに既設132kV送電線の追加を行うものであり新たに建設する構造物は存在しないため、現在のバルーチャン水系の構成が変化することはない。

灌漑用水はモビエダムの水門から灌漑用水路を通して直接農地に供給されており、また実施後も発電使用水量が現在の水量と大きく変化することはないため、灌漑用水に影響を及ぼす要因は見当たらない。

図2-3 モビエダム水位の変化



## (2) 周辺地域への電力供給

バルーチャン第一および第二水力発電所で発電された電力は以下の4地域に供給されている。

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (1) カロー/マンダレー地域 | 132kV 送電線による供給 |
| (2) ヤンゴン地域      | 230kV 送電線による供給 |
| (3) ロイコー・モビエ地域  | 33kV 配電線による供給  |
| (4) ローピタ地域      | 11kV 配電線による供給  |

両水力発電所の電力は、上記(1)および(2)の132kV および230kV 送電線によってMEPEの送電系統に接続されており、ミャンマー国の電力供給に多大な貢献をしている。

一方、(3)および(4)の配電線は、バルーチャン第二水力発電所があるローピタ地域を始めとして、カヤ州の州都であるロイコーおよび農村地域であるモビエなどの周辺地域への電力供給を行っており、周辺地域の住民生活および産業活動の活性化に貢献している。

補修工事は、発電機の運転を停止して行う必要があるが、この発電電力の低下を補完する電源として、以下により1台停止に伴う発電電力低下28MW および短期間ではあるが3台停止による84MWを補うことが可能である。

### (1) マンダレー地区への電力供給

現在建設中のタパンゼック水力発電所（総設備容量30MW：10MW×3台）は2002年3月に1号機が8月には残りの号機が運転を開始する予定である。送電が33kVであるためバルーチャン第二水力発電所からの送電系統に電力供給はできないが、マンダレー地区配電網に接続されることから、補修期間中の当地区への電力供給は確保されることになる。

### (2) ヤンゴン地区への電力供給

ローガ火力発電所（コンバインドサイクル）は現在2基が補修中であるが、2002年6月に完了する予定である。この補修完了による供給電力増加は82MWであり、ヤンゴン地区への電力供給を補うことが可能である。

### (3) 周辺地域への電力供給

上記のようにマンダレー・ヤンゴン地区において補完電源が確保できるため、周辺地域への電力供給は、補修期間中も支障なく行えることが可能である。

以上より、本プロジェクト実施中ならびに実施後に、周辺地域への水および電気の供給が制限されることはなく、実施により周辺地域の住民生活および産業活動に特段の影響を及ぼすことはないと考えられる。また、地域住民との会話を通して、本プロジェクトの実施が住民の生活環境に影響を与えるものではないと認識していることを確認した。

## (2) 周辺地域への電力供給

バルーチャン第一および第二水力発電所で発電された電力は以下の4地域に供給されている。

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (1) カロー/マンダレー地域 | 132kV 送電線による供給 |
| (2) ヤンゴン地域      | 230kV 送電線による供給 |
| (3) ロイコー・モビエ地域  | 33kV 配電線による供給  |
| (4) ローピタ地域      | 11kV 配電線による供給  |

両水力発電所の電力は、上記(1)および(2)の132kVおよび230kV送電線によってMEPEの送電系統に接続されており、ミャンマー国の電力供給に多大な貢献をしている。

一方、(3)および(4)の配電線は、バルーチャン第二水力発電所があるローピタ地域を始めとして、カヤ州の州都であるロイコーおよび農村地域であるモビエなどの周辺地域への電力供給を行っており、周辺地域の住民生活および産業活動の活性化に貢献している。

補修工事は、発電機の運転を停止して行う必要があるが、この発電電力の低下を補完する電源として、以下により1台停止に伴う発電電力低下28MWおよび短期間ではあるが3台停止による84MWを補うことが可能である。

### (1) マンダレー地区への電力供給

現在建設中のタパンゼック水力発電所（総設備容量30MW：10MW×3台）は2002年3月に1号機が8月には残りの号機が運転を開始する予定である。送電が33kVであるためバルーチャン第二水力発電所からの送電系統に電力供給はできないが、マンダレー地区配電網に接続されることから、補修期間中の当地区への電力供給は確保されることになる。

### (2) ヤンゴン地区への電力供給

ローガ火力発電所（コンバインドサイクル）は現在2基が補修中であるが、2002年6月に完了する予定である。この補修完了による供給電力増加は82MWであり、ヤンゴン地区への電力供給を補うことが可能である。

### (3) 周辺地域への電力供給

上記のようにマンダレー・ヤンゴン地区において補完電源が確保できるため、周辺地域への電力供給は、補修期間中も支障なく行えることが可能である。

## (3) 地域環境への影響

本補修計画の対象範囲は、既設水力発電所内に設置されている機器の補修および既存送電鉄塔への追加架線であるため、新たな構造物（ダム、導水路、発電所建屋などの土木構造物）が建設されることはない。従い、現状のバルーチャン水系が変化するものではないため森林伐採または住民移転などの問題が発生することはない。

また、水力という自然エネルギーを利用した発電所の機器であるため有害物質を発生することなく大気汚染、土壌汚染または水質汚染を引き起こす要因も見当たらない。補修に際し撤去される機器は発電所構内の倉庫または所定の保管場所に収容されるため周囲に与える影響はない。

補修工事は日本人技術者の指導のもとバルーチャン第二水力発電所の現有MEPE職員により実施されるため、周辺地域からの労働力は必要としない。

以上により、本プロジェクト実施中ならびに実施後において周辺地域の環境、住民生活および産業活動に特段の影響を及ぼすことはないと考えられる。また、現地調査期間中に地域住民との会話を通して、地域住民は本プロジェクトの実施が生活環境に影響を与えないと認識していることを確認した。

## (2) 周辺地域への電力供給

バルーチャン第一および第二水力発電所で発電された電力は以下の4地域に供給されている。

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (1) カロー/マンダレー地域 | 132kV 送電線による供給 |
| (2) ヤンゴン地域      | 230kV 送電線による供給 |
| (3) ロイコー・モビエ地域  | 33kV 配電線による供給  |
| (4) ローピタ地域      | 11kV 配電線による供給  |

両水力発電所の電力は、上記(1)および(2)の132kVおよび230kV送電線によってMEPEの送電系統に接続されており、ミャンマー国の電力供給に多大な貢献をしている。

一方、(3)および(4)の配電線は、バルーチャン第二水力発電所があるローピタ地域を始めとして、カヤ州の州都であるロイコーおよび農村地域であるモビエなどの周辺地域への電力供給を行っており、周辺地域の住民生活および産業活動の活性化に貢献している。

補修工事は、発電機の運転を停止して行う必要があるが、この発電電力の低下を補完する電源として、以下により1台停止に伴う発電電力低下28MWおよび短期間ではあるが3台停止による84MWを補うことが可能である。

### (1) マンダレー地区への電力供給

現在建設中のタパンゼック水力発電所（総設備容量30MW：10MW×3台）は2002年3月に1号機が8月には残りの号機が運転を開始する予定である。送電が33kVであるためバルーチャン第二水力発電所からの送電系統に電力供給はできないが、マンダレー地区配電網に接続されることから、補修期間中の当地区への電力供給は確保されることになる。

### (2) ヤンゴン地区への電力供給

ローガ火力発電所（コンバインドサイクル）は現在2基が補修中であるが、2002年6月に完了する予定である。この補修完了による供給電力増加は82MWであり、ヤンゴン地区への電力供給を補うことが可能である。

### (3) 周辺地域への電力供給

上記のようにマンダレー・ヤンゴン地区において補完電源が確保できるため、周辺地域への電力供給は、補修期間中も支障なく行えることが可能である。

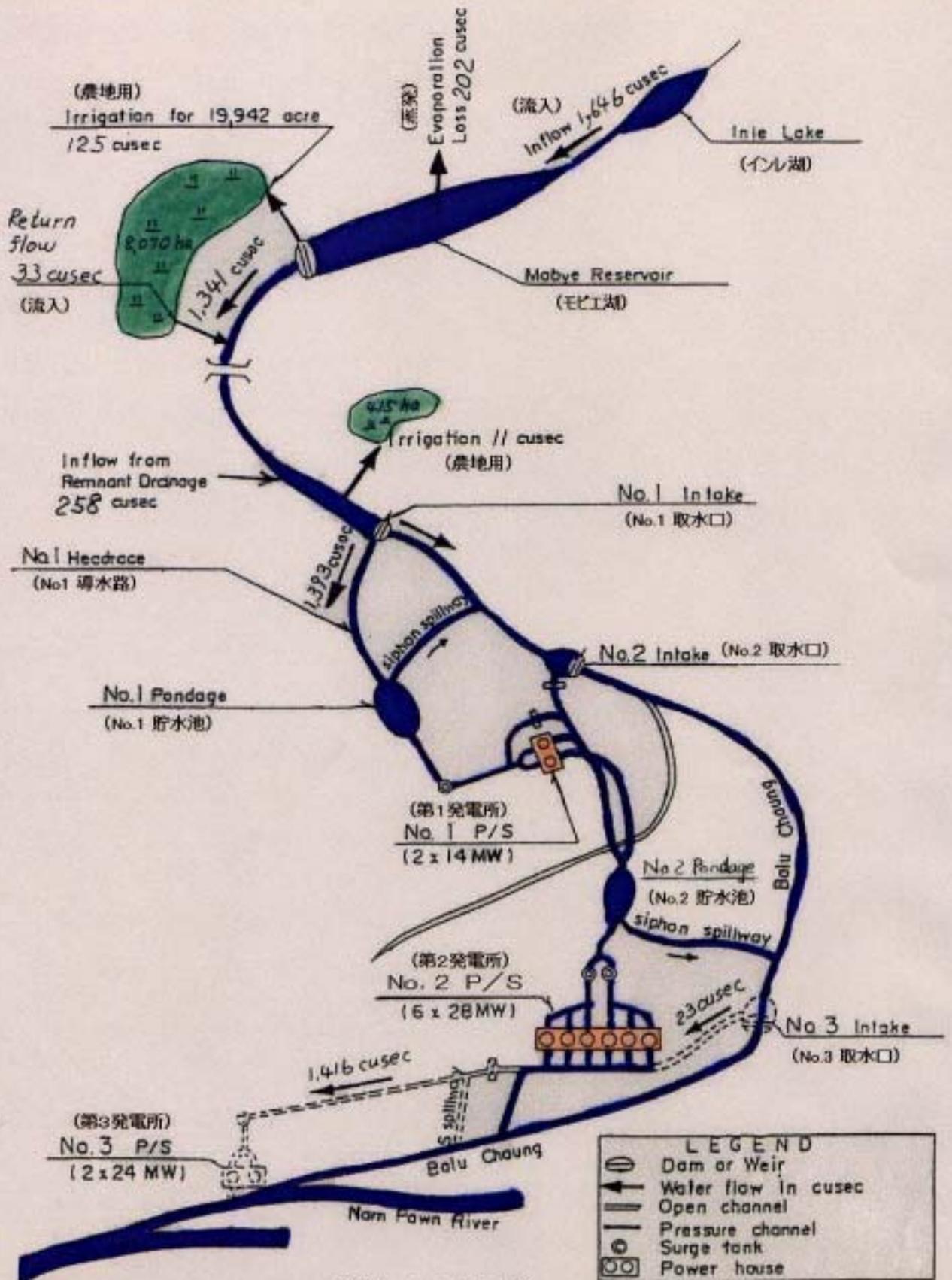
## (3) 地域環境への影響

本補修計画の対象範囲は、既設水力発電所内に設置されている機器の補修および既存送電鉄塔への追加架線であるため、新たな構造物（ダム、導水路、発電所建屋などの土木構造物）が建設されることはない。従い、現状のバルーチャン水系が変化するものではないため森林伐採または住民移転などの問題が発生することはない。

また、水力という自然エネルギーを利用した発電所の機器であるため有害物質を発生することなく大気汚染、土壌汚染または水質汚染を引き起こす要因も見当たらない。補修に際し撤去される機器は発電所構内の倉庫または所定の保管場所に収容されるため周囲に与える影響はない。

補修工事は日本人技術者の指導のもとバルーチャン第二水力発電所の現有MEPE職員により実施されるため、周辺地域からの労働力は必要としない。

以上により、本プロジェクト実施中ならびに実施後において周辺地域の環境および住民生活に特段の影響を及ぼすことはないと考えられる。また、現地調査期間中に地域住民へのインタビューを通して、地域住民は本プロジェクトの実施が生活環境に影響を与えるものではないと認識していることを確認した。



添付図 2-1 (バルーチャン水系図) The Baluchaung Waterway System

## 第3章

### プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

バルーチャン第二水力発電所（総設備容量 168MW : 28MWx6 台）は、運転開始以来（1-3 号機 1960 年、4-6 号機 1974 年）ミャンマー国の総発電電力量の 24%を占める最大かつ最重要発電所として、24 時間運転にて国内送電系統（ナショナルグリッド）に電力を供給している。

一方、ミャンマー国の電力事情は 1980 年代後半より、電力需要が電力供給力を上回っており慢性的な電力不足に陥っている。この電力不足に対処するためミャンマー国政府は、国家の 5 ヶ年計画において、電力開発を農業開発とともに最優先課題として位置付け、「発電容量の増加および電力セクターの開発」を最重要基本方針の一つとして掲げている。

5 ヶ年国家計画に基づき電力省は、新規電源開発により 2005/06 年度における総発電電力量を 2000 年度比で 3.6 倍に引き上げることを目標としている。この開発計画の前提を成すのは既存発電設備による安定した電力供給であり、本プロジェクトは、バルーチャン第二水力発電所の機能を維持し電力供給を継続することを目標としている。

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、同発電所の 1-6 号機を対象として補修および更新を実施し、近い将来起こりうる重大事故を未然に防止すると共に設備の原形復旧・機能回復を図るものである。これにより、1-6 号機の電氣的、機械的な性能および運転上の信頼性・安全性が維持され、今後の長期連続運転が可能になると期待される。

本協力対象事業は、プロジェクトにおいて必要となる資機材を調達し据付けるものである。

## 3 2 協力対象事業の基本設計

### 3-2-1 設計方針

#### 3-2-1-1 基本方針

本補修計画は、次の基本方針にて実施する。

- (1) 本計画による補修は、重大事故を未然に防止すると共に設備の機能維持を目的として、緊急な補修を要する資機材を対象とする。
- (2) 40 年という経年のため原形復旧が困難な設備については、発電所運転保守要員の技術レベルおよび今後の維持管理体制に見合った仕様を適用し機能を回復させる。
- (3) 補修される資機材の配置および施工方法については、既存機器への影響が最小化する方法を採用する。
- (4) 補修資機材の仕様は、現地の自然条件および国際基準である IEC を適用した設計とする。IEC が適用できない場合には、日本工業規格 (JIS) および電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC) 等の日本規格を適用する。

### 3-2-1-2 自然条件に対する方針

ブルーチャン第二水力発電所は標高 340m に位置しており、近隣（ロイコー市）の過去 10 年間の気象データから平均年間降雨量は 1,005mm、平均最高気温は 29.1℃、平均最低気温は 16.8℃であり、平均相対湿度は 69% と記録されている。また、送電鉄塔をはじめ屋外設備の設計に重要となる最大風速は、過去 25 年間の記録から 7 m/sec である。

過去のブルーチャン発電計画の設備設計に適用された下記の自然条件は、上記の気象記録に対し十分対応可能と判断されることから、本補修計画においても同じ自然条件を設備設計に適用する。

(1) 最高周囲温度	40 °C
(2) 標高	340 m
(3) 平均相対湿度	69 %
(4) 地震係数	0.15G
(5) 水温	30 °C

一方、水質に対する調査として 1981 年 2 月にブルーチャン川のサンプリング調査が実施されている。そのデータは第一水力発電所建設および 1992-94 年の補修工事の水力機器設計に適用されている。その後、水質による腐食・壊食などの影響は報告されていないため、同データを本補修計画の水力機器の設計基準として適用する。

### 3 2-1 3 調達事情に対する方針

ミャンマー側は本補修に関わる資機材の調達先として日本国を強く要望している。日本企業の製品であっても、第三国にて製造された資機材は受け入れられないと表明しており、純日本製に対し極めて高い信頼を持っている。この要請を受けて、本補修計画により調達される資機材は全て純日本製とし、第三国調達は考慮しない。

### 3-2-1-4 据付工事に係る方針

本補修計画の据付工事に際し、MEPE は現有のブルーチャン第二水力発電所職員（263 名）の内、以下の要員を配置することを計画している。

電気関連要員	（技術者、技能工、作業員を含む）	46 名
機械関連要員	（技術者、技能工、作業員を含む）	50 名
通信関連要員	（技術者、技能工、作業員を含む）	6 名
土木関連要員	（技術者、技能工、作業員を含む）	8 名

---

合計 110 名

補修実施時の中心的存在になる技術者は、1992 - 1994 年の補修工事、また 2000 年の短期専門家派遣時における水車発電機および遮断器の分解点検を経験しており、技術力および要員数から見て据付実施能力は十分持ち合わせている。従い、本補修計画の据付工事ならびに現場試験は、日本側技術指導員（コンサルタントおよび資機材納入業者）の指導のもとに MEPE の所属職員で実施するものとし、現地据付業者の採用は考慮しない。

### 3-2-1-5 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

補修による効果を継続的に維持するには、適正かつ効率的な運営・維持管理を実施していく必要がある。これを実現させるために、次の項目に関する技術指導を行う目的でソフトコンポーネントを本補修計画に導入する。

- (1) 発電所の運用に係る運転保守に関する指導
- (2) 日常点検項目、運転記録、事故・故障記録および保守記録に関する指導
- (3) 定期点検ならびに精密点検（特に水車発電機）の実施方法および時期に関する指導
- (4) 設計図面および取扱説明書など図書類の保管に関する指導
- (5) 予備品および補修工具の保管および補充に関する指導
- (6) 新しく導入された設備の運転保守に関する指導

### 3-2-1-6 資機材の設計範囲、グレードの設定に係る方針

- (1) 継続運転を可能にするための設計方針

水車および発電機を含む発電機器の継続運転を可能にするために必要かつ十分な補修内容とする。また、補修後も現状のまま再使用される部品および装置についても、水車発電機の分解作業時に可能な範囲でオーバーホールを行い、今後も従来の性能・機能を維持できるように設計する。

- (2) 既存の機器基礎への配慮

更新設備の据付および更新ケーブルの布設は、できる限り既存の基礎および開口部を利用することとし改造を最小限に止めるように設計する。  
また、入口弁、主要変圧器等の重量物を更新する場合は、既存設備と同じ位置に固定することとし、基礎への荷重条件を変えることのないように設計する。

- (3) 他号機および補修対象外設備への配慮

補修工事が他号機や補修対象外設備の連続運転に支障を来たさない工事方法および手順を検討し、それらが実現できるように資機材の範囲を決定する。

### 3-2-1-7 調達方法、工期に係る方針

- (1) 調達方法に係る方針

資機材調達業者入札は一般競争入札を原則とする。しかし、本補修計画は既存設備のリハビリであるという特殊性から随意契約の必要性が生じる。従って、本補修計画の資機材調達は、契約ロットを二つに分け、一般競争入札と随意契約の2本立ての業者契約形式にて実施することとする。

- (2) 工期に係る方針

本補修計画は、ミャンマー国の電力系統に及ぼす影響を最小化するように以下の基本方針により実施する。

- (a) 単年度期分けとし3期による実施とする。各期の補修目標は以下とする。

- 第1期 : 1-6号機の水車補機(冷却水ポンプ、圧縮空気装置)の機能回復  
132kV送電線の追加(2回線化)  
第2期 : 4-6号機の発電設備の機能回復  
第3期 : 1-3号機の発電設備の機能回復、

ただし、長期の製作期間を要する入口弁(1-3号機用)ならびに水車ランナーの製作・輸送は第2期に含めるものとし、補修は第3期に実施する。

- (b) 補修は、水圧鉄管抜水後閉止板を鉄管末端に設置することにより、1台毎停止して実施する。1台の補修期間は2ヶ月とする。
- (c) 抜水に要する3台停止期間は、1号機の閉止板設置に19時間、1号機より2号機へ(2号機より3号機へ)の閉止板に29時間、また4-6号機について同様に20時間、32時間をベースに計画する。
- (d) 第3期に予定している北部線用132kV遮断器の更新に伴う北部線の停止期間は7日間とする。
- (e) 補修工事実施時期は、1年間のうちで電力需要が下がる10月から3月の6ヶ月とし、電力系統への影響を極力少なくする。

### 3-2-1-8 追加132kV送電線に係る方針

バルーチャン第二水力発電所の発電電力は第一発電所の電力と併せて、132kV送電線および230kV送電線によりマンダレー地区およびヤンゴン地区へ各々供給されているが、合計発電電力が196MWであるのに対し、総送電容量は130MW(132kV送電線40MW、230kV送電線90MW)であり絶対送電容量が不足している。

現状の運用では、両バルーチャン水力発電所の発電電力をフルに送電するため、132kV送電線には定格容量を50%超過した60MWの電力が送られ、常時過負荷(150%)の状態にある。また、132kV送電線は2回線鉄塔に1回線のみ架線されているため、送電線事故時あるいは保守点検時には送電が停止しマンダレー地区への電力供給に支障が生じている。

このような状況を改善するため、本プロジェクトにて追加132kV送電線に必要な資機材を調達し、マンダレー地区への電力供給安定に寄与することを目標とする。132kV送電線の2回線化により以下の効果が期待される。

- (1) マンダレー地区への送電容量が40MWから80MWに強化され、過負荷状態が大幅に軽減される。
- (2) 1回線送電線事故時においても残りの送電線により電力供給が確保できるため、マンダレー地区への電力供給の信頼性が向上する。
- (3) 60MWを1回線で送電した場合、7.0MW(送電電力の12%)の損失を生じるが2回線化により損失は半分の3.5MWに低減する。即ち3.5MWの発電所出力増加に相当し、電力供給力が増加する。

一方、ミャンマー側はMEPEの内部組織として送電線建設を担当する事務所を全国に5箇所所有しており、132kV送電線建設ならびに保守を数多く経験している。追加架線工事は、MEPEのタジ事務所、タンゲー事務所およびピー事務所の要員が手配される計画であり、工事用機材および工具類も、今回の工事に必要な数量は十分保有していることが確認できたため、MEPEによる追加送電線の架線工事は十分可能であると判断される。

### 3-2-1-9 鉄管内部の清掃に係る方針

バルーチャン第二水力発電所に流入する水は、上流の調整池からコンクリート構造の低压随道を通過後、2本の鉄管に分岐して1-3号機用と4-6号機用に各々分かれて発電所に導かれている。鉄管は発電所手前で、さらに3本に分岐されて各水車発電機に接続されている。即ち、1本の鉄管が水車発電機3台に対して共通に使用されている。

鉄管は、調整池から、ほぼ水平に据付けられ低い水圧水圧が掛かる鉄管部分（低压鉄管と呼ぶ）と、高低差により高い水圧が掛かる鉄管部分（水圧鉄管と呼ぶ）から構成されている。

2000年4月に実施された短期専門家による現地調査では、鉄管の内部検査が行われ1-3号機用の鉄管内部表面に20-30mmの付着物（赤土）が全長に亘り一様に付着していると報告されている。

3台に対して共通の鉄管一本となっているため、これらの付着物を清掃するには1-3号機を同時停止して抜水する必要であり、また直径2.8mの鉄管内部という狭い限定された場所での作業であるため清掃には約5ヶ月を要すると試算される。

この長期停止により84MW(28MWx3台)の発電電力が減少することは、現在のミャンマー一国の電力事情に重大な影響を及ぼす事になり、また、付着物により水車発電機が停止する重大事故へ波及する可能性はなく清掃に対する緊急性は少ないと考えられるため、鉄管の内部清掃は本補修計画の対象から除外することとする。

## 3-2-2 基本計画

### 3-2-2-1 全体計画

「3.2.1 設計方針」に基づいて要請内容を検討した結果、35項目の要請内容の内緊急性が高い30項目が本プロジェクトの対象として妥当と判断される。プロジェクトの全体計画を表3-1に示す。(2、19、22、27、31の5項目は緊急性がないと判断されるため補修対象外とする。)

表3 1 全体計画

要請内容	補修内容
1. 励磁装置 (1-3号機)	既存の励磁装置は形式が古く、補修部品の調達が困難であり、直流発電機(副励磁装置)からのスパークが頻繁に発生し安定性が悪いため更新する。
2 冷却水供給配管	現状は良好であるため補修しない。
3. ガバナ用圧油供給装置 (1-6号機)	1-3号機に対し、分解点検、清掃、集油槽冷却器/ストレーナー交換、油交換を実施する。 4-6号機に対し、分解点検、清掃、圧油ポンプ取替、集油槽冷却器/ストレーナー交換、油交換を実施する。
4. 水車用圧縮空気供給装置 (1-3号機共通,4-6号機共通)	1-3号機(共通)は形式(水冷式)が古く、補修部品の調達が困難であるため空冷式に更新する。 4-6号機(共通)は既設と同じ形式のものを新規取替える。

5. 冷却水供給装置 (1-6 号機)	1-3 号機に対し、給水ポンプ (4 台) および制御盤、吸込管逆止弁の取替えを実施する。給水ポンプ 6 台中台は 1993 年のリハビリ時に取替えられている。  4-6 号機に対し、給水ポンプ (6 台) および吸込管逆止弁の取替えを実施する。
6. オイルリフター (4-6 号機)	制御盤の取替えを行う。
7. 入口弁 (1-3 号機)	原型のゴムシートシール方式は漏水が多く、現在製造されていないため、4-6 号機で使用している金属シール方式に更新する。
8. 入口弁金属シール (4-6 号機)	全数に対し、金属シールおよびバイパス弁の取替えを実施する。金属シール 6 セット中 2 セットは発電所に在庫の交換部品を使用する。
9. 入口弁制御盤 (1-6 号機)	全号機の入口弁制御盤を取替えると共にその周囲の弁類を点検補修する。
10. ニードルおよびノズル (1-6 号機)	全号機に対して、水車本体の分解・点検・清掃の上、ニードルチップおよびノズルチップを全数取替える。
11. デフレクター (1-6 号機)	同上に関連して、デフレクターチップおよびアームを全数取替える。
12. 主軸水切り (5 号機 B 側)	5 号機 B 側の主軸水切りを取付ける。
13. 予備ランナー (1-6 号機)	A 側ランナー (1 個) と B 側ランナー (1 個) を納入する。
14. 制御ケーブル (4-6 号機)	制御ケーブルを更新する (1-6 号機)。  1-3 号機は屋外制御ケーブルの劣化が著しいことから、屋外制御ケーブルを更新する。  4-6 号機は屋外制御ケーブルの劣化が著しく、また屋内制御ケーブルには信頼性の低い電線が使用されているため、屋内外の全制御ケーブルを更新する。
15. 発電機制御盤 (4-6 号機)	4-6 号計器盤・保護継電器盤・制御デスクは老朽化のため更新する。  4-6 号自動制御盤については劣化している補助継電器を取替える。  1-3 号自動制御盤については、劣化している補助継電器の予備品を保有しているためこれと取替える。制御デスクはほぼ全てのスイッチが劣化しているためデスクを更新する。保護継電器盤は、劣化により信頼性が低下している保護継電器を取替える。
16. 主要変圧器 (4-6 号機)	老化が著しく冷却器の効率が低下しているため更新する。この更新には 11 kV ケーブルおよび冷却水配管も含める。
17. 132 kV 変流器 (1-6 号機)	油漏れをおこしている 6 台を更新する。
18. 132 kV 遮断器	空気漏れを起こしている 5 台について更新する。
19. 230 kV 遮断器	補修対象としない。現状のガス漏れは MEPE により定期的に補充されている。
20. 132 断路器	1 台が操作不能となっているため更新する。

21. 遮断器用空気圧縮装置	コンプレッサーに空気漏れが見られるため AC コンプレッサー2 台を更新する。
22. 132/33/11kV インターブス変圧器	補修対象としない。2000年6月に更新されており、現地調査でも特に問題は認められなかった。
23. 132 k V 送電線制御盤	132kV 送電線の2 回線化により既存送電線も含めた保護方式の見直しが必要なため、保護制御盤を更新する。 計器盤、制御デスクに劣化している部品があり、これらを取替える。また、制御ケーブルは経年劣化が著しいため更新する。
24. 整流器、蓄電池 (1 号系列、2 号系列)	整流器 (1 号系列、2 号系列) は変圧器の過熱およびコンデンサーが撤去されており、信頼性が低下しているため更新する。 1 号系列蓄電池に破損している蓄電池があり取替える。
25. 天井走行クレーン	不良部品の取替えを行う。
26. 132 k V 送電線	電力供給安定性および信頼性の向上のため追加送電線を新設する。
27. 低圧導管および水圧鉄管内の清掃	清掃には長期の水車発電機3 台停止が必要であるため補修対象としない。
28. 所内排水ポンプ	現状のポンプは容量不足のため更新する。
29. プースター変圧器用給水ポンプ	1959年製の2 台のポンプセットとその制御盤を更新する。残りの2 台は1993 年に補修しているので、今回は更新しない。
30. 主要変圧器-11kV キュービクル間 11 k V 電力ケーブル (1-3 号機)	老朽化の著しい 11 k V ケーブルを更新する。
31. 所内回路用 11 k V ケーブル (5-6 号機)	補修対象としない。この回路を使用する機会がほとんどないため実施しない。
32. 所内変圧器	油漏れのひどい 1 台を更新する。
33. 132 k V 避雷器 (1-3 号機)	老朽化が著しい 1-3 号機までの 9 台を更新する。
34. 潤滑油供給システム (1-6 号機)	分解・清掃を行い部品および潤滑油を取替える。
35. 水車ランナー (1-2 号機)	クラックの発生している 1 号機 B と 2 号機 A および B の 3 個を取替える。

### 3-2-2-2 機材計画

本計画に使用する主要機器の概略仕様を下記に示す。

#### 1. 励磁装置 (1-3 号機)

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 静止形励磁装置			○	3 組	発電機出力 28MW 用自動電圧調整器付
2) 励磁変圧器			○	3 組	370 k VA
3) 直流初期励磁用電力ケーブル			○	360m	600V CV 38mm <sup>2</sup> 3-core
4) 励磁変圧器用電力ケーブル			○	100m 180m	11 k V CV 60mm <sup>2</sup> 3-core 600V CV 500mm <sup>2</sup> 1-core
5) 制御ケーブル			○	1 式	CVV

### 3. ガバナ用圧油供給装置

#### 3-1 1-3 号機

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 集油槽油冷却器		○		3 組	圧油ポンプ:ギヤポンプ 200 liter/min 21.0kg/cm <sup>2</sup> 720rpm 3相誘導電動機:15kW AC400V 720rpm 集油槽:3,000 liter 圧油槽:3,000 liter, 21.0-19.5kg/cm <sup>2</sup>
2) ストレーナー		○		3 組	
3) 集油槽カバーパッキン		○		3 枚	

#### 3-2 4-6 号機

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 圧油ポンプセット		○		3 台	圧油ポンプ:スクューポンプ 80 liter/min 29kg/cm <sup>2</sup> 2,930rpm 三相誘導電動機:7.5kW AC400V 2,900rpm 集油槽:1,600 liter 圧油槽:1,550 liter
2) 集油槽油冷却器		○		3 組	
3) ストレーナー		○		3 組	
4) 集油槽カバーパッキン		○		3 枚	

### 4. 水車用圧縮空気供給装置

#### 4-1 1-3 号機 (共通)

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 圧縮空気装置			○	2 台	空気圧縮機:1m <sup>3</sup> /min 15HP 23kg/cm <sup>2</sup> 415rpm 3相誘導電動機:15HP AC400V 960rpm
2) 制御盤			○	1 組	

#### 4-2 4-6 号機 (共通)

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 圧縮空気装置		○		2 台	空気圧縮機:325 liter/min 3.7kW 35kg/cm <sup>2</sup> 1,440rpm 3相誘導電動機:3.7kW AC400V 1,440rpm
2) 制御盤		○		1 組	

### 5. 冷却水供給装置

#### 5-1 1-3 号機

3 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 冷却水ポンプセット(A号)		○		2 台	渦巻ポンプ:45kW 6.6 liter/min 25m 3相誘導電動機:45kW AC400V 1,460rpm
2) 制御盤 (A号)		○		3 組	

3) 冷却水ポンプセット(B号)		○		2 台	1) に同じ
4) 制御盤 (B号)		○		3 組	
5) 吸込管逆止弁		○		6 個	
6) 一次給水槽ポートスイッチ		○		2 組	

5-2 4-6号機

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 冷却ポンプセット (A号)		○		3 台	渦巻ポンプ:45kW 6.6 liter/min 25m 3相誘導電動機:45kW AC400V 1,460rpm
2) 同上 (B号)		○		3 台	1) に同じ
3) 吸込管逆止弁		○		6 個	

6. オイルリフター (4-6号機)

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 制御盤		○		3 組	ポンプ:キャーポンプ 21 liter/min 136kg/cm <sup>2</sup> 3相誘導電動機:7.5 kW AC400V

7. 入口弁 (1-3号機)

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 入口弁			○	6 台	ロータリ弁 940mm φ
2) 側路弁		○		6 個	ニードル弁 91mm φ
3) 鉄管排水弁		○		6 個	スルース弁 100A

8. 入口弁金属シール (4-6号機)

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 金属シール		○		4 組	ロータリ弁、880mm φ
2) 側路弁		○		6 個	ニードル弁 91mm φ
3) 主弁Vパッキン		○		6 組	

9. 入口弁制御盤 (1-6号機)

6台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 入口弁制御盤		○		12 面	
2) 同上用ストレナー		○		12 個	
3) 制御盤回路水圧弁		○		36 個	

10. ニードルおよびノズル (1-6号機)

6台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) ニードルチップ		○		24 個	
2) ノズルチップ		○		24 個	
3) ノズル用レザーワシヤ		○		48 個	

11. デフレクター (1-6 号機)

6 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) デフレクターチップ		○		24 個	
2) デフレクターアーム		○		48 個	

12. 主軸水切り (5 号機 B 側)

1 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 主軸水切り		○		1 個	

13. 予備ランナー (1-6 号機)

6 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) A 側ランナー		○		1 個	
2) B 側ランナー		○		1 個	

14. 制御ケーブル

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 600V CVV			○	2,200m	3.5m m <sup>2</sup> 2-core
2) 同上			○	20,400m	3.5m m <sup>2</sup> 3-core
3) 同上			○	16,600m	3.5m m <sup>2</sup> 4-core
4) 同上			○	1,500m	3.5m m <sup>2</sup> 5-core
5) 同上			○	1,900m	3.5m m <sup>2</sup> 6-core
6) 同上			○	11,900m	3.5m m <sup>2</sup> 7-core
7) 同上			○	600m	3.5m m <sup>2</sup> 10-core
8) 同上			○	1,900m	3.5m m <sup>2</sup> 12-core
9) 同上			○	2,800m	5.5m m <sup>2</sup> 2-core
10) 同上			○	1,000m	5.5m m <sup>2</sup> 3-core
11) 同上			○	3,000m	5.5m m <sup>2</sup> 4-core
12) 同上			○	500m	5.5m m <sup>2</sup> 5-core
13) 同上			○	500m	8m m <sup>2</sup> 2-core
14) 同上			○	200m	8m m <sup>2</sup> 3-core
15) 600V CV			○	2,900m	8m m <sup>2</sup> 3-core
16) 同上			○	100m	14m m <sup>2</sup> 2-core
17) 同上			○	400m	14m m <sup>2</sup> 3-core
18) 同上			○	600m	22m m <sup>2</sup> 3-core
19) 同上			○	300m	38m m <sup>2</sup> 2-core
20) 600V CVV-SB			○	1,500m	3.5m m <sup>2</sup> 2-core
21) 600V IV			○	300m	3.5m m <sup>2</sup>
22) 同上			○	200m	5.5m m <sup>2</sup>
23) 同上			○	100m	8m m <sup>2</sup>
24) 同上			○	100m	14m m <sup>2</sup>
25) 同上			○	100m	22m m <sup>2</sup>
26) 同上			○	100m	38m m <sup>2</sup>

15. 発電機制御盤

15-1 1-3号機

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機計器盤	○			3 面	指示計器取替 4 個 電力記録計取替 3 個 無効電力記録計取替 3 個 故障表示器取替 12 個
2) 発電機保護継電器	○			3 面	保護継電器取替 8 個 電圧記録計取替 3 個
3) 発電機自動制御盤	○			3 面	補助継電器取替(予備品) 4 個
4) 発電機制御デスク		○		3 面	デスク型制御卓 W900mm H730mm

15-2. 4-6号機

3台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機計器盤		○		3 面	自立式閉鎖型配電盤 W900 H2300
2) 発電機保護継電器盤		○		3 面	自立式閉鎖型配電盤 W900 H2300
3) 発電機自動制御盤	○			3 面	補助継電器取替 12 個
4) 発電機制御デスク		○		3 面	デスク型制御卓 W900mm H730mm

16. 主要変圧器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 主要変圧器		○		10 台	4-6号機 更新 10,333 k VA 単相変圧器 x 9 スペア単相変圧器 x 1
2) 母線		○		100m	HDCC 200mm <sup>2</sup> (4-6号機)
3) 主回路端子		○		18 個	4-6号機
4) T分岐金具		○		18 個	4-6号機
5) 銅バー		○		20m	60mm x 10mm、4-6号機
6) 冷却水配管		○		一式	1-6号機
7) フローリレー		○		6 個	1-6号機
8) 11kV電力ケーブル		○		650m	4-6号機 11kV CV 600mm <sup>2</sup> 1core
9) ケーブルヘッド		○		36 組	4-6号機
10) クリート		○		一式	4-6号機

17. 132 k V 変流器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 132 k V 変流器		○		2 台	150/5A
2) 母線		○		50m	HDCC 200mm <sup>2</sup>
3) 主回路端子		○		12 個	

18. 132 k V 遮断器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 132 k V 遮断器		○		5 台	定格電流 800A 定格遮断電流 25kA
2) 母線		○		300m	HDCC 200mm <sup>2</sup>

3) 主回路端子		○		33 個	
4) T 分岐金具		○		9 個	
5) PG クランプ		○		6 個	

## 20. 132 kV 断路器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 132 kV 断路器		○		1 台	定格電流 800A
2) 母線		○		80m	HDCC 200mm <sup>2</sup>
3) 主回路端子		○		6 個	

## 21. 遮断器用空気圧縮装置

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) AC 空気圧縮装置		○		2 組	
2) 制御盤		○		1 面	
3) 配管材		○		1 式	
4) 圧力計		○		1 式	
5) 圧カスイッチ		○		1 式	

## 23. 132 kV 送電線制御盤

### 23-1 送電線制御盤本体

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 送電線計器盤	○			1 面	指示計器取替 4 個 電圧記録計取替 1 個 状態表示器 1 個 故障表示器取替 2 個 変換器 2 個
2) 送電線制御デスク	○			1 面	制御スイッチ取替 10 個

### 23-2 132 kV 送電線制御ケーブル

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 600V CVV			○	800m	3.5mm <sup>2</sup> 2-core
2) 同上			○	6,500m	3.5mm <sup>2</sup> 3-core
3) 同上			○	4,200m	3.5mm <sup>2</sup> 4-core
4) 同上			○	1,400m	3.5mm <sup>2</sup> 6-core
5) 同上			○	300m	3.5mm <sup>2</sup> 10-core
6) 同上			○	200m	5.5mm <sup>2</sup> 2-core
7) 同上			○	1,100m	5.5mm <sup>2</sup> 3-core
8) 600V CV			○	500m	5.5mm <sup>2</sup> 2-core
9) 同上			○	3,000m	5.5mm <sup>2</sup> 3-core
10) 同上			○	300m	5.5mm <sup>2</sup> 4-core
11) 同上			○	900m	8mm <sup>2</sup> 3-core
12) 600V IV			○	100m	3.5mm <sup>2</sup>
13) 同上			○	100m	5.5mm <sup>2</sup>
14) 同上			○	100m	8mm <sup>2</sup>

24. 整流器、蓄電池

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 整流器		○		2 組	サイリスタ整流型 定格入力電圧:三相交流 400V 定格出力電圧:直流 230V 定格直流電流:100A
2) 蓄電池	○			1 個	タイプ CS290

25. 天井走行クレーン(共通)

2 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 走行用抵抗器		○		2 組	
2) 横行用抵抗器		○		2 組	
3) 巻上用抵抗器(主巻)		○		2 組	
4) 同上 (補巻)		○		2 組	
5) ブレキラインイング/シュー(走行)		○		2 組	
6) 同上 (横行)		○		2 組	
7) 同上 (主巻)		○		2 組	
8) 同上 (補巻)		○		2 組	
9) スリップリング (走行)		○		2 組	
10) 同上 (走行)		○		2 組	
11) 同上 (横行)		○		2 組	
12) 同上 (主巻)		○		2 組	
13) 同上 (補巻)		○		2 組	
14) 走行コレクターパネ (走行)		○		8 個	
15) 同上 (横行)		○		66 個	
16) 主巻ワイヤー		○		2 組	
17) 補巻ワイヤー		○		2 組	

26. 132 kV 送電線 (2<sup>nd</sup> line 新設)

26-1 電線路

(a) 碍子装置

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 耐張型碍子連 (9 個連) (普通型)	○			532 組	電気機械強度:120kN ホールソケット型
2) 耐張型碍子連 (9 個連) (逆型)	○			26 組	電気機械強度:120kN ホールソケット型
3) 懸垂型碍子連 (8 個連)	○			1,122 組	電気機械強度:120kN ホールソケット型
4) 懸垂型碍子連 (8 個連) (ジャンパーサポート用)				4 組	電気機械強度:120kN ホールソケット型
5) 耐張型碍子連 (8 個連) (普通型:撚架用)	○			2 組	電気機械強度:80kN ホールソケット型
6) 耐張型碍子連 (8 個連) (逆型:撚架用)	○			2 組	電気機械強度:80kN ホールソケット型
7) テンションロッド	○			3 組	機械強度:120kN

(b) 電線

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 電線	○			500 km	ACSR 397.5MCM (Ibis)
2) 直線スリーブ	○			250 個	ACSR 用

3)	補修スリーブ	○			50 個	ACSR 用
4)	アーマールロッド	○			1,122 個	ACSR 用
5)	ダンパー	○			4,818 個	ACSR 用 10 lbs
6)	T型スリーブ	○			3 個	メイン: ACSR 397.5 MCM ブランチ: Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle

(c) 架空地線

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 鋼線		○		167 km	亜鉛メッキ鋼線 (7/No.9 SWG)
2) 耐張クランプ		○		188 組	亜鉛メッキ鋼線用
3) 懸垂クランプ		○		375 組	亜鉛メッキ鋼線用
4) 直線スリーブ		○		84 個	亜鉛メッキ鋼線用
5) 補修スリーブ		○		20 個	亜鉛メッキ鋼線用
6) ダンパー	○			1,606 個	亜鉛メッキ鋼線用 3 lbs

26-2 バルーチャン第二水力発電所 (2<sup>nd</sup> line 新設側)

(a) 送電設備 (主回路)

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 遮断器	○			1 台	定格電圧:145 kV 定格遮断電流 25 kA BCT 内蔵 SF6 ガス型
2) 断路器	○			3 台	定格電圧:145 kV 定格電流 800 A 手動操作型
3) 電圧変成器 (CVT)	○			1 台	変成比 132kV/√3:110V/√3
4) 避雷器	○			3 台	最大系統電圧:145 kV 定格電圧:120 kV
5) 耐張型碍子連 (12 個連)	○			6 組	ホールケット型
6) 懸垂型碍子連 (12 個連)	○			4 組	ホールケット型
7) テンションロッド	○			9 組	機械強度:120kN
8) 主回路電線	○			363 m	HDCC 200 mm <sup>2</sup>
9) 接地線	○			90 m	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
10) T型圧着端子	○			3 個	メイン: ACSR 397.5 MCM ブランチ: HDCC 200 mm <sup>2</sup>
11) T型圧着端子	○			3 個	メイン: HDCC 200 mm <sup>2</sup> ブランチ: HDCC 200 mm <sup>2</sup>
12) T型圧着端子	○			6 個	メイン: HDCC 325 mm <sup>2</sup> ブランチ: HDCC 200 mm <sup>2</sup>
13) C型クランプ	○			10 個	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
14) C型クランプ	○			20 個	HDCC 200 mm <sup>2</sup>

(b) 保護装置

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 送電線保護装置	○			1 組	デジタル型 距離継電方式

26-3 カロー変電所 (2<sup>nd</sup> line 新設側)

(a) 送電設備 (主回路)

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 遮断器	○			1 台	定格電圧:145 kV 定格遮断電流:25 kA BCT 内蔵 SF6 ガス型
2) 断路器	○			1 台	定格電圧:145 kV 定格電流 800 A 電動操作型
3) 電圧変成器 (CVT)	○			3 台	変成比 132kV/√3:110V/√3
4) 避雷器	○			3 台	最大系統電圧:145 kV 定格電圧 120 kV
5) 主回路電線	○			335 m	Al 400 mm <sup>2</sup>

6) 接地線	○			120 m	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
7) 平型圧着端子	○			24 個	Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
8) T型圧着端子	○			3 個	メイン: ACSR 397.5 MCM ブランチ: Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
9) C型クランプ	○			15 個	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
10) C型クランプ	○			12 個	Al 400 mm <sup>2</sup>
11) スペーサ	○			30 個	Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
12) 導体支持碍子	○			3 組	ポスト碍子: BIL650 kV

(b) 保護装置

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 送電線保護装置	○			1 組	デジタル型 距離継電方式

(c) 制御盤

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) MW 計	○			2 個	CT:500/5 PT:132kV/√3:110V/√3 1.5 級
1) Mvar 計	○			2 個	CT:500/5 PT:132kV/√3:110V/√3 1.5 級
2) A 計	○			2 個	CT: 500/5 1.5 級
3) kV 計	○			2 個	PT: 132kV/√3: 110V/√3 1.5 級
4) 故障表示器	○			2 個	10 表示窓
5) ON/OFF スイッチ (遮断器、断路器)	○			8 個	赤緑ランプ付き
6) ON/OFF スイッチ (直流電源)	○			2 個	
7) 端子台	○			12 個	12 端子型
8) ミミックブス	○			10 m	

(d) 分電盤

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) ノーフューズブレーカ (NFB)	○			8 個	2 極型 AC/DC230V
2) 端子台	○			2 個	12 端子型 5.5 mm <sup>2</sup>
3) 電線管	○			50 m	フレキシブル型
4) 電線管サドル	○			20 個	
5) 電線管フッティング	○			10 個	

(e) 制御ケーブル

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 600V CVV	○			1,900 m	5.5m m <sup>2</sup> 4-core
2) 同上	○			1,200 m	3.5m m <sup>2</sup> 8-core
3) 同上	○			100 m	3.5m m <sup>2</sup> 2-core
4) 同上	○			100 m	3.5m m <sup>2</sup> 4-core
5) 同上	○			800 m	5.5m m <sup>2</sup> 2-core

26-4 カロー変電所 (既設線路側)

(a) 送電設備 (主回路)

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 遮断器	○			1 台	定格電圧:145 kV 定格遮断電流:25 kA BCT 内蔵 SF6 ガス型
2) 断路器	○			1 台	定格電圧:145 kV 定格電流 800 A 電動 操作型
3) 電圧変成器 (CVT)	○			1 台	変成比 132kV/√3:110V/√3

4) 避雷器		○		3 台	最大系統電圧:145 kV,定格電圧:120kV
5) 主回路電線	○			335 m	Al 400 mm <sup>2</sup>
6) 接地線	○			120 m	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
7) 平型圧着端子	○			24 個	Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
8) T型圧着端子	○			3 個	メイン: ACSR 397.5 MCM ブランチ: Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
9) C型クランプ	○			15 個	軟銅線 150 mm <sup>2</sup>
10) C型クランプ	○			12 個	Al 400 mm <sup>2</sup>
11) スペーサ	○			30 個	Al 400 mm <sup>2</sup> 2-bundle
12) 導体支持碍子		○		3 組	ポスト碍子:BIL650 kV

(b) 制御ケーブル

機器名	区分			数量	概略仕様
	追加	取替	更新		
1) 600V CVV	○			1,900 m	5.5m <sup>2</sup> 4-core
2) 同上	○			1,200 m	3.5m <sup>2</sup> 8-core
3) 同上	○			800 m	3.5m <sup>2</sup> 2-core

28. 所内排水ポンプ (共通)

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 排水ポンプセット			○	2 台	ポンプ:7.5HP 0.5m <sup>3</sup> /min. 20m 電動機:5.5kW AC400V 1440rpm

29. ブースター変圧器用給水ポンプ

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 給水ポンプセット			○	2 台	ポンプ:3.7kW 1.25m <sup>3</sup> /min 12m 電動機:3P 3.7kW AC400V 1440rpm
2) 同上現場制御盤			○	1 組	

30. 主要変圧器-11 k V キュービクル間 11 k V 電力ケーブル (1-3 号機)

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 11 k V 電力ケーブル		○		700m	11 k VCV 600mm <sup>2</sup> 1-core
2) ケーブルヘッド		○		36 組	
3) クリート		○		一式	

32. 所内変圧器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 所内変圧器		○		1	500 k VA 油入自冷式
2) 11 k V 電力ケーブル		○		100m	11 k V CV 60mm <sup>2</sup> 3-core
3) ケーブルヘッド		○		2 組	

33. 132 k V 避雷器

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 132 k V 避雷器		○		9 台	酸化亜鉛形
2) 母線		○		50 m	HDCC 200mm <sup>2</sup>

3) T分岐金具		○		9 個	
4) 主回路端子		○		9 個	

34. 潤滑油供給システム (1-6 号機)

6 台分

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 4号機1号ポンプ用遮断器		○		1 個	4号機 No.A 制御盤
2) 油流継電器		○		5 個	69Q(No.1-A,2-B,3-A,4-B & 5-B)
3) 水流継電器		○		4 個	69W(No.2,3,4 & 5)
4) 混水検出器		○		1 個	

35. 水車ランナー (1-2 号機)

機器名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 1号機 B ランナー		○		1 個	
2) 2号機 A ランナー		○		1 個	
3) 2号機 B ランナー		○		1 個	

3-2-3 基本設計図

本計画の基本設計図は以下に示す通りである。

No.	図面番号	図面名称
1	BAC-02-0001	主回路単線接続図
2	BAC-02-0002	発電所回路構成図
3	BAC-02-0003	所内単線結線図 (施工前)
4	BAC-02-0004	所内単線結線図 (施工後)
5	BAC-02-0005	発電所発電機フロア平面図
6	BAC-02-0006	発電所横断面図
7	BAC-02-0007	発電所縦断面図
8	BAC-02-0008	配電盤室平面図
9	BAC-02-0009	配電盤室 開閉器室断面図
10	BAC-02-0010	1-3号機計器盤 制御デスク
11	BAC-02-0011	4-6号機計器盤 制御デスク
12	BAC-02-0012	1-6号機保護継電器盤
13	BAC-02-0013	1-6号機自動制御盤
14	BAC-02-0014	132kV 北部線計器盤 制御デスク 保護継電器盤
15	BAC-02-0015	132kV 北部線保護継電器盤
16	BAC-02-0016	屋外開閉所平面図
17	BAC-02-0017	屋外開閉所 A-A 断面図
18	BAC-02-0018	屋外開閉所 B-B 断面図 (施工前)

19	BAC-02-0019	屋外開閉所 B-B 断面図 (施工後)
20	BAC-02-0020	屋外開閉所 C-C 断面図 (施工前)
21	BAC-02-0021	屋外開閉所 C-C 断面図 (施工後)
22	BAC-02-0022	屋外開閉所 D-D 断面図 (施工前)
23	BAC-02-0023	屋外開閉所 D-D 断面図 (施工後)
24	BAC-02-0024	屋外開閉所 E-E 断面図 (施工後)
25	BAC-02-0025	所内変圧器周辺平面図
26	BAC-02-0026	1-3 号機冷却水及び圧縮空気配管系統図
27	BAC-02-0027	4-6 号機冷却水及び圧縮空気配管傾倒図
28	BAC-02-0028	4-6 号機圧油配管系統図
29	BAC-02-0029	4-6 号機潤滑油配管系統図
30	BAC-TL-0001	カロー変電所単線結線図
31	BAC-TL-0002	カロー変電所平面図
32	BAC-TL-0003	カロー変電所：ロータ線 1 号線断面図
33	BAC-TL-0004	カロー変電所：ロータ線 2 号線断面図
34	BAC-TL-0005	カロー変電所：配電盤室平面図
35	BAC-TL-0006	カロー変電所：分電盤配置図

### 3-2-4 調達/施工計画

#### 3-2-4-1 調達方針

本補修計画の対象資機材において、発電所としての性能・機能を保持するために既存設備との設計上の協調が不可欠であり、以下の事由により原メーカーしか対応できない資機材においては、原メーカーとの随意契約により調達する。

- (a) 補修する資機材の設計・製作にあたっては、既存設備の仕様、特性のほか、現有部品の材質、形状、寸法、構造についての詳細データが必要である。この詳細データは原メーカーしか所有していない。
- (b) この詳細データは、原メーカーが所有しているが、技術ノウハウが盛り込まれているため、第三者メーカーに公開譲渡されることはない。
- (c) 第三者メーカーが詳細データを入手するには、水車発電機を分解して現地調査をしなければならないが、その目的のためだけに水車発電機の分解・組立を行うのは困難である。
- (d) 第三者メーカーが現地調査を実施できたとしても、現地調査および図面作成に時間がかかるため、その分納期が長くなる。
- (e) 日本のメーカーは商習慣上、特別の事情がない限り他社の製品の部分補修は実施しない。設計手法が異なること、部分補修後の設備全体の性能に責任が持たないこと、補修対象外の部品で万一トラブルが生じた場合、補償に応じられないことがその理由である。
- (f) 原メーカーであれば、機器納入責任が明確に継続される。

- (g) 原メーカーであれば、既存設備との整合性がとれ性能および信頼性を確保できる。

本補修計画における一般競争入札と随意契約入札の分類は、表 3-2 の通り計画する。

表 3-2 一般競争入札と随意契約入札

	機器名	区分	業者契約		業者契約方法選定理由
			競争	随意	
1	励磁装置 (1-3 号機)	更新		○	発電機電圧制御を担う重要設備であり既設発電機特性との設計調整が必要
3	ガバナー用圧油供給装置 (1-6 号機)	取替		○	水車制御装置用の圧油供給装置の部分補修であり既設装置との設計調整が必要
4	水車用圧縮空気供給装置 (1-3 号機共通、4~6 号機共通)	更新		○	圧油を作成するための装置であり既設圧油装置との設計調整が必要
5	冷却水供給装置 (1-6 号機)	取替		○	水車発電機の温度特性を維持するための重要設備であり既設水車発電機特性との設計調整が必要
6	オイルリフター (4-6 号機)	取替		○	既設装置の部分補修
7	入口弁 (1-3 号機)	更新		○	水圧鉄管と水車を分岐する弁であり既設水車特性および配管との設計調整が必要
8	入口弁金属シール (4-6 号機)	取替		○	既設入口弁の部分補修
9	入口弁制御盤 (1-6 号機)	取替		○	既設入口弁の部分補修
10	ニードルおよびノズル(1-6 号機)	取替		○	既設水車の部分補修
11	デフレクター (1-6 号機)	取替		○	既設水車の部分補修
12	主軸水切り (5 号機)	取替		○	既設水車の部分補修
13	予備ランナー (1-6 号機)	取替		○	既存水車特性との設計調整が必要
14	制御ケーブル(1-3 号機屋外のみ、4~6 号機全取替)	更新	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
15-1	発電機制御盤 (4-6 号機、自動制御盤を除く全盤)	更新		○	既設自動制御盤との設計調整が必要
15-2	発電機制御盤 (1-3 号機、制御デスクのみ更新、他は部品のみ取替)	修理		○	既設制御盤の部分補修
16	主要変圧器 (4-6 号機)	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
17	132 kV 変流器 (1-6 号機)	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
18	132 kV 遮断器	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
20	132 kV 断路器	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
21	遮断器用空気圧縮装置	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能

23-1	132kV 送電線制御盤 (盤本体)	修理		○	既設制御盤の部分補修
23-2	132kV 送電線制御盤(制御ケーブル)	更新	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
24-1	整流器 (1号系列、2号系列)	更新	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
24-2	蓄電池 (1号系列の電池1個)	修理		○	既設蓄電池の部分補修
25	天井走行クレーン	取替		○	既設装置の部分補修
26	132 送電線	新設	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
28	所内排水ポンプ	更新	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
29	ブースター変圧器用給水ポンプ	更新	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
30	主要変圧器~キュービクル間 11kV 電力ケーブル (1-3号機)	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
32	所内変圧器	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
33	132 kV 避雷器	取替	○		設計仕様により複数のメーカーから調達可能
34	潤滑油供給システム (1-6号機)	取替		○	既設装置の部分補修
35	水車ランナー (1-2号機)	取替		○	既存水車特性との設計調整が必要

### 3-2-4-2 施工方針

本計画は、運転中のバルーチャン第二水力発電所において1号機から6号機の補修工事、ならびに追加送電線の設置を行うものである。また、補修範囲は1号機から6号機のほぼ全設備に及んでいる。従って、それらの補修工事に際しては、他号機の運転を妨げない最適な工法手順を採用するとともに、各設備の補修を円滑に効率的に実施できるよう施工計画を策定する。

事業を実施する場合の基本事項および特に留意する点は以下の通りである。

#### (1) 相手国側実施機関

ミャンマー国側の本計画実施担当機関は MEPE が担当する。補修資機材の据付工事ならびに現場試験は MEPE の要員にて実施される。また、補修期間中の発電設備の運転・停止、撤去品の処理および基礎工事はミャンマー側負担で実施されるものとする。

一方、MEPE は送電線建設を担当する事務所を全国5カ所に配置しており132kV送電線建設の経験を有する要員を数多く保有している。しかし、1回線充電時における追加架線工事の経験は27年前に1度実施したのみで、現有スタッフは活線工事の経験を有していないため、追加架線工事は安全確保のため既存送電線を昼間停止して実施する計画である。

## (2) コンサルタント

本計画は無償資金協力事業であるため、日本法人コンサルタントがミャンマー国政府と調達監理契約を結び、本計画の資機材調達および補修工事用入札書類の作成とともに補修工事の調達監理業務を行う。

コンサルタントの主要業務内容は次の通りである。

### 施工前段階(国内作業)

- (a) 資機材購入および補修工事用入札書類の作成
- (b) 入札業務補助および入札評価
- (c) 契約交渉
- (d) 資機材図面および書類の審査および承認
- (e) 船積み前の工場検査立会い
- (f) 検査・試験証明書の発行
- (g) 関係各機関への説明、報告業務

### 施工段階 (現場作業)

- (a) 輸送、補修工事、現場試験の工程管理
- (b) 各工事の工程調整
- (c) 現場の安全管理
- (d) 現場試験の立会検査
- (e) 現場試験結果の評価
- (f) 輸送、補修工事、現場試験に関する月報の作成
- (g) 出来高、支払証明書の発行
- (h) 輸送、補修工事、現地試験の完成記録の作成
- (i) 引渡し後1年目の瑕疵検査業務
- (j) 関係機関への定期報告業務

## (3) 資機材納入業者

各号機の運転停止期間は2ヶ月であり、この期間内で所定の補修・更新工事および現地試験をすべて終了させる計画である。工事期間中は、いろいろな設備の工事ならびに試験が輻輳する。また、互いに関連している設備も多く、作業上および工程上の調整をとることが不可欠である。

資機材納入業者は、コンサルタント作成の仕様書に従って、資機材の設計、製作、供給、工場試験、輸出梱包および輸送を行うのに加えて現場据付工事および現場試験を指導し、各設備の補修状況および補修後の性能を検証した上で引渡しを行う。また、一連の現地補修工事および現地試験の期間中にミャンマー側への技術移転を実施する。

このため、品質の確保、性能保証、瑕疵責任および工期の管理の観点から資材納入業者は補修工事開始に先駆けて施工計画書、据付手順書および実施工程表の提出が要求される。

資機材納入業者から次の分野の技術者を派遣する。

### (a) 技術指導員 (据付)

第1期： 4名 (冷却水供給装置、水車用圧縮空気供給装置、送電線、送電線制

御盤)

第 2 期： 8 名 (水車補機、入口弁、水車本体、制御盤、制御ケーブル、天井クレーン、変圧器、変電機器)

第 3 期： 8 名 (水車補機、入口弁、水車本体、制御盤、制御ケーブル、励磁装置、11kV ケーブル、変電機器)

(b) 技術指導員 (調整試験)

第 1 期： 1 名 (送電線制御盤)

第 2 期： 3 名 (水車、制御盤、総合調整)

第 3 期： 4 名 (水車、制御盤、総合調整、励磁装置)

### 3-2-4-3 施工上の留意事項

#### (1) 通信手段の確保

実施期間中に起こり得る問題に敏速に対処するためには、事前の情報収集が不可欠であり通信手段の確立が必要となる。

発電所の既設通信施設は国際通信が不可能であり、また国内通信状態も極めて悪い状況にある。従い、実施期間中は新規に国際通信回線を設置し、ミャンマー国内を含め日本国への連絡手段を確立させる必要がある。

#### (2) 安全作業

本工事は、重量物の移動作業、高所作業および狭い場所での作業が多く、しかも多種多様な工事が輻輳するため、安全確保が重要課題である。

作業前には、必ず作業の安全を確保し、できる限りの安全対策をとることが必要である。特に、電気回路は停電状態を確認しスイッチの動作ロックをかけた後、停電回路に接地をつけるとともに、停電範囲については作業者に十分に周知を図り、万全の事故防止を図る必要がある。

#### (3) 事前準備作業

殆どの設備の補修工事は、発電機の停止期間内に実施される。各設備の工事が円滑に実施できるように、発電機停止に先立って、コンサルタント、資機材納入業者および作業者が相互に資機材の搬入ルート、作業手順について確認する必要がある。

#### (4) 運転中の他号機への配慮

本工事期間中も、他の 5 台の発電機は運転中であるため、本工事は他号機の連続運転に支障を来さないように施工計画を策定する。

特に、132 kV 母線は全号機共通であるため、北部線関係の補修時には北部線の停止の必要が生じる。施工計画の策定に当たっては、この停止期間が極力短くなるように考慮する必要がある。

#### (5) 各種工事の協調

本工事の対象設備は、一部を除いて狭い発電所内に集中しており、工事期間中は、いろいろな設備の撤去、据付、塗装、試験等により工事の輻輳が予想される。このため、工程調整会議を定期的に行うことにより作業の効率化と共に安全管理および品質管理を図る必要がある。

(6) バルーチャン第一水力発電所との一体運営

バルーチャン第二水力発電所の発電を行うのに必要な流入水は、上流の第一水力発電所からの放流水が直接使用されており、その流入量と放水量はバランスを保っている。従い、本プロジェクトの補修期間中、水車発電機を1台停止した場合、1台分の水車発電機を運転するのに必要な流入水(約  $4\text{m}^3/\text{sec}$ ) が減少する為、第一水力発電所の出力も低下する結果となる。

電力供給力が不足しているミャンマー国の電力事情において、補修期間中の供給力低下を最小にするために、第二水力電所の機器停止時に第一水力発電所の出力を低下させないように、即ち、第一水力発電所の使用水量を確保するために、第一水力発電所からの  $4\text{m}^3/\text{sec}$  の余水を下流の導水設備より放流する必要がある。

第一および第二水力発電所の間には調整池があり、サイフォン式の余水放流設備が備えてある。しかし、その放水路は風化石灰岩(大きなクラック、洞窟が形成されている)であるため余水が地下に浸透し、第二水力発電所用の低圧鉄管に悪影響を及ぼす可能性があるとの理由により、その使用は避けられている。

従い、対策として第一水力発電所の直下流にある導水路(開渠)の角落溝に丸太による仮設の堰を作り、放水路水位を上げることにより、第二水力発電所の取水口へ逆流させ放流処置する方法を採用する。この処置により余水放流用の放水路を新たに設置する必要はない。

(7) 補修に伴う水車発電機の停止計画

バルーチャン第二水力発電所の構造として、1本の水圧鉄管が水車発電機3台に共通に使用され、鉄管は発電所の手前で3本に分かれ、さらに2本に分岐されて水車の入口弁に接続されている。

入口弁は水圧鉄管と水車を結ぶバルブの役目を持ち、水車の点検または補修を行う時に、この弁を閉めて鉄管内の水を遮断し水車内の作業を可能にする機能を持っている。

補修工事は機器の取替え、または更新を行うもので、安全を確保するために水車発電機を停止して行う必要がある。本補修計画で1台あたりに要する停止期間は約2ヶ月と計画される。

また、本補修計画では、その対象として老朽化した入口弁の取替えが含まれており、作業期間中の安全を確保するために鉄管内の水を着実に遮断することが必要となる。この対策として、本補修計画では閉止板を鉄管端部に取付けることで対応する。

1本の鉄管が3台の水車発電機に共通となっているため、1台分の閉止板を取付けるには、3台を同時停止して鉄管内の水を抜く必要があるが、1-3号機の場合の停止作業工程を以下に示す。

- ① 水車発電機3台(1-3号機)の停止
- ② 水圧鉄管内の放水
- ③ 既設入口弁の撤去(1号機用の2台)
- ④ 閉止板の取付け(1号機用の2個)
- ⑤ 水圧鉄管内の充水
- ⑥ 水車発電機2-3号機の運転
- ⑦ 水車発電機1号機の補修作業(新規入口弁の据付)開始

上記の①から⑦までの工程に要する時間は約 20 時間と算定される。1 号機の補修作業終了後、同様の工程を経て 2 号機に閉止板を移動し、2 号機の補修作業に着手すると同時に 1 号機の運転を再開する。

以下、順次 2 号機から 3 号機への切替を同様の工程で実施することにより、1-3 号機の補修を実施するが、発電機停止期間は、1 台あたり 2 ヶ月として全体で約 6 ヶ月の工程となる。

#### 3-2-4-4 調達監理計画

日本国政府の無償資金協力に基づき、コンサルタントは基本設計の主旨を十分に踏まえ、調達監理業務について一貫したプロジェクトチームを編成し、円滑に業務実施をおこなう。

##### (1) 調達監理の基本方針

コンサルタントは、本工事が所定の工事期間に確実かつ安全に実施されるよう、また、補修工事が所定の効果をあげられるよう、工事全般に亘り資機材納入業者およびミャンマー側負担の据付工事・現場試験に対する監理・指導を行う必要があり、次の 3 項目を基本方針とする。

##### (a) 工程管理

- i) 各設備毎に資機材の製作、輸送、工事の進捗状況を確認する。
- ii) ミャンマー側負担の据付工事および現場試験の進捗状況を確認する。
- iii) 工程調整会議を適宜開催し、計画全体の工程管理および工程調整を行う。工程調整会議を現場補修工事期間中は毎週、また現場試験中は毎日開催する予定である。

##### (b) 安全管理

- i) 作業前には充停電範囲の確認を行い、感電事故の防止を図る。
- ii) 補修作業により他設備に損傷を与えないように、必要により養生をする。
- iii) 同じ作業場所で複数の作業が実施される場合は、お互いの作業内容および工程を認識させ、災害防止を図る。
- iv) 機器の搬入・搬出作業および充電部近接作業では、専任監視員を配置する。
- v) 開口部や充電部の周りは、ロープで区画し注意を喚起する。
- vi) 安全パトロールを実行し、事故の未然防止を図る。
- vii) 緊急連絡網の徹底を図る。

##### (c) 品質管理

- i) 資機材納入業者に、資機材に関する図面の提出を義務付け、仕様および品質が契約仕様書と合致していることを確認する。
- ii) 主要資機材の工場試験に立会い、それらが承認図および仕様書通りに製作されていることを確認する。
- iii) 補修工事の成果は、現場試験により確認する。なお、現場試験は機能回復を検証するために必要な試験をすべて実施する。

##### (2) 調達監理体制

調達監理業務を円滑に遂行するために、類似業務の経験が豊富で、本計画の内容を十分に理解している者を業務主任に任命した上で、入札業務、図面審査および工場試験業務、工事監理業務、現地試験業務の各担当者によって調達監理体制を整える。

- (a) 業務主任 (1名)  
業務全般の管理業務を行う。また、各業務における方針を提示し、必要に応じて各担当者へアドバイスをを行う。
- 現場施工段階では、各設備の作業方法および安全性の確認、全体の工程調整、現場調達監理体制の指導等を行うと共に、有水試験に立会い、計画の成果について確認する。
- (b) 入札業務担当者 (4名)  
資機材の業者入札書類の作成、入札公示、入札評価、契約交渉および契約立会業務を行う。業務に必要な専門性から、入札業務担当者は電気設備担当者2名、機械設備担当者1名、送電線担当者1名の計4名とする。
- (c) 図面審査および工場試験担当者 (2名)  
購入資機材の品質管理を目的とし、資機材供給業者から提出される図面等の審査および工場試験の立会業務を行う。業務に必要な専門性から、この業務には電気設備担当者1名、機械担当者1名の計2名で対応する。
- (d) 工事管理担当者 (4名)  
常駐管理担当者が、補修工事着手より竣工までの工程管理、品質管理および安全管理を担当する。業務に必要な専門性から、常駐管理担当者は電気設備担当者2名、機械担当者1名、送電線担当者1名の計4名とする。
- (e) ソフトコンポーネント担当者 (2名)  
適正かつ効率的な運転維持管理の技術移転業務を行う。業務に必要な専門性から電気設備運転保守担当者1名、機械設備運転保守担当者1名の計2名とする。

#### 3-2-4-5 資機材等調達計画

##### (1) 資機材の調達先

本計画は、日本メーカーが納入した既存設備の補修であり、資機材は既存との構造的および性能的な整合性が要求されている。これらの資機材はミャンマー国内での調達は非常に困難である。従って本計画に使用する資機材は日本より調達するものとする。本補修計画によって調達される資機材は全て日本製とする。

##### (2) 予備品の範囲

本補修計画の効果を継続的に維持するために必要不可欠な予備品および保守・補修工具を供給する。予備品はその性質から消耗部品と交換部品に分類される。本計画では、ランプ、ヒューズ、記録用紙など運転に必要となる消耗部品と故障時に敏速に補充する必要がある緊急性を有する交換部品(水車ランナーおよびニードル・ノズルチップなど)を納入する。

##### (3) 保証の考え方

本計画で補修した設備は、すべて瑕疵保証を要求するものとする。補修対象外の資機材であっても、本計画の補修が原因で、瑕疵が生じた部分は、瑕疵保証の範囲に含めるものとする。なお、瑕疵保証の期限は1年間とする。また、一式更新した機器や補修部品単体で性能が測定できるものは、性能保証を要求する。

### 3-2-4-6 ソフト・コンポ ネット計画

バルーチャン第二水力発電所は 40 年間（1-3 号機）および 25 年間（4-6 号機）、MEPE により運転維持管理されてきた。資金不足、パーツ不足のなか MEPE の自主努力により設備の維持管理が行われてきた。しかし、その維持管理に係るマニュアルあるいは図面などの確固たる指導書が整備されておらず、必ずしも現状の維持管理体制が満足とは言えない。

現状の維持管理体制に関し以下の問題点が挙げられる。

- (a) 発電所の運用に係る運転保守のマニュアルが整備されていない。
- (b) 機器図面および取り扱い説明書が整備されていない。
- (c) 電力供給を最優先としているため、定期点検あるいは精密点検が適時に実施されていない。
- (d) 予備品および補修工具の台帳がなく保管状況が把握されていない。

上記の維持管理に関する課題を解決するために、以下のソフトコンポーネントを実施することにより、運転保守員の維持管理能力を向上させ、発電所の長期運転を可能とし本補修効果を継続させることを目標とする。

- (a) 発電所の運用に係る運転保守に関する指導。
- (b) 日常点検、運転記録、事故・故障記録および保守記録に関する指導。
- (c) 定期点検ならびに精密点検（特に水車発電機）の実施方法および時期に関する指導。
- (d) 設計図面および取り扱い説明書など図書類の保管に関する指導
- (e) 予備品および補修工具の保管および補充に関する指導。
- (f) 新しく導入された設備の運転保守に関する指導

ソフトコンポーネント実施には以下の要員を第 2 期および第 3 期に 2 ヶ月配置する。第 3 期はモニタリングを併せて実施し第 2 期の効果を確認するとともに改善策を指導する。

- (a) 電気設備運転保守（電気機器および発電所運用担当） : 1 名
- (b) 機械設備運転保守（機械設備運転保守担当） : 1 名

### 3-2-4-7 実施工程

本補修計画の業務実施工程は単年度期分けとし、表 3-3 に示す様に 3 期による実施とする。各期の概要を以下に示す。

#### (1) 第 1 期

- 目的 : 1-6 号機水車補機の機能回復、132kV 送電線の 2 回線化
- 主要補修範囲 :
  - (a) 水車用圧縮空気供給装置の更新(1-3 号機共通)および取替(4-6 号機共通)
  - (b) 冷却水供給装置の取替(1-6 号機)
  - (c) 132kV 送電線の追加
- 全体工期 : 21.5 ヶ月
- 調達方式 :
  - (a) 随意契約
  - (b) 一般競争入札

(2) 第2期

- 目的： 4-6号機発電設備の機能回復、
- 主要補修範囲： (a) 水車ニードルチップ・ノズルチップ・デフレクター取替  
(b) 発電機制御装置の更新  
(c) 制御ケーブルの取替  
(d) 主要変圧器の取替  
(e) 天井走行クレーンの部品取替
- 全体工期： 21.5ヶ月
- 調達方式： (a) 随意契約  
(b) 一般競争入札
- 発電機停止： 水圧鉄管抜水後閉止板を鉄管末端部に設置することにより、1台毎停止を行う。1台の補修期間は2ヶ月とする。
- ソフトコンポーネント： 発電所の運用に係る指導を行う。

(3) 第3期

- 目的： 1-3号機発電設備の機能回復
- 主要補修範囲： (a) 水車ニードルチップ・ノズルチップ・デフレクター取替  
(b) 入口弁の更新  
(c) 励磁装置の更新  
(d) 制御ケーブルの取替  
(e) 水車ランナーの取替  
(f) 屋外開閉機器の取替
- 全体工期： 21.5ヶ月
- 調達方式： (a) 随意契約  
(b) 一般競争入札
- 発電機停止： 第2期同様に、1台毎停止を実施する。1台の補修期間は2ヶ月とする。
- ソフトコンポーネント： 新規に導入された機器の運転保守指導を行うと共に、第2期で指導した項目のモニタリングを行う。



### 3-3 相手国側分担事業の概要

本計画の補修工事のうち、次の役務および作業は、ミャンマー側の負担事業とする。

#### (1) 現地作業

ミャンマー側の負担事項は以下の通りとする。特に、据付工事および現地試験に要する要員は MEPE の要員を配置する。

- (a) 補修工事に伴う発電設備の停止
- (b) 本計画実施期間中における安全の確保
- (c) 補修期間内に必要な水車発電機の起動・停止、負荷および周波数調整、開閉装置の投入開放操作、並びにクレーンの運転
- (d) 全ての補修資機材の据付工事および現場試験

#### (2) 不要品の処分

設備の補修に伴って発生する不用品の処分は、ミャンマー側の負担事項とする。特に環境保全上重要となる廃棄物は以下の方針により処置する。

- (a) 既設主要変圧器の絶縁油  
既設変圧器を移動する前の絶縁油の抜き取り作業およびその保管はミャンマー側で実施する。この油は浄油された後、油タンクもしくはドラム缶につめて保管する。
- (b) 鉛蓄電池  
不要となる鉛蓄電池 1 個は、発電所に隣接する資材保管庫に保管する。

#### (3) 発電所フロアの一部改造

補修作業に伴って必要となる発電所内のコンクリートフロアの一部改造作業とその仕上げ作業（モルタルセメントの供給含む）は、ミャンマー側の負担とする。

#### (4) 屋外変電所ケーブルダクトの新設

新規に敷設する制御ケーブルのうち屋外変電所から制御室へのケーブルルートを確保するための屋外変電所ケーブルダクトの新設と、建物内に制御ケーブルを引き込むための窓の改造は、ミャンマー側の負担とする。この作業に必要なモルタルセメントの供給もミャンマー側負担とする。

#### (5) 屋外変電機器の基礎工事

新規に据付けられる追加 132kV 送電線用の変電機器の基礎工事はミャンマー側の負担とする。バルーチャン第二水力発電所の屋外変電所とカロー変電所の両変電所での工事となる。

#### (6) 撤去した主要変圧器の保管用仮基礎工事

撤去した主要変圧器を資材置場で保管する場合、保管用の基礎が必要となるが、その基礎の設計および工事はミャンマー側の負担工事とする。なお、この仮基礎工事は当該主要変圧器の更新工事を開始する 1 ヶ月前までに完了させる。

## 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

### (1) 基本方針

発電所の使命は、品質（電圧、周波数）の良い電力を長期的に安定供給することにある。そのためには発電設備の信頼性および安全性の維持を柱とした適切な予防保全と維持管理が必要である。

#### (a) 電力の品質の維持

同発電所の発電電力量はミャンマー国の電力需要の 24%に及び、同発電所の電力が系統全体の電力の品質におよぼす影響は非常に大きい。よって同発電所の電圧・周波数の安定維持は特に重要であり、そのためにはガバナー装置、AVR 装置を含めた制御装置の的確な運用と保守管理が必要である。

#### (b) 経年劣化対策

定期点検による劣化箇所の修理対策、機能回復技術の技能修得、またこれらの手引書の作成とともに設備の非破壊検査等による劣化進展管理に基づいた予防保全の実施が必要である。

### (2) 保守点検

#### (a) 定期点検

バルーチャン第二水力発電所では、発電設備の機能確認・機能維持を目的とした普通点検は定期的に行われている。

#### (b) 精密点検

バルーチャン第二水力発電所は停止をとることが困難であるため、性能の回復を目的とした精密点検は実施されていない。ミャンマー側が精密点検や臨時点検に独自に対応できるように、本補修工事期間に実作業を通して水車発電機の分解組立の技術移転を行うように計画する。

### (3) 運転保守記録

日常の運転状態は定時記録されている。しかし、故障・事故記録および保守作業記録は主要なものしか記録されておらず、軽故障、部品交換、消耗品・磨耗品交換等は殆ど記録されていない。これらの記録は、各設備の状態管理には不可欠であり、維持管理計画の策定に活用できるように整理が必要である。これらの記録の徹底を図るべく、運転保守記録の方法および整理の仕方について、ミャンマー側に指導および助言を行うように計画する。

#### (4) 消耗品および磨耗品の適宜交換

本プロジェクト完了後の設備の期待寿命は、少なくとも各設備の消耗品および磨耗品を保守・点検基準に基づいて適宜交換することが前提となる。その実施時期の計画立案と必要資金を遅滞なく確保することが不可欠である。

### 3-5 プロジェクトの概算事業費

#### 3 5 1 協力対象事業の概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業総額は 33.40 億円となり、日本とミャンマー国との負担区分による双方の経費内訳は、下記 (3) に示す積算条件によれば、次のとおりと見積られる。

##### (1) 日本側負担経費

事業費区分	第1年度	第2年度	第3年度	合計
(1) 機材調達費	5.73 億円	15.81 億円	9.60 億円	31.14 億円
ア. 機材費	(5.43)	(15.03)	(8.67)	(29.13)
イ. 現地施工監理・据付工事費等	(0.30)	(0.78)	(0.93)	(2.01)
(2) 機材設計監理費	0.55 億円	0.86 億円	0.85 億円	2.26 億円
合計	6.28 億円	16.67 億円	10.45 億円	33.40 億円

##### (2) ミャンマー国負担経費 2,370 万チャット (約 4.2 百万円)

- ① 発電所の補修工事に従事する職員の人件費 1,350 万チャット (2.4 百万円)
- ② 追加 132kV 送電線の据付工事に従事する職員の人件費 660 万チャット (1.2 百万円)
- ③ ケーブルダクト新設および基礎工事 360 万チャット (0.6 百万円)

##### (3) 積算条件

- ① 積算時点 平成 14 年 3 月
- ② 為替交換レート 1 ドル = 125.95 円  
1 ドル = 680.00 チャット
- ③ 施工期間 3 期よる補修とし、各期に要する詳細設計、機材調達、補修工事の期間は、施工工程に示したとおり。
- ④ その他 本計画は、日本政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものとする。

### 3 5 2 運営・維持管理費

#### (1) 運営・維持管理費

バルーチャン第二水力発電所の運営・維持管理は、運転開始後 1-3 号機で 40 年、4-6 号機で 25 年に亘り、MEPE が独自で実施しており、運営・維持管理を行う体制は整えられ、表 3-4 に示す様に維持管理費も着実に確保されている。本プロジェクトでは、日本人技術者の指導の下に発電所職員が主体となり据付工事を実施するので、設備に対する知識ならびに分解・点検する技術力が強化されることが期待される。

一方、現状は保守用工具・計測機器の整備が不十分であり、それらの保管状態も決して満足のいく状況にはない。本補修の効果を長期的に持続し今後の維持管理を適切に行うために、保守用工具・計測機器を補充し定期点検ならびに修理に対応できる様にソフトコンポーネントを通して指導していく計画である。

表 3-4 バルーチャン第二水力発電所の維持管理費 (千円)

	1996	1997	1998	1999	2000
人件費	2,517	2,538	9,938	12,513	11,295
機器保守費	3,123	6,013	4,001	4,746	6,161
消耗品	174	1,178	1,896	1,815	1,232
建物保守費	10,162	10,931	2,228	4,256	2,654
その他	906	4,233	3,776	5,703	6,312
<b>合計</b>	<b>16,882</b>	<b>24,893</b>	<b>21,839</b>	<b>29,033</b>	<b>27,654</b>

#### (2) 交換部品

本計画では、発電設備の運転に必要な消耗部品と故障時に迅速に補充する必要がある緊急性を有する交換部品（水車ランナーおよびニードル・ノズルチップなど）を納入する。

特に消耗部品は継続的に適宜購入する必要があるが、年間に必要と思われる部品のリストを表 3-5 に示す。また、本プロジェクト完了から 10 年後に実施が計画される水車の精密点検には、機器の分解組立に際し取替えが必要となるパッキン類など、表 3-6 に示す交換部品が必要となる。

表 3-5 通常交換部品リスト (1 年分) (千円)

交換部品	数量	概算予算
1. 调速機		
ホースカップリング	実装分の 5%	10
フレキシブルホース	実装分の 5%	19
2. 励磁装置		
ヒューズ	実装分の 50%	16
表示灯電球	実装分の 50%	3
3. 各種制御盤		
表示灯電球	実装分の 50%	22
<b>合計</b>		<b>70</b>

表 3-6 分解点検時に新規購入が必要な交換部品 (千円)

交換部品	数量	概算予算
1. 入口弁		
丸型ゴムパッキン 17mm	45	90
丸型ゴムパッキン 4.8mm	35	35
2.. ニードルバルブ		
レーザーワッシャー	48	864
3. 水車		
ガイドベーン軸用 V 形パッキン	30	738
サーボモータ用 V 形パッキン	4	148
<b>合計</b>		<b>1,875</b>

## 第4章

### プロジェクトの妥当性の検証

## 第4章 プロジェクトの妥当性の検証

### 4-1 プロジェクトの効果

本プロジェクトは、バルーチャン第二水力発電所の重大事故を未然に防止すると共に設備の機能維持を目的として同発電所の1-6号機を対象に原形復旧及び機能回復を図るものである。本計画の実施による直接効果を表4-1に示す。

表4-1 計画実施による効果と現状改善の程度

現状の問題点	本計画での対策	計画の効果・改善程度
1.バルーチャン第二水力発電所の機器は運転開始後40年(1-3号機)、25年(4-6号機)を経過し、設備の各部において摩耗、腐食等による機械的性能の低下や電気的特性の低下等の劣化が進行しており、設備信頼性、安全性が低下している状態にある。	バルーチャン第二水力発電所の水車発電機および変圧器を含む変電機器の補修および更新を実施し、それらの原形復旧および機能回復を図る。	1-6号機および変電機器の電氣的、機械的な性能および運転上の信頼性・安全性が維持される。
2.バルーチャン第二水力発電所はミャンマー国の総発電電力量の24%を占める最重要発電所であり、24時間運転にて電力系統に常時電力を供給している。本発電所が発電不能になればミャンマー国の多くの国民生活に支障を来す。		1-6号機の機能回復および延命化により、電力供給信頼度の回復ができ、今後の長期連続運転が可能になる。
3.バルーチャン第二水力発電所は上流のバルーチャン第一水力発電所と一体運営されている。第二水力発電所の事故が、第一水力発電所の運転に支障を来す。		バルーチャン第二水力発電所の設備事故を未然に防止することは、バルーチャン第一水力発電所の安定継続運転に寄与する。
4.132kV送電線は定格容量る40MWを50%超過した60MWの電力が常時送られており、常時過負荷(150%)の状態にある。また132kV送電線は1回線しかないため、送電線の事故時あるいは保守点検時にはマングレー地区への電力供給が停止し支障が生じている。	132kV送電線を追加することにより2回線化する。	送電線の1回線事故時には、他方の健全な1回線で送電を継続することが可能となる。また1回線で送電を継続しながら他方の送電線を保守点検することが可能になる。従って、カロー/マングレー地区への電力供給の信頼性が向上する。更に、送電損失が現状の半分の3.5MWに低減される。

5. 発電所に保管されている図面類や運転保守マニュアル、保守記録等が適正に管理されていない。	図面の体系的な保管方法および記録類の整理方法についてソフトコンポーネントを導入し、指導する。	図面や記録が適正に管理されることにより、設備の計画的な補修等の確な設備運用・保守が可能になる。
6. パルーチャン第二水力発電所では発電機の停止をとることが困難であるため、性能回復を目的とした精密点検は実施されていない。	精密点検や臨時点検に独自に対応できるように、本補修作業を通して OJT により水車発電機の分解組立の技術移転を行う。	ミャンマー側が独自に精密点検を実施可能となり、予防保全の考え方に基づいた保守が可能となる。また万が一の事故時には迅速で的確な復旧作業が可能となる。
7. 予備品および補修工具が適正に管理されていない。	予備品、補修工具の保管方法、台帳管理方法についてソフトコンポーネントを導入し、指導する。	設備トラブル時に迅速な復旧対応が可能になる。

また、本プロジェクトの実施により、次の間接効果が期待できる。

- (1) 社会経済活動に必要な電力の供給が維持され、電力供給力不足による住民生活への影響を補修前と比し悪化させない。
- (2) 既存の電力供給力を安定維持することにより、電力セクターの重要課題である新規電源開発による総発電電力量の増加に大きく寄与する。
- (3) 発電所の技術者が、故障・事故時に必要な点検・修理について、ミャンマー側独自で対応するのに必要な技術を、本計画を通して修得できると期待される。特に、若手技術者の人材育成にとって絶好の機会となる。
- (4) 本プロジェクトで修得された技術は、ミャンマー全国の水力発電所にも移転され総体的な技術力向上効果をもたらすことが期待できる。

#### 4-2 課題・提言

本プロジェクトの効果を持続し、今後の長期連続運転を実現するためには、本プロジェクト実施後ミャンマー側が十分な維持管理を行うことが必要不可欠である。第 3-4 節の維持管理計画で述べたように、ミャンマー側は設備の維持管理方法の改善が必要であるが、特に次の 2 項目が本プロジェクトの効果が発現・維持するための最重要課題である。

##### (1) 必要予算の確保

設備の期待寿命は、少なくとも各設備の消耗部品及び摩耗部品を保守・点検基準に基づいて適宜交換することが前提となる。その実施時期の計画立案と必要資金を遅滞なく確保することが不可欠である。

##### (2) 保守点検の的確な実施

設備の性能維持・回復、設備障害の早期発見、事故の未然防止を目的として精密点検を含む保守点検を計画的に実施することが不可欠である。

### 4-3 プロジェクトの妥当性

本プロジェクトの内容、プロジェクトの効果および外部要因リスク等は資料 6 の事業事前評価表に取りまとめた。その結果、本プロジェクトの無償資金協力による協力対象事業の実施の妥当性は以下のように評価される。

- (1) 本計画の裨益対象地域は、バルーチャン第二水力発電所から電力が供給されている、カロー / マンダレー地域、ヤンゴン地域およびバルーチャン第二水力発電所周辺のロイコー / モビエ地域、ローピタ地域であり、その人口は 1,200 万人以上でミャンマー国の人口の約 26% に相当する住民に裨益をもたらす。
- (2) 本プロジェクトにより第二水力発電所の電力供給信頼度が回復することにより、計画停電により住民生活に支障を来しているヤンゴンならびにマンダレー地域の住民の生活改善に大きく寄与するものである。
- (3) 132kV 送電線の 2 回線化により、送電線容量が増加するため補修によって改善される電力供給力を確実に送電することが可能となり、バルーチャン第二水力発電所補修の相乗効果が期待される。
- (4) バルーチャン第二水力発電所は過去 40 年間に亘りミャンマー側が独自に運営・維持管理を行ってきたが、本プロジェクトの実施は、その運営・維持管理技術の向上に資するものである。
- (5) 5 ヶ年国家開発計画の最重要課題である発電容量の増加を実現するためには、既設発電設備による安定した電力供給を維持することが不可欠であり、総発電電力量の 24% を占める最大発電所であるバルーチャン第二水力発電所の機能を継続させることは目標達成に資するものである。
- (6) 本プロジェクトは、既設発電所内の作業であり、また追加送電線も既設の鉄塔に架線することから、新たな施設の建設はなく土地収用などの問題が発生することはない。また、周辺住民ならびに周囲環境へ特段の影響を与えることはないと考えられる。

### 4-4 結論

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、広く住民の基礎的生活条件の向上に寄与するものであることから、我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。さらに、本プロジェクトの運営、維持管理についても相手国側体制は人員・資金ともに問題ないと考えられる。

また、以下の点が先方実施機関により改善・整備されれば、本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうると考えられる。

- (1) 各設備の消耗部品及び磨耗部品の適宜交換及びそれら部品購入に必要な予算の確保
- (2) 設備の性能維持および障害の早期発見のための、日常点検の徹底ならびに定期点検、精密点検の計画立案と実施
- (3) 機器図面、運転保守マニュアルの管理および運転保守記録の徹底