

ミャンマー連邦共和国
水力発電公社(HPGE)

ミャンマー連邦共和国
バルーチャン第二水力発電所補修計画
準備調査(2)

準備調査報告書
(先行公開版)

平成25年3月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

日本工営株式会社
東京電力株式会社

産公
JR(先)
13-051

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ミャンマー連邦共和国のブルーチャン第二水力発電所補修計画にかかる準備調査(2)を実施することを決定し、同調査を共同企業体日本工営株式会社、東京電力株式会社に委託しました。

調査団は、平成 24 年 7 月 1 日から 8 月 14 日まで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踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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。

終わりに、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 25 年 3 月

独立行政法人国際協力機構
産業開発・公共政策部
部長 入柿秀俊

要約

要約

1. 国の概要

ミャンマー連邦共和国（以下、「ミャンマー国」という）は、国土面積67万8千平方キロメートルに人口6,062万人(2011年)を有する国で、伝統的に農業中心の経済構造となっている。国民一人当たりのGDPは、2011年には832米ドル、実質GDP成長率は5.5%と前年度の5.3%に引き続き堅調に拡大している。2011年度の貿易収支は黒字となったものの、規制緩和などにより輸入が大幅に増加したことから、ほぼ輸出入が拮抗する状態となっている。2011年3月の新政権発足以降、市場経済の発展や経済開放に向け法制度の整備などが進められており、対外開放機運の高まりと共に、労働集約的工業・サービス分野への直接投資が増加している。

2. プロジェクトの背景、経緯および概要

ミャンマー国は、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いたが、2000年代に入り大型水力発電所の建設により発電容量の増強が図られた。2011年の総発電設備容量3,494MWは、2000年の1,171MWから約3倍に増加した。また、同年の総発電電力量9,711GWhは、2000年の5,032GWhの約2倍となっている。水力発電建設により設備容量は増加したものの、中国への電力輸出、火力発電所の燃料不足、既設発電設備の老朽化による出力低下等により、可能発電電力は総設備容量の約47%と見込まれている。

一方、電力需要は、この10年間、GDPの成長に伴って堅調に増加しており、供給力の増強が図られたものの需給バランスは逼迫した状態が続いている。現在でも、ミャンマー国最大の電力需要地であるヤンゴン市において停電が発生している状況にある。

民主化に伴う経済成長により、今後急速に増えていくと予想される電力需要に対し、計画停電解消のための水力発電の推進が電力政策の緊急課題として挙げられ、ベースロード電源としての水力発電による電力確保が短期的な目標となっている。

バルーチャン第二水力発電所（総設備容量168MW=28MW x 6台）は、首都ヤンゴン市の東北約300kmのカヤー州ローピタのバルーチャン川に位置し、ミャンマー国の総発電電力量の約10%にあたる電力を供給している。一方、運転開始以来1~3号機が52年、4~6号機は38年を経過しており連続稼働運転による機器の損傷・磨耗および経年による老朽化が深刻な問題となっている。

1992~1994年に、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実施された。一方、4~6号機の水車発電機、主要変圧器、変電機器、制御機器等は、本格的な補修が実施されない状況となっていた。そのような状況の下、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、日本政府は2001年度に基本設計調査を行った。基本設計調査では、3期に分けた補修計画が策定され、その第1期工事（冷却水供給装置、圧縮空気装置の更新および132kV追加送電線の建設）が2002年度に実施された。しかし、水車発電機の補修を計画していた第2期および第3期の実施は、ミャンマー国の情勢変化により中断された。

電力セクターの課題として電力供給力の更なる拡充が望まれるなか、老朽化した設備の補修によりバルーチャン第二水力発電所の発電機能を維持させることの必要性は非常に高い。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

このような重要性の認識に立ち、日本政府は、2011年11月の日緬外相会談において、「我が国が継続的に支援してきたバルーチャン第二水力発電所補修案件につき調査を行う用意がある」との意向を表明した。

この表明を受けて、日本国政府は、本計画に係る協力準備調査を行うことを決定した。2012年3月の準備調査(1)を受けて、2012年7月1日より8月14日まで準備調査(2)の調査団をミャンマー国へ派遣し、機器の点検を含む計画対象地域の現地調査を実施した。準備調査(2)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4日まで準備調査概要説明調査団をミャンマー国へ派遣した。

本計画は、パルーチャン第二水力発電所の1~6号機の発電設備、変電設備および水圧鉄管を対象として老朽化した機材の補修を実施するものである。本実施により原形復旧・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と共に、ソフトコンポーネントを実施することにより維持管理体制を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な電力安定供給に貢献することを目的としている。

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機能維持を目的として、1~6号機の発電設備、変電設備および水圧鉄管を対象として緊急な補修を要する機材を調達する。
- b) 約50年という経年のため原形復旧が困難な機材については、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) 補修される機材の配置および施工方法については、既存設備への影響が最小化する方法を採用する。
- d) 本補修計画の据付工事ならびに現場試験は、日本側技術指導員の指導のもとに水力発電公社(HPGE)の所属職員が実施する。
- e) 補修工事の実施時期は、発電機停止による電力系統への影響を少なくするため、雨季および涼季にあたり電力需要が下がる7月から翌年2月までの8ヶ月とする。

要請内容を上記の基本方針にて検討の結果、以下の緊急性の高い48項目(発電設備27項目、変電設備・水圧鉄管21項目)が本補修計画の対象として妥当と判断される。

1. 発電設備

要請内容		補修内容
1-1	励磁装置	1~6号機 静止型励磁装置に更新
1-2	ガバナ用圧油供給装置	1~6号機 圧油ポンプ/冷却器/ストレーナの取替
1-3	オイルリフタ	4~6号機 制御盤の取替
1-4	入口弁	1~3号機 入口弁の更新
1-5	入口弁	4~6号機 入口弁の更新
1-6	入口弁制御盤	1~6号機 入口弁制御盤の更新
1-7	ニードルおよびノズル	1~6号機 ニードル及びノズルのチップ取替
1-8	デフレクタ	1~6号機 チップ及びアームの取替
1-9	主軸水切り	5号機B 主軸水切りの取替
1-10	予備ランナ	1~6号機 予備ランナの供給
1-11	発電機制御盤	1~6号機 発電機制御盤の取替
1-12	天井走行クレーン	共通 クレーン部品の供給

1-13	潤滑油供給システム	1~6号機	屋内外制御ケーブルの更新
1-14	水車ランナ	1~2号機	水車ランナの取替
1-15	水車ニードルシャフト	1~6号機	パッキン材及び軸受の予備品供給
1-16	水車用ジェットブレーキ	1~3,6号機	ジェットブレーキの取替
1-17	発電機固定子巻線	1,4~6号機	発電機固定子巻線の取替
1-18	発電機軸受	1~3,4~6号機	発電機軸受の予備品の供給
1-19	発電機冷却器	1~3,4~6号機	発電機冷却器の取替
1-20	水車ガバナ用圧油供給装置	1~3号機	圧油供給装置のポンプ、制御盤の取替
1-21	冷却水供給装置	2号機	冷却水ポンプ/モータの取替
1-22	発電機用遠心スイッチ	1,4~5号機	遠心スイッチの取替。
1-23	ガバナ盤計器・表示器	1~6号機	計器・表示器の取替
1-24	圧油タンクの油圧計	1~6号機	油圧計取替
1-25	所内用水車発電機	共通	入口弁の取替
1-26	ガバナ用アクチュエータモータ	1~6号機	アクチュエータモータの供給
1-27	発電設備用試験機材	共通	励磁装置の試験で使用する機材の供給

2. 変電設備・水圧鉄管

要請内容		補修内容	
2-1	制御ケーブル	1~6号機、 共通	屋内外制御ケーブルの更新
2-2	主要変圧器	1~6号機	主要変圧器の取替
2-3	132kV遮断器	1~3,5~6号機、 共通	遮断器の取替
2-4	132kV断路器	2号機	断路器の取替
2-5	整流器	共通	整流器の更新
2-6	所内排水ポンプ	共通	排水ポンプの更新
2-7	ブースタ変圧器用給水ポンプ	共通	冷却水ポンプの更新
2-8	主要変圧器と発電機キュービクル間の11kV電力ケーブル	1~6号機	電力ケーブルの更新
2-9	所内変圧器	共通	所内変圧器の取替
2-10	発電機キュービクル	1~4号機	発電機キュービクルの取替
2-11	11kV接続ケーブル	共通	所内用11kVケーブルの取替
2-12	230kVブースタ変圧器	共通	ブースタ変圧器の取替
2-13	230 kV CVT	共通	230kV CVTの取替
2-14	水圧鉄管ライナ (伸縮継手部シール材)	共通	伸縮継手シール材の供給
2-15	土木メタル機器 (鉄管バルブ用シール材)	共通	鉄管バルブシール材の供給
2-16	非常用電源供給システム	共通	非常用ディーゼル発電機の更新

2-17 温度計測盤/132kV送電線盤計器	1~6号機	温度計測盤の更新、送電線盤計器の取替
2-18 11kVキュービクル	共通	11kVキュービクルの取替
2-19 400Vロードセンター	共通	400Vロードセンターの取替
2-20 33kVキュービクル	共通	33kVキュービクルの取替
2-21 変電設備用試験機材、保守工具	共通	変電設備の据付及び試験で使用する機材の供給

注：「共通」とは、発電機の各号機に属しない機材で、発電所の共通設備として使用されている機材を示す。

4. プロジェクトの工期

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34.5ヶ月を要する。実施設計に約2.5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32ヶ月を予定している。

5. プロジェクトの評価

本プロジェクト実施の妥当性は以下のように評価される。

- (1) 本プロジェクトによりバルーチャン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、ヤンゴン市および周辺地域の住民の生活改善に大きく寄与するものである。裨益人口は、ヤンゴン市 630 万人、カヤー州 35 万人の計 665 万人に及ぶと想定される。
- (2) バルーチャン第二水力発電所は過去 52 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。
- (3) 電力政策の短期的目標であるベースロードとしての水力発電による電力確保を実現するために、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。

本プロジェクトの実施により、以下の定量的効果および定性的効果が期待できる。

(1) 定量的効果

発電設備、変電設備および水圧鉄管の電氣的、機械的な性能および運転上の信頼性・安全性が維持され、保守頻度および故障発生率が低減する。成果指標として、以下の定量的効果が期待される。

成果指標	現状（2011年実績値）	計画値（事業完成3年後）
年間計画外停止回数 (1台当たり)	15回	3回
最大出力（1号機）	24MW*	28MW

注：*1号機は、定格出力28MWのところ機能劣化のため出力抑制して運転している。

(2) 定性的効果

- 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、電力セクターの短期的目標であるベースロード電源としての電力供給確保に大きく寄与する。
- 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、ミャンマー国の他の水力発電所の技術者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。

本補修工事は既設発電所内の作業であるため、新たな施設の建設はなく土地収用、住民移転などの問題は発生することはない。また、補修に伴い発生するPCBを含む変圧器絶縁油は、ドラム缶および変圧器タンクに密封して発電所構内の保管倉庫で保管されるため、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。

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) 必要維持管理予算の確保

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

要約

目次

位置図/写真

図表リスト/略語集

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.....	1-4
1-1-3 社会経済状況.....	1-4
1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要.....	1-5
1-2-1 背景・経緯.....	1-5
1-2-2 プロジェクト概要.....	1-6
1-3 我が国の援助動向.....	1-7
1-4 他ドナーの援助動向.....	1-8

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.....	2-3
2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況.....	2-5
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-5
2-2-2 自然条件.....	2-8
2-2-3 環境社会配慮.....	2-8
2-2-4 環境社会評価.....	2-9

2-2-4-1	組織.....	2-9
2-2-4-2	関連法規制.....	2-10
2-2-4-3	スクリーニング.....	2-10
2-2-4-4	スコーピング.....	2-10
2-2-4-5	補修期間に想定される影響.....	2-14
2-2-4-6	補修後、運転期間に想定される影響.....	2-16

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	協力対象事業の概略設計.....	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	据付工事に対する方針.....	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	機材の設計範囲、グレードの設定に対する方針.....	3-3
3-2-1-7	調達方法、工期に対する方針.....	3-3
3-2-2	基本計画.....	3-4
3-2-2-1	全体計画.....	3-4
3-2-2-2	機材計画.....	3-9
3-2-3	概略設計図.....	3-21
3-2-4	調達/施工計画.....	3-22
3-2-4-1	調達方針.....	3-22
3-2-4-2	施工方針.....	3-25
3-2-4-3	施工上の留意事項.....	3-26

3-2-4-4	環境管理・モニタリング計画.....	3-27
3-2-4-5	調達監理計画.....	3-32
3-2-4-6	機材調達計画.....	3-34
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画.....	3-34
3-2-4-8	実施工程.....	3-36
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3-38
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-39
3-5	運営・維持管理費.....	3-40

第4章 プロジェクトの評価

4-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方負担事項.....	4-1
4-3	プロジェクトの評価.....	4-2
4-3-1	妥当性.....	4-2
4-3-2	有効性.....	4-2

【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. 討議議事録（M/D）
5. ソフトコンポーネント計画書
6. 機材仕様書
7. 入手資料リスト
8. 参考資料：温暖化ガス(GHG)排出削減量



Source: United Nations

プロジェクト位置図



バルーチャン第二水力発電所全景



発電所建屋内（手前から6号水車発電機）



入口弁

1-3号機のゴムシール方式は漏水が多い。
4-6号機は全開/全閉ができない状態にある。



入口弁制御盤

盤内の配圧弁が固着により動作できない状態にある。



水車ランナ

1号機B側と2号機のA・B両側のランナにはクラックが発生している。



デフレクタ

全号機のデフレクタはキャビテーションにより損傷している。



ジェットブレーキ

1～3、6号機のジェットブレーキは漏水の発生等、故障している。



ガバナ盤の計器・表示器

経年による劣化および校正が行われていないため、表示の信頼性が低下している。



所内用水車発電機

所内機の入口弁は著しい漏水がある。



冷却水供給装置

2号機ポンプ/モータは損傷しており、漏水もある。



天井クレーン

2号クレーンは走行速度調整と補助
ホイストのリミットスイッチに不
具合を生じている。



発電機固定子巻線

1号機の固定子は過去3度、鉄心の緩みによりコイルの地絡事故が発生。
4-6号機は固定子・回転子とも経年により絶縁特性が劣化している。



励磁装置

型式が古く、補修部品の調達が困難。長期運転により、摺動部の損傷が著しく発電機の電圧調整に安定性を欠く。



オイルリフタ

盤内の制御回路不具合により、自動運転ができない。



潤滑油供給システム

1-3号機のポンプから漏油が著しい。全号機、潤滑油の劣化が著しいため、分解・清掃が必要。



発電機軸受

2011年に軸受損傷事故が発生し、スペアと交換して復旧。その結果、スペアが無くなっている。



発電機冷却器

冷却配管の損傷により、冷却効果が低下している。



非常用電源供給システム

既設150kVAディーゼル発電機の容量が不足しており、所内用水車発電機は老朽化が著しい。



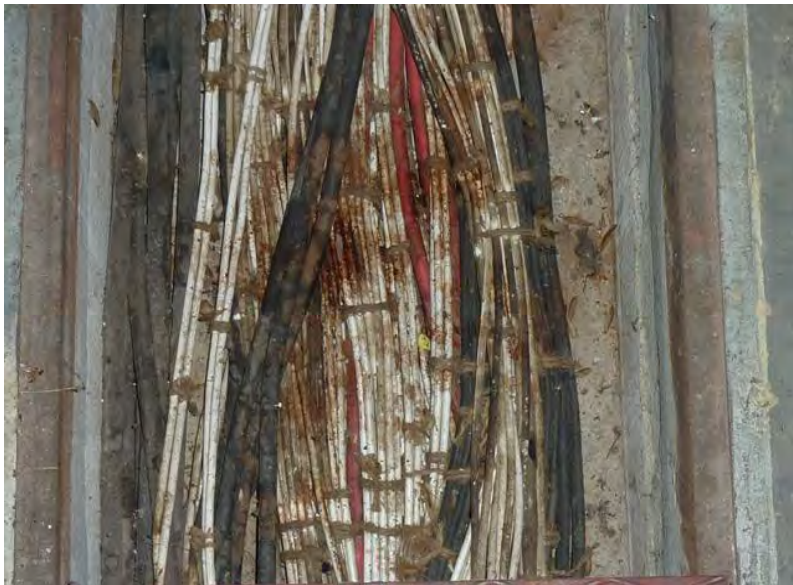
発電機用遠心スイッチ

1・4・5号機の遠心スイッチは長期運転により可動部が損傷している。



温度計測盤

制御室にある温度計測盤は故障しており機能していない。



制御ケーブル

屋内・屋外の制御ケーブルの劣化が著しい。



発電機制御盤

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。
※写真は一部ハンドルのない制御デスク



主要変圧器(4-6号機)

冷却水量が十分でなく、PCB混入油が漏れているため、冷却水配管とともに主要変圧器を更新する。
※写真は漏油している主要変圧器(5号機)



132kV遮断器

型式が古く部品供給が困難であり、タンクや配管からも空気漏れが発生しているため、すべてのABCBIはGCBに更新する。
※写真は5号機用132kV遮断器制御盤内の劣化状況



整流器

信頼性が低下している整流器は取り替える。



ブースタ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年に補修しているため、今回は更新しない。



主要変圧器と11kVキュービクル間の
11kV電力ケーブル

老朽化の著しい11kV電力ケーブル
を取り替える。
※写真は屋外の11kV電力ケーブル
(2号機用)



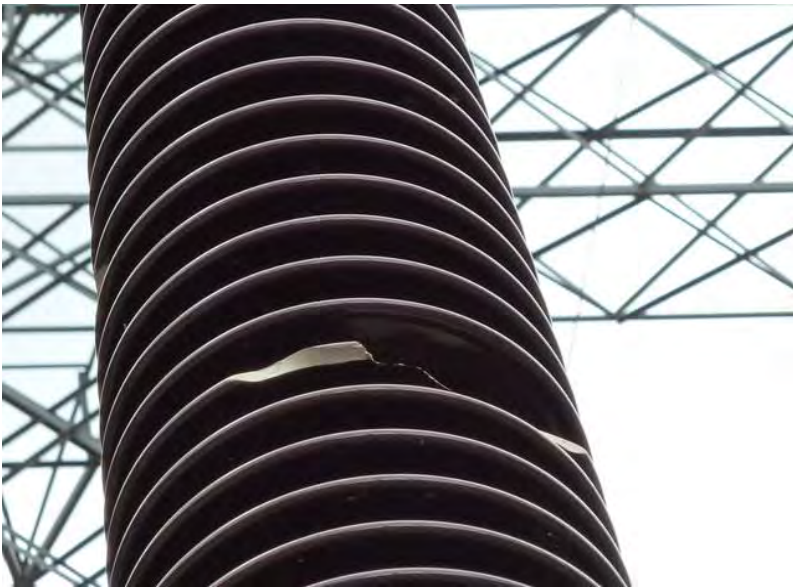
発電機用断路器(4号機)

発電機用キュービクル(4号機)は
損傷が著しいため、取り替える。



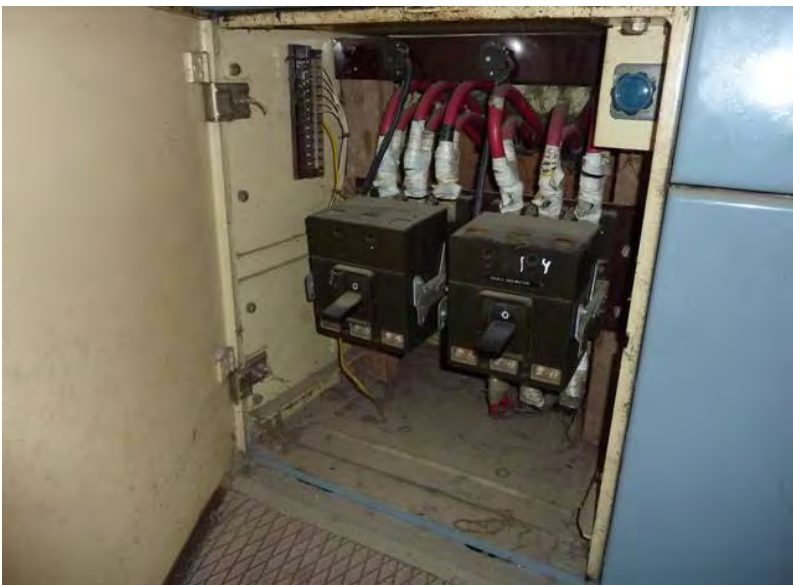
発電機～主要変圧器間の諸装置
(発電機用キュービクル(1-3号機))

1-3号機の発電機用キュービクルは
損傷が著しいため、取り替える。
※写真は発電機用キュービクル
(3号機)のOutgoing盤内ケーブル
端末部



230kVブースタ変圧器

ブースタ変圧器の信頼性および安全性の確保のため、全相を取り替える。
※写真はNO.2ブースタ変圧器の碍子



400Vロードセンター

400Vロードセンターは経年劣化が著しく、計器が機能していないなど運用上も危険なため、一式を取り替える。
※写真はロードセンター盤内



33kVキュービクル

33kVキュービクル内のCTは遮断器の定格容量に対して容量が小さいため、配電線の送電容量が制限されていることから取り替える。

図表リスト

<図>

図 2.1-1 電力省(MOEP)の組織図.....	2-1
図 2.1-2 バルーチャン総合発電所の組織図.....	2-2
図 2.2-1 バルーチャン川水系の諸施設.....	2-7
図 2.2-2 環境保全・森林省の組織図.....	2-10
図 3.2-1 PCB 廃棄物の管理フロー.....	3-28

<表>

表 1.1-1 発電設備容量 (MW) の推移.....	1-1
表 1.1-2 電源別発電設備容量 (MW)	1-1
表 1.1-3 発電設備容量.....	1-2
表 1.1-4 発電電力量と消費電力量 (GWh) の推移.....	1-3
表 1.1-5 発電電力量 (GWh)	1-3
表 1.1-6 送電線延長.....	1-3
表 1.1-7 主要経済指標.....	1-5
表 1.2-1 バルーチャン第二水力発電所の開発推移.....	1-6
表 1.3-1 電力セクターにおける技術協力・開発調査案件.....	1-7
表 1.3-2 電力セクターにおける有償資金協力案件.....	1-8
表 1.3-3 電力セクターにおける無償資金協力案件.....	1-8
表 2.1-1 水力発電公社 (HPGE) の歳入・歳出.....	2-2
表 2.1-2 既存機材の現状.....	2-4
表 2.1-3 5年間の水車発電機故障停止回数実績.....	2-5
表 2.2-1 バルーチャン第二水力発電所から電力供給.....	2-8
表 2.2-2 モビエダムからの灌漑用水の平均流量.....	2-9
表 2.2-3 環境社会配慮に関連する法規制.....	2-10
表 2.2-4 スコーピング結果.....	2-11
表 2.2-5 PCB を含む補修対象機材.....	2-14
表 2.2-6 アスベストを含む補修対象機材.....	2-15
表 2.2-7 補修工事から出る産業廃棄物の種類.....	2-15
表 3.2-1 全体計画 (発電設備)	3-5
表 3.2-2 全体計画 (変電設備・水圧鉄管)	3-7
表 3.2-3 補修対象除外機材.....	3-8
表 3.2-4 概略仕様 (発電設備)	3-9
表 3.2-5 概略仕様 (変電設備・水圧鉄管)	3-16

表 3.2-6 概略設計図リスト	3-21
表 3.2-7 随意契約（ロット1：発電設備）	3-23
表 3.2-8 一般競争入札（ロット2：変電設備・水圧鉄管）	3-24
表 3.2-9 PCB 廃棄物の油抜きの際に配慮すべき環境と安全対策	3-28
表 3.2-10 PCB 廃棄物からの油漏れを確認するポイント	3-28
表 3.2-11 PCB 廃棄物の付属品の取り外しと輸送に配慮すべき環境と安全対策.....	3-29
表 3.2-12 PCB 廃棄物の保管方法	3-29
表 3.2-13 アスベスト廃棄物の管理における環境と安全対策	3-29
表 3.2-14 その他の産業廃棄物の保管計画.....	3-30
表 3.2-15 有害廃棄物の保管状況のモニタリング計画.....	3-31
表 3.2-16 補修対象以外の PCB を含む機材	3-32
表 3.2-17 業務実施工程表.....	3-37
表 3.5-1 バルーチャン第二水力発電所の収支.....	3-41
表 3.5-2 分解点検時に新規購入が必要な交換部品（6台分）	3-41
表 4.3-1 計画実施による効果と現状改善の程度.....	4-3
表 4.3-2 計画実施による定量的効果.....	4-4

略語集

AC	: Alternative Current	交流
AVR	: Automatic Voltage Regulator	電圧調整器
CT	: Current Transformer	電流変成器
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	: Capacitor Voltage Transformer	キャパシタ電圧変成器
CVV	: Polyvinyl chloride insulated and Sheathed control cable	ビニル絶縁ビニルシース制御ケーブル
GWh	: Gigawatt-hour	ギガワット時 = 十億ワット時
HDCC	: Hard Drawn Copper Conductor	硬銅より線
HP	: Horse Power	馬力
HPGE	: Hydro Power Generation Enterprise	水力発電公社
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
MCCB	: Molded Case Circuit Breaker	モールド型遮断器
MOECF	: Ministry of Environmental Conservation Forest	環境保全・森林省
MOEP	: Ministry of Electric Power	電力省
MW	: Megawatt	メガワット = 百万ワット
OCB	: Oil Circuit Breaker	油入遮断器
PCB	: Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
rpm	: rotation per minute	回転数(毎分)
SA	: Surge Absorber	サージアブソーバ
SVR	: Step Voltage Regulator	電圧調整器
VCB	: Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VT	: Voltage Transformer	電圧変成器

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

ミャンマー連邦共和国（以下、「ミャンマー国」という）は、1980年代後半より電力需要が供給を上回る電力不足の状態が続いていた。2000年代に入り、豊富な包蔵水力を利用した大型水力発電所の建設が行われ、電力供給力の増強が図られた。その結果、2011年の総発電設備容量は、2000年の1,171MWから約3倍の3,494MWに増加した。また、同年の総発電電力量は9,711GWhに達し、2000年の5,032GWhに比べ約2倍となっている。

水力発電所建設により設備容量は増加したものの、開発された水力発電の中国への輸出、火力発電所の燃料不足、既設発電設備の老朽化による出力低下等により、可能発電電力は総設備容量の約47%と見込まれている。

一方、電力需要は、この10年間、GDPの成長に伴って堅調に増加しており、供給力の増強が図られたものの需給バランスは逼迫した状態が続いている。現在でも、ミャンマー国最大の電力需要地であるヤンゴン市において停電が発生している状況にある。

近年の民主化に伴う経済成長により、今後急速に増えていくと予想される電力需要に対し、如何に電力インフラを増強していくのが電力セクターの重要課題となっている。

(1) 発電設備容量と可能発電電力

現在、ミャンマー国内では30の発電所（水力19、石炭1、ガス/スチーム火力10）が稼働している。表1.1-1に1990年から2010年までの発電設備容量の推移を示す。2000年以降の大型水力発電所の建設により、総発電設備容量は3,494MWに達している。特に、ポンロン水力発電所(280MW、2005年完成)、シュエリ水力発電所(600MW、2008年完成)、エイワ水力発電所(790MW、2010年完成)の運転により、設備容量の増強が図られた。電源別構成の比率は、表1.1-2に示すように水力発電76%、ガス火力16%、スチーム火力5%、石炭火力3%の割合となっている。表1.1-3に発電設備容量の内訳を示す。

表 1.1-1 発電設備容量 (MW) の推移

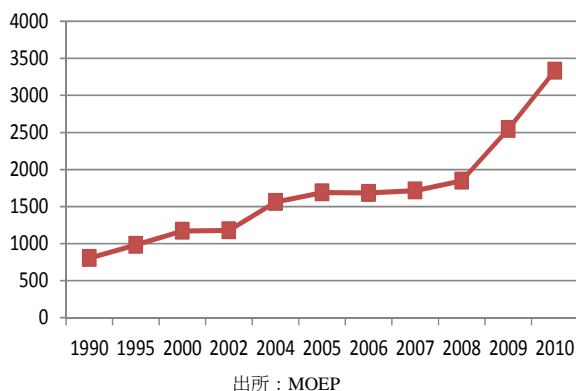
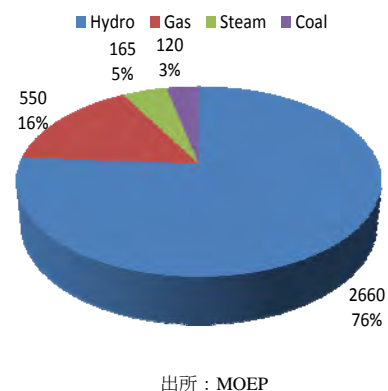


表 1.1-2 電源別発電設備容量 (MW)



一方、総発電設備容量3,494MWのうち、下記の水力発電所は、一部の電力が中国へ輸出されているため、国内向けの発電設備容量は、2,873MWとなっている。

- シュエリ(shwell) 水力発電所： 600MWのうち200MWがミャンマー国内向け
- ダペイン1(Dapein 1) 水力発電所： 240MWのうち19.2MWがミャンマー国内向け

さらに、既設設備の老朽化、火力の燃料不足、乾季における水力の出力制約等により、可能発電電力は発電設備容量より大きく減少している。2012年3月の最大需要電力は1,639MWと記録されているが、この値は発電電力の最大値として記録されているもので可能発電電力に相当する。この数値から、可能発電電力は総発電設備容量3,494MWの約47%と推定される。実際の電力需要はさらに上回っており、ミャンマー国最大の電力需要地である首都ヤンゴン市においても停電が発生している状況にある。

表 1.1-3 発電設備容量

No.	Power Plant (発電所)	Type (発電タイプ)	Output (出力) (MW)	Year (運転開始年)	Domestic ratio (国内供給率)	Domestic (国内向け設備容量) (MW)
1	Baluchaung 2	H	168	1974	1	168
2	Kinda	H	56	1985	1	56
3	Sedawgyi	H	25	1989	1	25
4	Baluchaung 1	H	28	1992	1	28
5	Zaw Gyi (1)	H	18	1995	1	18
6	Zaw Gyi (2)	H	12	1998	1	12
7	Zaungtu	H	20	2000	1	20
8	Thapenzeik	H	30	2002	1	30
9	Mone	H	75	2004	1	75
10	Paung Laung	H	280	2005	1	280
11	Yenwe	H	25	2007	1	25
12	Shweli	H	600	2008	0.33	200
13	Keng Tawing	H	54	2008	1	54
14	Khapaung	H	30	2008	1	30
15	Yeywa	H	790	2010	1	790
16	Dapein (1)	H	240	2011	0.08	19
17	Shwekyin	H	75	2011	1	75
18	Kun	H	60	2012	1	60
19	Kyeeohnkyeewa	H	74	2012	1	74
Total Hydro			2,660			2,039
20	Tikyit	C	120	2006	1	120
Total Coal			120			120
21	Kyun Chaung	G	54.3	1974	1	54.3
22	Mann	G	36.9	1980	1	36.9
23	Shwedaung	G	55.35	1983	1	55.35
24	Myan Aung	G	34.7	1984	1	34.7
25	Hlawga	G	154.2	1999	1	154.2
26	Thaketa	G/S	92	1997	1	92
27	Ywama	G/S	70.3	1958/1980	1	70.3
28	Ahlone	G/S	154.2	1999	1	154.2
29	Thaton	G	50.95	1985	1	50.95
30	Mamlamyng	S	12	1984	1	12
Total Gas/Steam			714			714
Total			3,494			2,873

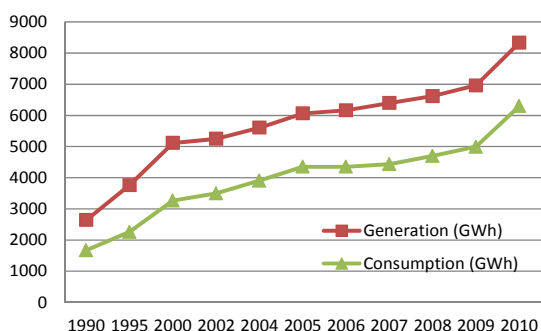
注：H 水力 C 石炭火力 G ガス火力 S スチーム火力 G/S コンバインドサイクル
出所：MOEP

(2) 発電電力量と電力消費量

1990年から2010年までの発電電力量(Generation)と消費電力量(Consumption)の推移を表1.1-4に示す。消費電力量は発電電力量から送電線損失などの電力損失を差し引いた送電端での電力量(Net production)となっている。2000年以降消費電力量は堅調に増加しているが、特に2010年は前年から急増していることが判る。

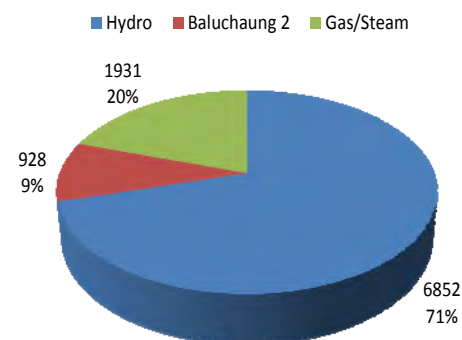
2011年の発電電力量9,711GWhの電源別の内訳を表1.1-5に示す。水力発電の発電量は約80%を占めており、内パルーチャン第二水力発電所は約10%にあたる電力量を供給している。

表 1.1-4 発電電力量と消費電力量 (GWh) の推移



出所：MOEP

表 1.1-5 発電電力量 (GWh)



出所：MOEP

(3) 電力系統

ミャンマー国は、230kV送電線を基幹送電系統とし、132kVおよび66kVの送電線および33kV/11kVの配電線により全国に及ぶ電力系統が構築されている。総世帯数8.91百万世帯のうち2.39百万世帯が電化されており、電化率は27%となっている。一方、地方村落においては、全村落数64,346のうち2,250の村落が電化されており村落の電化率は3.5%となっている。230、132および66kV送電線の総延長を表1.1-6に示す。

表 1.1.6 送電線延長

Voltage (電圧) (kV)	Circuit Nos. of Transmission Line (送電線回線数)	Length (延長) (km)
230	46	3,095
132	42	2,274
66	138	3,619
Total	226	8,988

出所：MOEP

1-1-2 開発計画

ミャンマー政府は、今後の電力需要の増加に対応するために、エネルギー政策に基づいた短期・長期のエネルギー計画など電力セクターに係る事項を統括する国家エネルギー管理委員会を立ち上げ緊急電力供給プログラムを早急に策定する計画である。安定した電力供給のためには、現在主流である水力に加え、天然ガス、ディーゼル、石炭、自然エネルギー（太陽光、風力、バイオマス）など電源の多様化と再生可能エネルギーなど利用可能なエネルギーの効率的開発が基本的な方針となっている。

電力政策の緊急課題として、以下の5項目が挙げられている。

- 短期的な計画として、計画停電解消のための水力開発の推進
- 中・長期的な計画として、電力不足解消及び近隣国への電力輸出のための水力資源開発
- 送配電設備の拡充
- 送配電損失の低下と省エネルギーの浸透
- 新・再生可能エネルギーの開発推進

また、電力開発を管轄する電力省は、短期的な目標として以下の課題を掲げている。

- ベースロードとしての水力発電、ピークロードとしてのガスタービン発電による電力供給力の確保
- 燃料費削減のためのコンバインドサイクル発電の採用
- 工業地域への電力供給及び地方都市の電化率向上のための電力系統(ナショナルグリッド)の拡張
- 技術基準に沿った送配電セクターにおける電力システムの質の向上
- 停電時間の削減
- 電力系統の信頼性 安定性の改善
- 送電損失の減少
- 風力・太陽光・地熱など再生可能エネルギーの開発

1-1-3 社会経済状況

ミャンマー国は、国土面積 67 万 8 千平方キロメートルに人口 6,062 万人(2011 年)を有する国で、伝統的に農業中心の経済構造で雇用の大半を占めている。2009 年度の GDP 構成比にみる経済構造)は、農林水産業 (38.2%)、鉱工業 (24.4%)、サービス業 (17.0%)、商業 (20.4%) となっている。2011 年の国民一人当たりの GDP は 832 ドル、実質 GDP 成長率は 5.5%と前年度の 5.3%に引き続き堅調に拡大している。

近年は中国・タイの投資による水力発電の開発や天然ガス生産の増大、および経済改革による観光客の増加が経済成長をけん引している。2011 年度の貿易収支は黒字となったものの、規制緩和などにより輸入が大幅に増加したことから、ほぼ輸出入が拮抗する状態となっている。輸出総額(49,287 百万チャット)のうち、天然ガスは 38.3%を占め、伸び率は 35.2%と大幅に拡大している。一方、豆類、米などの農産物の輸出も堅調で 19~31%の伸び率となっている。主要輸出国は、タイ、中国、インド、シンガポール、日本などである。輸入では、石油製品をはじめ資機材等の工業製品の輸入が増加している。

2011年3月の新政権発足以降、市場経済の発展や経済開放に向け法制度の整備などが進められており、対外開放機運の高まりと共に、労働集約的工業・サービス分野への直接投資が増加している。

主要な経済指標を表 1.1-7 に示す。

表 1.1-7 主要経済指標

年度	2009	2010	2011
1. 実質 GDP 成長率 (%)	4.4	5.3	5.5
2. 一人当たりの GDP (ドル)	587	742	832
3. 消費者物価上昇率 (%)	2.2	8.2	2.8
4. 貿易収支 (百万ドル)	3,382	2,452	97
5. 経常収支 (百万ドル)	1,076	1,511.	n.a.
6. 外貨準備高 (百万ドル)	5,252	5,717	n.a.
7. 為替レート (チャット/ドル)	5.455	5.545	5.399

出所：1:ADB、2/5/6:IMF、3/4/9:ミャンマー中央統計局

1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要

1-2-1 背景・経緯

ブルーチャン第二水力発電所は、首都ヤンゴンの東北約 300km のカヤー州ローピタのブ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た。現在は、下流に IPP としてブルーチャン第三水力発電所 (総設備容量 48MW=24MWx2 台) が建設中であり 2013 年 12 月に完成予定である。

ブルーチャン第二水力発電所の年間発電量は全国の総発電電力量の約 10% を占め、年間を通して安定した電力を供給するベースロード発電所として、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 52 年、残りの 3 台 (4~6 号機) は 38 年が経過しており、連続稼働運転による機器の損傷・摩耗および経年による老朽化が進んでいる。

過去に、1~3 号機の水車発電機を対象とした補修が、1992~1994 年に日本政府の有償資金協力により実施された。一方、4~6 号機の水車発電機、主要変圧器、変電機器、制御機器等の設備は、一度も本格的な補修が実施されない状況にあった。そのような状況の下、ミャンマー政府は我が国にブ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、日本政府は 2001 年度に基本設計調査を行った。基本設計調査では、3 期に分けた補修計画が策定され、その第 1 期工事 (冷却水供給装置、圧縮空気装置の更新および 132kV 追加送電線の建設) が 2002 年度に実施された。しかし、その後、水車発電機の補修を計画していた第 2 期および第 3 期の実施は、ミャンマー国の情勢変化により中断された。

過去のバルーチャン第二水力発電所の開発推移を表 1.2-1 に示す。

表 1.2-1 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	-	日本政府の有償資金援助 (35.3 億円)	1994
補修工事	冷却水供給装置 /圧縮空気供給 装置/132kV 追加 送電線	-	日本政府の無償資金援助 (7 億円)	2003

2001 年当時に比べ水車関連機器の磨耗・消耗は進んでおり、132kV 変流器油漏れによる損傷事故 (2008 年)、1 号機発電機固定子コイルの短絡事故 (2010 年) など重大な事故が発生している。安定的な長期運転を継続するために、老朽化した設備の補修を実施し機能回復させることが喫緊の課題となっている。

今後の電力需要が急増することが予想されるミャンマー国にとって、エネルギー政策の最重要基本方針である電力供給確保のために、発電コストが低く環境負荷の小さいバルーチャン第二水力発電所の機能を維持することの必要性は非常に高い。

このような重要性の認識に立ち、日本政府は、2011 年 11 月の日緬外相会談において、「我が国が継続的に支援してきたバルーチャン第二水力発電所補修案件につき調査を行う用意がある」との意向を表明した。この表明を受けて、日本国政府は、本計画に係る協力準備調査を行うことを決定した。2012 年 3 月の準備調査(1)を受けて、2012 年 7 月 1 日より 8 月 14 日まで準備調査 (2) の調査団をミャンマー国へ派遣し、機器の点検を含む計画対象地域の現地調査を実施した。準備調査 (2) 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 4 日まで準備調査概要説明調査団をミャンマー国へ派遣した。

1-2-2 プロジェクト概要

本プロジェクトの概要を以下に示す。

- (1) 上位目標 ミャンマー国の電力安定供給が強化される。
- (2) プロジェクト目標 バルーチャン第二水力発電所 1 号機から 6 号機の水車発電機、主要変圧器、遮断器、断路器、励磁装置、制御装置、水圧鉄管の電気的、機械的な性能および使用上の信頼性・安全性を維持する。
- (3) 期待される成果 バルーチャン第二水力発電所 1~6 号機の長期連続運転が可能になる。
- (4) 活動・投入計画
 - (a) 我が国への要請内容 バルーチャン第二水力発電所の 1~6 号機の水車発電機関係、変圧器関係、遮断器・断路器関係、制御関係、水圧鉄管の補修
 - (b) 相手国側の事業計画 本プロジェクト実施後、バルーチャン第二水力発電所を適切に運営・維持管理する。

- (5) 対象地域 (サイト) カヤー州ローピタ郡
- (6) 直接・間接受益者 電力系統により電力供給されている首都ヤンゴン市および発電所周辺に居住する約 665 万人の住民
- (7) 実施機関 水力発電公社 (監督官庁： 電力省)

1-3 我が国の援助動向

ミャンマー国は、我が国と緊密で良好な関係を有し、独立後一貫して親日国であること、および同国の大きな開発ニーズを踏まえ、他の東南アジア諸国と並んで我が国援助の重点国の一つとして位置づけられている。1988年の政変以来、特定の分野を除いて援助は実質停止の状態であったが、1995年以降既往継続案件や民衆に直接裨益する基礎生活分野の案件を中心にケース・バイ・ケースで実施するとの方針に基づき協力が行われている。

電力セクターにおいては、開発調査、有償資金協力、無償資金協力等の支援を行っており、表 1.3-1、表 1.3-2 および表 1.3-3 に示す案件が、実施済あるいは実施中である。

表 1.3-1 電力セクターにおける技術協力・開発調査案件

協力内容	実施年度	案件名	概要
専門家派遣	1999年12月 ~2000年4月	バルーチャン第二水力発電所保守点検	発電所の設備点検を行うための短期専門家派遣
	2012~2014年度	ヤンゴン市の生活環境改善のための電力アドバイザー	配電設備の運営・維持管理に係る技術移転
開発計画調査型 技術協力プロジェクト	2000~2003年度	農村地域における再生可能エネルギー導入調査	地域に適した電力供給形態のモデル実証を行ない未電化の農村地域において小水力発電などを利用した再生可能エネルギーを導入することを目標とする
協力準備調査	2001年8月~2002年3月	バルーチャン第二水力発電所補修計画基本設計調査	運転開始(1960年)以来老朽化した水車発電機の補修計画の基本設計調査
	2012年3月~4月	バルーチャン第二水力発電所補修計画協力準備調査(1)	2001年度基本設計調査以降の状況変化を踏まえた変更の必要性和準備調査(2)の枠組みの調査
研修員受入	2008~2010年度	コース名：メコン地域における電力開発計画研修(地域別)	研修員9名の受入
	2008~2010年度	電力系統技術研修(集団)	研修員3名の受入

	2008~2011 年度	配電網整備研修 (集団)	研修員 5 名の受入
	2011 年度	アジア電力フォーラム (地域別)	研修員 1 名の受入

表 1.3-2 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 (14MWx2 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

表 1.3-3 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 (28MWx3 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 第 1 期	2002 年	7 億円	老朽化した水車発電機の冷却水ポンプの更新及び 132kV 追加送電線

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きた。このような状況下、水力発電所建設に中国、送電線建設にユーゴスラビア等の援助による建設が実施されてきた。しかし、新政権の民主化、改革路線を受けて、禁輸措置や新規投資に係る経済制裁の緩和が実施されている。世界銀行は 2012 年 12 月にヤンゴンに事務所を開設し、活動支援を再開する方針である。

また、バルーチャン第二水力発電所の下流に位置するバルーチャン第三水力発電所 (総出力 52MW=単機容量 26MWx2 台) は、ミャンマー国初の水力発電 IPP (独立系発電事業者) としてミャンマー企業による事業開発が行われている。2010 年より建設工事が開始され、初号機が 2013 年 9 月、次号機が同年 12 月に運転を開始する予定である。

一方、バルーチャン第二水力発電所に係る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援助は計画されていない。

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

電力セクターを管轄する電力省は、2006年の省庁再編で第一電力省と第二電力省に分割され、主に水力発電を第一電力省、火力および送電を第二電力省が担当してきた。しかし、2012年9月に第一電力省と第二電力省は統合され、あらたに電力省として発足した。本プロジェクトの実施機関は、旧第一電力省傘下の水力発電公社（HPGE）が引き続き担当することになる。旧第一電力省は、水力発電計画局（DHPP）、水力発電実施局（DHPI）、HPGE および 20（水力 19、石炭火力 1）の発電所で構成されていたが、新電力省においても、同じ部署で構成されており、統合による組織再編は実施されていない。旧第一電力省の2012年7月時点の従業員は、管理職 198 人、その他のスタッフ 1,416 人、合計 1,614 人となっている。

電力省の組織図を図 2.1-1 に示す。

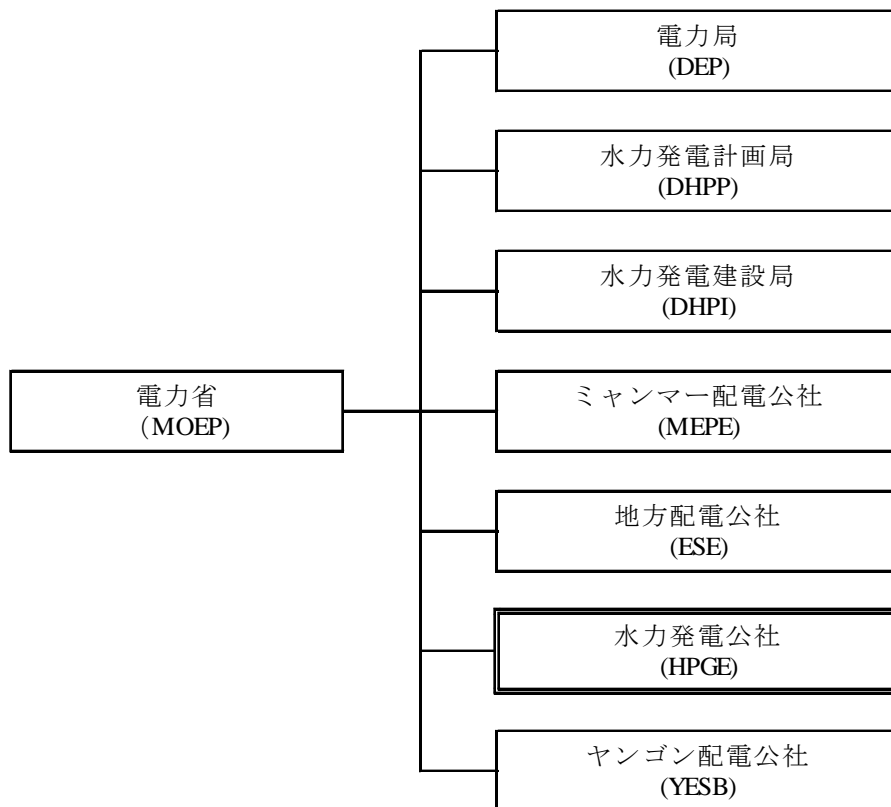


図 2.1-1 電力省 (MOEP) の組織図

バルーチャン第二水力発電所は、HPGE の管轄のもと運営・維持管理が行われているが、発電所が位置するバルーチャン川には、上流にバルーチャン第一水力発電所があり、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。

2012年現在のバルーチャン第二水力発電所職員総数は159名で、維持管理部および運転部には127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。バルーチャン総合発電所の組織図を図 2.1-2 に示す。

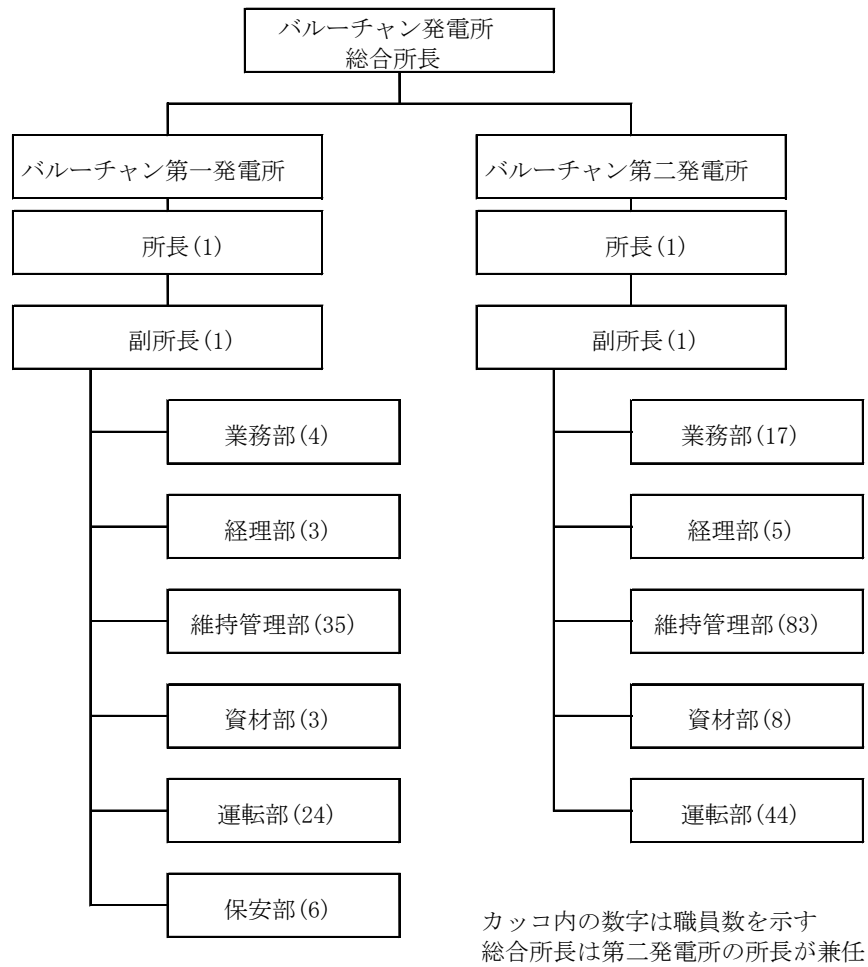


図 2.1-2 バルーチャン総合発電所の組織図

2-1-2 財政・予算

HPGE の 2011 年度の歳入・歳出の実績値を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 水力発電公社 (HPGE) の歳入・歳出 (単位: 百万チャット)

	2011/2012
発電収入	137,798
その他	474
歳入計	138,272
人件費	1,099
燃料代	647
機器保守	3,433
政府への還付	21,102
その他	13,803
税金	45,433
歳出計	85,517
収益	52,755

歳入の主なものは発電による収入であるが、HPGE による発電電力量は 20 チャット/kWh の単価で、需要家への電力販売を担当する電力省のミャンマー配電公社(MEPE)へ買い取られている。歳出面では職員の人件費、燃料費、機器保守費、税金等となっているが、堅調な水力発電の発電電力量から、2011 年度の収支はプラスとなっている。収益は、電力省の各部署に配分されている。

2-1-3 技術水準

バルーチャン第二水力発電所の設備は 159 名の職員により運転・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や、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。

また、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ミャンマー側で実施している。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いる。補修工事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。

一方、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維持管理能力を向上させる指導が求められる。

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、年間を通して連続運転が行われている。既に、1~3 号機が 52 年ならびに 4~6 号機が 38 年を経過しているが、発電所職員の献身的努力により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 2.1-2 に示す。

表 2.1-2 既存機材の現状

機 材 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	4~6 号機	制御回路が劣化している。オイルリフタ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。2001 年に損傷が確認された蓄電池は更新されている。
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。

2007~2011年の過去5年間に水車発電機が事故停止した回数を、号機別に表2.1-3に集計した。

表 2.1-3 5年間の水車発電機事故停止回数実績（期間：2007 - 2011年）（単位：回）

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
1号機	58	21	67	47	27	220
2号機	61	23	59	47	20	210
3号機	60	23	64	50	11	208
4号機	5	1	19	45	25	95
5号機	62	18	64	47	6	197
6号機	30	13	26	43	3	115
合計	276	99	299	279	92	1045
年平均 1台あたり	46	17	50	47	15	(平均) 35

出所：MOEP

水車発電機の事故停止は過去5年平均で1台あたり年35回であり、多い年には50回発生している。2011年における水車発電機1台あたりの事故停止回数は、15回と記録されている。

2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺状況

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、現在、建設が行われているバルーチャン第三水力発電所の機材の輸送道路として使用されている。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ヶ所存在するが、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電力省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27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。

(2) 通信設備

バルーチャン第二水力発電所およびゲストハウスに設置されている電話は、国際電話の送受信は可能である。また、衛星回線を利用したインターネットの利用が可能ではあるが、通信状態は極めて悪い。一方、携帯電話は、バルーチャン第二発電所周辺においても国際通話が可能である。施工期間中は、携帯電話による交信に加え、ファクシミリを設置することにより国際電話回線により文書交信を行うことで通信手段を確保する必要がある。

(3) バルーチャン川水系の諸施設

バルーチャン第二水力発電所は、インレー湖を水源とするモビエダムを貯水池として、ダム下流のバルーチャン川の水を利用して発電を行っている。モビエダムは灌漑および発電を目的とする多目的ダムで、ダム周辺のシャン州およびカヤー州の農耕地へ灌漑用水を供給している。バルーチャン川には、上流から、バルーチャン第一水力発電所、第二水力発電所および第三水力発電

所（現在、建設中）が位置しており、上流の発電所の発電放流水を利用して下流の発電所の発電を行うカスケード運転が行われている。バルーチャン川水系の諸施設の概要図を図 2.2-1 に、また、各施設の主な諸元を以下に示す。

- | | |
|------------------------|--|
| (a) モビエダム : | 完成 : 1971 年
貯水面積 : $195 \times 10^6 \text{ m}^2$
総貯水量 : $715 \times 10^6 \text{ m}^3$
堤体長 : 2,332 m
堤体高 : 14.6 m |
| (b) バルーチャン第一水力発電所 | 完成 : 1992 年
出力 : 28MW(14MW x 2 台)
水車発電機 : 縦軸フランシスタイプ
製造者 : 三菱重工業(水車)/三菱電機(発電機) |
| (c) バルーチャン第二水力発電所 | 完成 : 1960 年(1~3 号機)、1974 年(4~6 号機)
出力 : 168MW(28MW x 6 台)
水車発電機 : 横軸ペルトンタイプ
製造者 : 日立製作所 |
| (d) バルーチャン第三水力発電所(建設中) | 完成予定 : 2013 年 12 月
出力 : 52MW(26MW x 2 台)
水車発電機 : 縦軸フランシスタイプ
製造者 : ハルビン(中国) |

(4) 電力系統および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 つの送配電線を通して供給される構成となっている。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (a) カロー/マンダレー地域 | 132kV 送電線(2 回線) |
| (b) ヤンゴン地域 | 230kV 送電線(1 回線) |
| (c) ロイコー・モビエ地域 | 33kV 配電線(3 回線) |
| (d) ローピタ地域 | 11kV 配電線(1 回線) |

両水力発電所の電力は、上記(a)、(b)の 132kV および 230KV 送電線によって電力系統に接続されているが、2010 年のエイワ水力(790MW)の発電が開始された以降、132kV 送電線によるカロー/マンダレー地域への送電は行われていない。現在は、230kV 送電線によりヤンゴン地域へ電力を供給している。

一方、(c)、(d)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。

カヤ州政府は地方電化を地域発展の最も重要な課題の一つと認識しており、バルーチャン第二水力発電所からの電力は周辺地域の電化に貢献している。バルーチャン第二水力発電所の電力はカヤ州とシャン州に供給されており、その最大需要は 8 MW である。表 2.2-1 に発電所から 4 つの周辺地域であるロイコー(Loikaw)とモビエ(Moby)、パルソン(Pharsoung)、ローピタ(Lawpita)への電力の供給記録をまとめた。

Waterway System of the Baluchaung

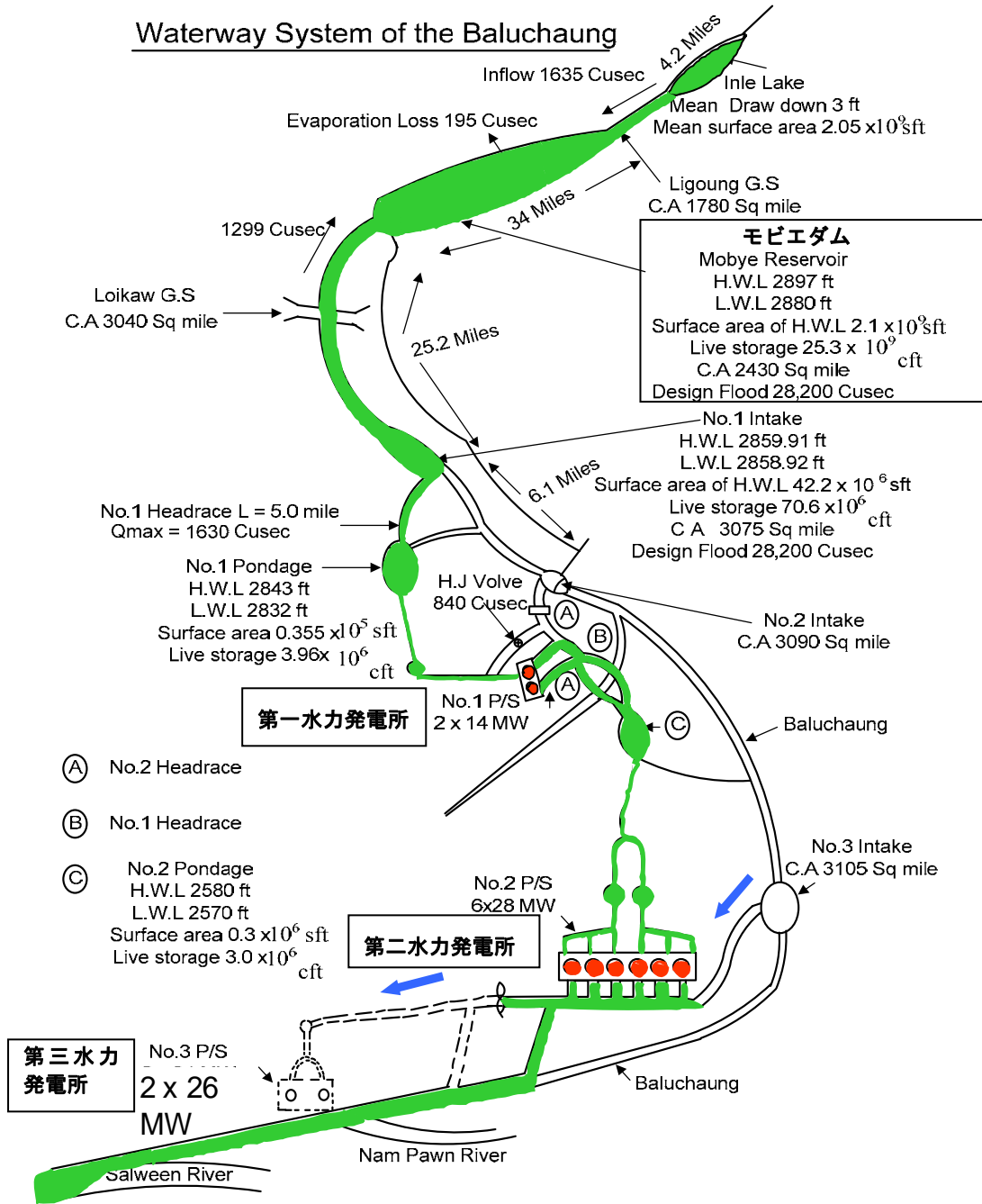


図 2.2-1 バルーチャン川水系の諸施設

表 2.2-1 バルーチャン第二水力発電所からの電力供給

年	33 kV配電線(MW)			11 kV配電線(MW)
	ロイコー	モビエ	パルソン	ローピタ
2008 *	-	5.93	-	0.65
2009 *	-	6.30	-	0.59
2010	5.77	2.70	0.29	0.80
2011	6.03	2.49	0.55	1.60
2012	5.80	1.99	0.46	0.62

出所: バルーチャン第二水力発電所

* 2010年以降、モビエラインが3つに分割されたため、2009年以前のロイコーとパルソンのデータはない

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（2000年～2009年）の気象データから平均年間降雨量は 1,151mm、平均最高気温は 29.2℃、平均最低気温は 17.1℃、平均相対湿度は 72.5% と記録されている。

以上の気象記録を元に、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 環境社会配慮

補修計画準備調査（1）では、2012年3月から4月にかけてプロジェクト地域の自然社会に関する調査を行い、その詳細は最終報告書にまとめられている。本準備調査（2）では以下の補足的な情報を確認した。

(1) 灌漑用水の利用

モビエダムからはバルーチャン川の両岸へ向け、それぞれ1つの灌漑用水路が作られている。その最大流量は 120 feet³/s と 80 feet³/s である。この2つの水路は主にモビエダムと第一取水池の間に位置する農地へ灌漑用水を提供している。表 2.2-2 にモビエダムからの灌漑用水の平均流量をまとめた。

これらの灌漑用水が水を供給する地域は 20,000 エーカー弱であり、主な作物は米である。モビエダムの管理事務所によると、通常、農家は耕作のために十分な水を得られているとのことである。

灌漑用水の流量はカヤ州政府の農業・灌漑部署が決定し、電力省を通して DHPI の組織であるモビエダムの管理事務所へ要請する。極端な渇水年を除き、通常モビエダムには十分な水量があるため、その要請が却下されることはほとんどない。

表 2.2-2 モビエダムからの灌漑用水の平均流量

単位: feet³/s

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2007	134.1	181.4	223.2	240	240	294	173.8	2,253.5	200.6	192.9	78	16
2008	60.3	126.8	173.5	180	174.8	160	165.8	227.4	135.6	183.2	36.6	0.96
2009	50.3	125	153.8	270	291.6	308	260	284.8	197.3	243.2	-	-
2010	104.5	120.3	164.1	216.6	270	270	100.6	83.2	60	122.5	-	-
2011	79.3	140	195.8	220	120	220	215.4	159	55	8.1	-	-

出所: バルーチャン第二水力発電所

バルーチャン川の左岸には2つの村、ワクン(Wankun)村(住民は80人)とロウラリ(Lawlalee)村(住民は60人)がある。彼らは計1,000エーカーの農地を耕しており、第一取水池からの水路を經由して水を得ている。バルーチャン第一水力発電所によれば、その平均流量は0.62 m³/sである。主な作物はトウモロコシと大豆、ピーナッツで、収穫は年に1回雨期に行う。基本的に農耕には雨水を利用しており、水路を經由して得られる流量は村民の生活用水にとり問題ない量である。

一方、右岸には約4つの村があり、村民は生活用水と灌漑用水を第一水路から得ている。バルーチャン第一水力発電所によれば、水の分配について特に不満の声は挙がっていない。また、第二取水池からバルーチャン第二水力発電所までの地域には急峻な山が多く、バルーチャン川沿いの地域には村落は存在していない。

(2) 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材の補修および更新であるため、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。

2-2-4 環境社会評価

2-2-4-1 組織

環境保全・森林省(MOECF)はミャンマーにおける環境社会配慮に関する業務を一元的に担当する組織である。MOECFは2011年9月に森林省を改編して設立された。2012年8月現在の組織図は図2.2-2に示す通りで、現在、部や課レベルの組織編成を行っている。



図 2.2-2 環境保全・森林省の組織図

2-2-4-2 関連法規制

ミャンマー国政府は、2012年4月に同国の環境保護の基本法となる環境保全法を公布した。同法の中で環境影響評価の基本事項について明記しているが、その実施細則はまだ発効されていない。また、土地収用及び住民移転に関する法規制はまだ整備されていない。

有害廃棄物の管理に関し、ミャンマー国政府は2004年4月に残留性有機汚染物質（POPs）に関するストックホルム条約を批准している。同条約は締約国に対し、12種類のPOPsの製造と使用の禁止もしくは制限と、適切な管理と処理、国家管理計画の策定を求めている。ミャンマーは批准をしているものの、具体的な実施細則は発効されていない。

表 2.2-3 にミャンマー国における環境社会配慮に関連する法規制をまとめた。

表 2.2-3 環境社会配慮に関連する法規制（2012年8月現在）

No.	法規制	施行	備考
1	環境保護法	2012年4月	現在、英語版を作成中
2	環境影響評価の実施細則	未施行	草案中
3	Chemical Safety Law	未施行	同法によって、有害物の登録や移動を管理する予定。2009年に草案されている。また、ミャンマー国は2004年にストックホルム条約を批准している
4	Factories Act	未施行	草案中。工場での廃棄物管理を推進する
5	環境基準	未施行	大気や水質、土壌等の環境基準はまだ整備されていない

2-2-4-3 スクリーニング

準備調査（1）では MOECF で聞き取りを行い、関連法規制がまだ整備されておらず、本プロジェクトにおいて環境影響評価の実施とその承認は必要ないことを確認した。本準備調査（2）においても関連法規制がまだ整備されていないことを確認している。一方、本事業は JICA 環境社会配慮ガイドラインの適用外であるが、同ガイドラインに照らし合わせた場合は、カテゴリ C「環境や社会への望ましくない影響が最小限か、あるいはほとんどないと考えられる協力事業」に該当すると考えられる。

2-2-4-4 スコーピング

補修計画準備調査（1）において実施したスコーピングの結果、工事に伴うマイナス面の影響が想定されるのは廃棄物のみであると考えられた。本準備調査（2）では必要な追加情報を収集し、準備調査（1）のスコーピング結果のレビューと更新を行った。その結果、補修時では廃棄物に加え、土壌汚染について負の影響が考えられた。一方で絶縁油の漏油が見られる所内変圧器を入れ替えることにより、土壌の一層の悪化を止めることができ、正の影響も考えられた。また、補修終了後の運転期間中には、温暖化の抑制に対する正の影響が想定された。表 2.2-4 に更新したスコーピング結果をまとめた。

表 2.2-4 スコーピング結果

項目	補修計画準備調査 (1) の結果			補修計画準備調査 (2) の結果			
	影響	影響の 度合い		補修期間		運転期間	
				影響	影響の 度合い	影響	影響の 度合い
社会環境	住民移転	発電所建屋内、敷地内の工事であり、住民移転はない	C	同左	C	該当せず	-
	生活・生計	取水量の変化を伴わない工事のため、上下流域への変化はない	C	同左 特に乾季においては第一取水池より下流のバルーチャン川に流れがほとんどみられないが、農家はモビエダムや第一取水池、第一水路から十分な水を得られている	C	同左	C
	土地利用	土木工事を伴わないため、土地改変はない	C	水圧鉄管の補修において土木作業が予定されている。それらの規模は小さく、施設内であるため悪影響はほとんどない	C	該当せず	-
	地域分断	下流域への放流量（維持流量）の変化はない 道路の新設はない	C	同左 補修作業は施設内で行われる	C	同左	C
	交通・生活施設	下流域での舟運利用はない	C	同左 補修機材の運搬には既存の道路を使う。運搬車両が行き来するのは比較的短期間であり、地域の交通や生活施設のへの影響は軽微である	C	交通量の増加はない	C
	少数民族、先住民	発電所敷地内の工事であり、周辺住民への影響はない	C	同左	C	同左	C
	裨益等の不均衡	裨益等の均衡な配分を阻害する要因はない	C	同左 発電所周辺の地域への配電は変化しない	C	同左	C
	文化遺産	事業計画地内に寺院・遺跡・文化財等はない	C	同左	C	同左	C
	利害対立	利害を発生させる要因は生じない	C	同左 発電所周辺の地域への配電は変化せず、取水量にも変化はない	C	同左	C
	水利用	発電所敷地内の工事であり、かつ、放流水への影響（汚濁、水量の減少）はない。	C	同左 発電所周辺において、漁業活動はみられない	C	同左	C

	保健衛生	工事は、既設発電所の職員が主体となって行われるので、著しく衛生環境が悪化するとは考えられない	C	同左	C	同左	C
	感染症・災害 (リスク)	工事は、既設発電所の職員が主体となって行われるので、感染症発生の恐れは少ない	C	同左	C	同左	C
自然環境	地形・地質	土木工事を伴わないので、影響はない	C	水圧鉄管の補修において土木作業が予定されている。それらの規模は小さく、施設内であるため悪影響はほとんどない	C	該当せず	-
	土壌侵食	土木工事を伴わないので、影響はない	C	同上	C	該当せず	-
	地下水	掘削工事を伴わないので、影響はない	C	同左	C	該当せず	-
	水文学的状況	取水量の変化を伴わない工事のため、上下流域への変化はない	C	同左	C	該当せず	-
	沿岸域	下流域5 km及び80 km地点で大小の河川に合流するので、河口域への影響はない。	C	同左	C	該当せず	-
	生態系	樹木の伐採等を伴わない発電所敷地内の工事であるため、周辺環境への影響はない 放流水への影響（汚濁、水量の減少）を伴わないので、魚介類への影響はない	C	同左 発電所周辺のブルーチャン川では絶滅危惧種は見つかっていない	C	該当せず	-
	気象	屋内施設の改修が主体であるため、微気象の変化は想定されない	C	同左	C	該当せず	-
	景観	屋内施設の改修が主体であるため、景観への影響はない	C	同左	C	該当せず	-
	地球温暖化	工事中の重機の稼働、工事車両の運行によってCO2は排出されるが、微量であり、地球温暖化への程度は不明	C	補修作業からの温暖化ガスの排出は短期間であり、影響は軽微である	C	補修作業により、発電量は運転開始時のレベルまで回復する。これにより、グリッド電力の発電に伴う温暖化ガスの排出削減に貢献できる	P
環境汚染	大気汚染	工事車両の通行回数は、重機搬入時等に限定された短期間であり、大気汚染への影響は少ない	C	同左	C	交通量の増加はない	C
	水質汚染	下流域への放流量（維持流量）の変化はない 工事に伴う汚濁水は発生しない	C	同左	C	同左	C

土壌汚染	老朽化した器材の交換に際して、オイル漏れなどによる若干の土壌汚染が考えられる	C	同左 老朽化した変圧器から漏れたポリ塩化ビフェニル (PCBs) を含む絶縁油により、基礎コンクリートとコンクリート周りの土壌が汚染されている。それらを取り除くことで汚染を防ぐことができる	B/P	所内変圧器を更新することで、絶縁油の漏油を防ぐことができる。	C
廃棄物	器材交換に伴い、有害物質を含む器材(変圧器)が発生する	B	同左 有害廃棄物の適切な管理が必要である	B	発電所の運転中に大量の廃棄物が出ることは想定されない	C
騒音・振動	重機搬入時等に限定された短期間、騒音・振動が考えられる	C	同左 発電所の周辺には住民は住んでいない。車両の数は増えるが、その影響は短期間である	C	発電所の周辺には住民は住んでいない	C
地盤沈下	発電所建屋は、強固な地盤の上にあるため、地盤沈下は考えられない	C	同左 地盤沈下を引き起こす作業はない	C	同左	C
悪臭	重機搬入時等に限定された短期間、車両からの排ガスによる悪臭が考えられる	C	悪臭が発生する作業はない	C	同左	C
事故	工事車両の通行回数は、重機搬入時等に限定された短期間であり、交通事故発生の可能性は少ない	C	同左	C	同左	C

備考：影響の度合い A：深刻な負の影響が想定されるため、慎重な対策が必要；B：A ほどではないが負の影響が想定され、適切な対策が必要；C：負の影響がない、もしくは軽微である；P：正の影響が想定される。太字は補修計画準備調査(1)からの主要な更新箇所

2-2-4-5 補修期間に想定される影響

(1) 廃棄物

補修作業により大量の廃棄物が発生すると想定される。それらは、ポリ塩化ビフェニル(PCB)もしくはアスベストを含む有害廃棄物とその他の産業廃棄物に分類できる。特に有害廃棄物に対しては適切な対策と管理が必要である。これらの影響を以下にまとめた。

(1-1) PCB 廃棄物

PCB は電気機器（変圧器や蓄電器等）や水力機器等に使用される油の添加物として使用されてきた。PCB の化学的な安定性は商業利用に便利である一方、環境問題を引き起こし、人体にも有害である。人が PCB に接触し脂肪に吸収された場合、皮膚のかゆみや目の疾患、皮膚や爪の色素変化、肝臓機能や免疫システムの異常、生殖機能や成長障害、更にはがん等を引き起こす可能性もある。

本事業では 48 項目の機材が補修対象となっているが、そのうち主要変圧器等に使われている絶縁油に PCB が含まれている。表 2.2-5 にその機器の一覧をまとめた。想定される絶縁油の総量は 112,100 liter で、560 本のドラム缶に相当する。なお、230kV ブースタ変圧器は、製造年から PCB 絶縁油は使用されていないが、過去の浄油作業で汚染されている可能性もあるため追加した。

ミャンマーにおいては、PCB を含む絶縁油の処理システムがまだ確立されていない。現時点では、PCB 廃棄物を適切に保管することが最も合理的な対策である。絶縁油が漏れて環境汚染や健康被害を引き起こぬよう、これらの PCB 廃棄物を適切に保管、管理しなければならない。

表 2.2-5 PCB を含む補修対象機材

機材名	発電機 No	PCBを含む絶縁油の量 (liter)
主要変圧器	No. 4~6	4,020x 9台=36,180
132 kV 変流器	No. 1~6	420 x 9 台=3,780 260 x 1 台=260 110 x5台=550
所内変圧器	共通	3,860 x 1 台=3,860 3,820x 1 台=3,820 1,520x 2台=3,040
主要変圧器	No. 1~3	2,950 x 9台=26,550
発電機キュービクル	共通	45 x 3 台 (SA) =135 60 x 3 台 (VT) =180 91x 3 台 (VT) =273 45 x 3 台 (AVR) =135
230kV ブースタ変圧器	共通	10,400 x 3台=31,200
230 kV CVT	共通	230 x 3台=690
11 kV キュービクル	共通	680 x 1 台 (OCB) =680 110 x 7台 (OCB) =770
合計		112,100 liter

(1-2) アスベスト廃棄物

アスベストの素材は鉱物繊維であり、繊維は非常に強く耐熱性を備える。この特性を活かして幅広い製造品で使われてきた。その多くは建設資材（屋根板や天井、床のタイル）や摩擦製品（ブレーキやトランスミッション）、耐熱性生地、梱包材、コーティング剤等である。アスベストを含む素材を修理や改修、解体する際、微細な繊維が飛散し、肺に吸い込まれる危険がある。結果、

肺に対し深刻な影響を与える懸念がある。

本補修工事では、2種類の機材がアスベストを含んでいると考えられる。表 2.2-6 にその機材をまとめた。アスベストを含む固定子巻線と回転子コイルが廃棄物として発生する。一方、水圧鉄管ライナの補修においてアスベストを含んだグリスコットンパッキンが廃棄物として発生する可能性がある。これはコットン繊維を編み込んで角形に成型しそれにグリースを含浸させたもので、コットン繊維にアスベストが混合されている可能性があるが、両者とも成型物であるためアスベストが飛散することはない。

表 2.2-6 アスベストを含む補修対象機材

機材名	発電機 No	廃棄物の種類
発電機固定子巻線	No. 1、4~6	固定子巻線、回転子コイル
水圧鉄管ライナ	-	グリスコットンパッキン

(1-3) その他の産業廃棄物

補修作業では上記の PCB 廃棄物とアスベスト廃棄物に加え、多様な産業廃棄物が発生する。表 2.2-7 にその内容をまとめた。それらは有害廃棄物ではないが、周辺への投棄を避けるために適切に管理する必要がある。

ほとんどの廃棄物は有価物であり、リサイクル可能な金属やゴム、プラスチックなどで構成される。だが、事業地域ではリサイクルシステムや処理システムが確立されておらず、廃棄物を適切に保管する必要がある。バルーチャン第二水力発電所では、取り換えたパーツや機材を発電所構内の保管倉庫で管理する方法が行われている。

表 2.2-7 補修工事から出る産業廃棄物の種類

機材名	発電機 No	廃棄物の種類
励磁装置	No. 1~6	プラスチックや金属で構成されるキュービクル
ガバナ用圧油供給装置	No. 1~6	廃油、金属製ポンプ
オイルリフタ	No. 4~6	プラスチック材や金属材で構成される制御盤
入口弁	No. 1~3	金属製パーツ
入口弁制御盤	No. 1~6	金属材で構成される制御盤
ニードル及びノズル	No. 1~6	金属製パーツ
デフレクタ	No. 1~6	金属製パーツ
制御ケーブル	No. 1~6	ケーブル
発電機制御盤	No. 1~6	プラスチック材や金属材で構成される制御盤
132 kV遮断器	-	陶器製や金属製のパーツ
132 kV断路器	-	銅製プレート
遮断器用空気圧縮装置	-	金属製ポンプ・モータ、銅管、金属製タンク
整流器	-	プラスチック材や金属材で構成される制御盤
天井走行クレーン	-	金属製パーツ
所内排水ポンプ	-	金属製ポンプ・モータ
ブースタ変圧器用給水ポンプ	-	金属製ポンプ・モータ
主要変圧器とキュービクル間の11 kV電力ケーブル	No. 1~6	ケーブル
潤滑油供給システム	No. 1~6	金属製ポンプ・モータ、廃油、プラスチック材や金属材で構成される制御盤
水車ランナ	No. 1~2	金属製ランナ
水車ニードルシャフト	No. 5~6	皮製パッキンとパッキンを挿入する金属製の筒状パーツ
水車用ジェットブレーキ	No. 1~3、No. 6	金属製パーツ
発電機冷却器	No. 1~3、No. 4~6	金属製パーツ
発電機用断路器	No. 4	プラスチックや金属で構成されるキュービクル
水車ガバナ用圧油供給装置	No. 1~3	金属製ポンプ

冷却水供給装置	No. 2	金属製ポンプ
11 kV接続ケーブル	-	ケーブル
水圧鉄管	-	コンクリート片
発電機用遠心スイッチ	No. 1、4、5	金属製パーツ
ガバナ盤の計器・表示器	No. 1~6	プラスチック材やガラス材と金属材で構成される表示機器
圧油タンクの油圧計	No. 1~6	金属材とガラス材で構成されるケース形状のパーツ
400 Vロードセンター	-	プラスチックや金属で構成されるキュービクル
33 kVキュービクル	-	金属製CTや他のパーツを含む、金属製キュービクル全体
所内用水車発電機	-	金属製のプレートパーツ

(2) 土壌汚染

補修作業では、絶縁油漏れのひどい所内変圧器から油を抜く予定である。その他の PCB を含む機器についてはいくつかの付属部品を取り外し、バルーチャン第二水力発電所が所有する Heavy Storage Area に設置する有害廃棄物の保管場所で管理する。これらの作業において、絶縁油が漏れる可能性がある。

一方、正の影響も想定される。本補修工事により漏油が見られる変圧器の取り換えや、その周辺の絶縁油が浸みているコンクリートや敷石を取り除くことで、環境汚染を防ぐことができる。取り除いたコンクリートや敷石は人との接触を避けるため密閉し、Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所で管理する必要がある。

2-2-4-6 補修後、運転期間に想定される影響

地球温暖化に関して正の影響が想定される。本補修工事により、発電機 1 号機の現在の出力 24MW が 28MW まで回復する見込みである。この回復した 4MW の年間の発電量は火力発電所からの発電量を置き換えると考えられ、結果、温暖化ガス (GHG) の排出量削減に寄与する。「気候変動対策支援ツール/緩和策・適応策 JICA Climate FIT 試行版 Ver. 1.0」を使った算定の結果、本事業による GHG 排出の削減量は、1,947 t-CO2/year と推定される。(資料 8 参照)

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

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を上回る慢性的な電力不足に陥っていたが、2000年代後半の大型水力発電開発により2011年の総発電容量は2000年比で約3倍の3,494MWに増大した。発電電力量の電源別構成でみると、水力発電は2000年の30%から2011年には75%に倍増し、水力発電への依存度が大きくなっている。しかし、火力発電所の老朽化による出力低下や水力発電の一部中国への輸出などにより、可能電力供給量は設備容量の約47%と見込まれている。

一方で、経済の活性化や生活水準の向上に伴い電力需要は堅調に増加しており、電力事情が改善されつつあるも、最大の電力需要地であるヤンゴンでは未だに停電が発生している状況にある。この電力不足に対処するためミャンマー国政府は、緊急電力供給プログラムを早急に策定する計画である。また、短期的な政策の一つとして、ベースロードとしての水力発電による電力供給力の確保を掲げている。

バルーチャン第二水力発電所（総設備容量168MW：28MW×6台）は、運転開始以来（1~3号機1960年、4~6号機1974年）約50年が経過しているが、現在でもミャンマー国の総発電電力量の約10%を占めている。年間を通して安定した電力を国内の電力系統および周辺地域に供給するベースロード発電所として、最重要発電所と位置付けられている。しかし、この50年の間、発電を最優先としてきたため、満足な保守点検が行われず機材の老朽化が進んでおり、いつ重大事故が発生してもおかしくない状態にある。

本プロジェクトでは、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、設備の電氣的、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。年間を通して安定した電力を供給するバルーチャン第二水力発電所の機能を維持し延命化を図ることは、ミャンマー国の電力の安定供給力の確保に寄与するものである。

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. 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

水力発電所の発電設備の寿命は40~50年と言われているが、既に1~3号機は52年、4~6号機は38年を経過している状態にあるため原形復旧・機能回復による延命化を図り、今後の継続運転を可能にすることを目標として本補修計画を策定する。

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機能維持を目的として、緊急な補修を要する機材を対象とする。

- (2) 50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) 補修される機材の配置および施工方法については、既存機材への影響が最小化する方法を採用する。
- (4) 補修機材の仕様は、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

過去 10 年間 (2000 年~2009 年) の気象データおよび既設設備の設計データをもとに、次の自然条件を機材設計に適用する。

- (1) 最高周囲温度 40 °C
- (2) 標高 340 m
- (3) 平均相対湿度 75 %
- (4) 最大風速 25 m/s
- (5) 地震係数 0.15G
- (6) 水温 30 °C

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機材の調達先として日本製であることを要望している。本補修計画により調達される機材は全て日本製とし第三国調達は考慮しない。

3-2-1-4 据付工事に対する方針

本補修計画の据付工事に際し、水力発電公社 (HPGE) は現有のバルーチャン第二水力発電所職員 (159 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)	12 名
機械関連要員	(技術者、技能工、作業員を含む)	14 名
通信関連要員	(技術者、技能工、作業員を含む)	9 名
土木関連要員	(技術者、技能工、作業員を含む)	6 名
合計		41 名

また、作業内容により要員が不足する場合は、バルーチャン第一水力発電所や、その他国内の発電所から一時的に要員を補充する計画である。

発電所職員は 2006 年の電力省再編に伴い、人事異動が行われ若返りが図られた。しかし、1992~1994 年の補修工事および 2000 年の短期専門家派遣による分解点検を経験している熟練技術者は継続して勤務しており、若手への技術移転が行われている。今回の準備調査中の点検も現職員の手で実施されたが、技術力および据付実施能力は十分持ち合わせていると判断される。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機材納入業者) の指導のもとに発電所の所属職員で実施するものとし、現地据付業者は使用しない。

3-2-1-5 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

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）の実施方法および実施時期に関する指導
- (4) 設計図面および取扱い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 機材の設計範囲、グレードの設定に対する方針

(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材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機材についても、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、従来の性能・機能を維持できるようにする。

(2) 既存の機材基礎への配慮

更新機材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化するように設計する。また、入口弁、主要変圧器等の重量物を更新する場合は、既存機材と同じ位置に固定するなど、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機材への配慮

補修工事が他号機や補修対象外機材の連続運転に支障を来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機材の範囲を決定する。

3-2-1-7 調達方法、工期に対する方針

(1) 調達方法に係る方針

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補修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。

(2) 工期に係る方針

補修工事は水車発電機の停止を必要とするため、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) バルーチャン第二水力発電所の停止可能な時期は、雨季および涼季にあたり電力需要が下がる7月から翌年2月までの8ヶ月であることから、補修工事はこの期間に実施する。

- (b) 下流に建設中のバルーチャン第三水力発電所の完成は2013年12月と予定されている。第三水力発電所は、第二水力発電所の発電に使用された放流水を利用して運転される。本計画の現地据付工事は2014年以降に実施されるため、第三水力発電所の運転への影響を最小とするため、1台ずつ停止して補修工事を実施する。
- (c) 1台の補修期間は約2.5ヶ月と算定され6台の補修には16ヶ月が必要となる。年間のうち発電停止可能期間は8ヶ月であるため、補修工事は3台毎に区切って2年次にわけて実施する。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 全体計画

「設計方針」に基づいて要請内容を検討した結果、2001年度基本設計時計画の26項目、準備調査(1)で要請があった18項目および準備調査(2)で要請があった13項目の計57項目のうち、緊急性が高い48項目(発電設備27項目、変電設備・水圧鉄管21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、発電設備と変電設備・水圧鉄管に分けて各々表3.2-1、表3.2-2に示す。なお、要請項目のうち除外された9項目と除外理由を表3.2-3に示す。

表 3.2-1 全体計画（発電設備）

機材番号	機材名	発電機 No.	補修内容
1-1	励磁装置	No.1~6	既設の励磁装置は形式が古く、補修部品の調達が困難であり、長期運転により摺動部の損傷が著しく発電機電圧調整に安定性を欠いているため更新する。
1-2	ガバナ用圧油供給装置	No.1~6	1~3 号機：分解点検、清掃、ストレーナ交換、油交換を実施する。 4~6 号機：分解点検、清掃、圧油ポンプ・電動機取替、ストレーナ交換、油交換を実施する。
1-3	オイルリフタ	No.4~6	盤内の制御回路不具合により、自動運転ができないため、制御盤を取り替える。
1-4	入口弁	No.1~3	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、金属シール方式に更新する。
1-5	入口弁	No.4~6	金属シールの損傷に加え、入口弁は全開/全閉ができない状態にあるため、取り替える。
1-6	入口弁制御盤	No.1~6	盤内の配圧弁が固着により動作できないため、入口弁制御盤を取り替える。
1-7	ニードルおよびノズル	No.1~6	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り替える。
1-8	デフレクタ	No.1~6	ニードル・ノズル修理に関連して、デフレクタチップおよびアームを全数取り替える。
1-9	主軸水切り	No.5, B	5号機 B 側の主軸水切りを取付ける。
1-10	予備ランナ	No.1~6	1~3 号機用 A 側 B 側共用ランナ(1 個)と 4~6 号機用 A 側 B 側共用ランナ(1 個)を納入する。
1-11	発電機制御盤	No.1~6	1~6 号計器盤・保護継電器盤・制御デスク・自動制御盤は老朽化しており、操作ハンドル、表示装置などの不良が既に発生しており、運転への支障が懸念されるため取り替える。
1-12	天井走行クレーン	共通	2 号クレーンは走行速度調整と補助ホイストのリミットスイッチに不具合を生じているため関係部品を修理する。1 号クレーンは問題ない。
1-13	潤滑油供給システム	No.1~6	分解・清掃を行い部品および潤滑油を取り替える。 1~3 号機については、既設ポンプと制御盤は漏油が著しいため取り替える。
1-14	水車ランナ	No.1~2	クラックが発生している 1 号機 B と 2 号機 A および B の 3 個を取り替える。
1-15	水車ニードルシャフト	No. 1~6	1~3 号機用、4~6 号機用のパッキン材および軸受を予備用として供給する。
1-16	水車用ジェットブレーキ	No.1~3 & 6	1~3, 6 号機のジェットブレーキは故障しているため、取り替える。
1-17	発電機固定子巻線	No.1& 4~6	1 号機：固定子は過去 3 度、鉄心の緩みによりコイルの地絡事故が発生しているため、コイルと鉄心を取り替える。 4~6 号機：固定子コイルと回転子巻線は経年劣化により取り替える。

1-18	発電機軸受	No.1~3 & 4~6	2011年に5号機の軸受損傷事故が発生し、スペアパーツに交換された。現在、スペアパーツが無いため、軸受を供給する。 ・1~3号機用 A,B 軸受 (2個) ・4~6号機用 A,B 軸受 (2個)
1-19	発電機冷却器	No.1~3 & 4~6	1~6号機の発電機冷却器は冷却配管が損傷している。冷却効果の低下による発電機の温度上昇を抑えるために取り替える。併せて1~3号用予備3個と4~6号用予備2個を供給する。
1-20	水車ガバナ用圧油供給装置	No.1~3	1~3号機の各ポンプ1個と制御盤は油漏れが生じているため、取り替える。
1-21	冷却水供給装置	No.2	2号機ポンプ/モータは損傷しており、漏水もあるため、取り替える。
1-22	発電機用遠心スイッチ	No.1, 4 & 5	1, 4, 5号機の遠心スイッチは長期運転により可動部が損傷しているため、取り替える。
1-23	ガバナ盤の計器・表示器	No.1~6	1~6号機のガバナ盤にある計器と表示器は、経年による劣化および校正も行われていない。表示の信頼性が低下しているため取り替える。
1-24	圧油タンクの油圧計	No.1~6	圧油タンクの油圧計は、経年による劣化および校正も行われていないため信頼性がなく、機材の制御に重要であることから取り替える。
1-25	所内用水車発電機	共通	著しい漏水のため、所内機の入口弁を取り替える。
1-26	ガバナ用アクチュエータモータ	No.1~6	ガバナ用アクチュエータモータは、水車の速度調整を行う重要な部品であるが、予備品が枯渇しているため供給する。
1-27	発電設備用試験機材	共通	更新する励磁装置の試験で必要となる機材を供給する。

注：「共通」とは、発電機の各号機に属しない機材で、発電所の共通設備として使用されている機材を示す。

表 3.2-2 全体計画 (変電設備・水圧鉄管)

機材番号	機材名	発電機 No.	補修内容
2-1	制御ケーブル	No.1~6 共通	屋内および屋外の制御ケーブルの劣化が著しいこと、また、4~6号機においては屋内制御ケーブルに信頼性の低い電線が使用されているため、1~6号機の屋内外の制御ケーブルを更新する。
2-2	主要変圧器	No.1~6	冷却水量が十分でなく、PCB 混入油が漏れているため、冷却水配管とともに取り替える。
2-3	132 kV 遮断器	No.1~3 No.5~6 共通	型式が古く部品供給が困難であり、タンクや配管からも空気漏れが発生しているため、7 台の空気遮断器(1~3・5・6 号機, 132kV2 号線, 230kV バンク B) を SF6 ガス遮断器(GCB)に更新する。
2-4	132kV 断路器	No.2	損傷のある 2 号機用断路器を取り替える。
2-5	整流器	共通	整流器 (1 号系列、2 号系列) は制御用直流電源を供給する重要機材である。過去に取り替えが行われたが、現状機材も温度上昇など信頼性が低下しているため取り替える。蓄電池は取替済みであるため補修対象外とする。
2-6	所内排水ポンプ	共通	現状のポンプは、動作不良および容量不足のため、既設の 3 台を撤去して、新たに 2 台 (常用と予備) を設置する。
2-7	ブースタ変圧器用給水ポンプ	共通	1959 年製の 2 台のポンプとその制御盤を取り替える。残りの 2 台は 1993 年に補修しているため、補修対象外とする。
2-8	主要変圧器と発電機キュービクル間の 11 kV 電力ケーブル	No.1~6	既設 11 kV 電力ケーブルは老朽化が著しく、5 号機では、過去に地絡事故が発生し、現在仮ケーブルが接続されているため、全ての 11 kV 電力ケーブルを取り替える。
2-9	所内変圧器	共通	漏油が著しいため、4 台の所内変圧器 (No.1, No.2, 11kV 変圧器、SVR) を取り替える。既設の SVR は新しい 11kV 変圧器に機能統合する。
2-10	発電機キュービクル	No.1~4	1~3 号機の発電機キュービクルは経年による劣化・損傷が著しく機能に支障が懸念されるため、全てを取り替える。 4 号機の発電機キュービクルは、過去の焼損事故により損傷が著しいため、全てを取り替える。
2-11	11kV 接続ケーブル	共通	所内用 11kV ケーブル (3~4, 4~5, 5~6 号機間) は端末の損傷があること、また、4 号機の発電機用キュービクル取り替えに伴い、既設ケーブル長が不足するため取り替える。
2-12	230kV ブースタ変圧器	共通	No.2 バンクのブースタ変圧器は、過去に短絡事故を起こしている。変圧器の信頼性および安全性の確保のため No.2 バンクの 3 相を取り替える。
2-13	230 kV CVT	共通	230kV 系統の同期操作に必要な 230kV 送電線キャパシタボルトテージトランスフォーマ(CVT)が損傷しているため 3 相分の 3 個を取り替える。
2-14	水圧鉄管ライナ (伸縮継手部シール材)	共通	漏水が認められる伸縮継手部 3 箇所と過去に補修の多い 1 箇所の計 4 箇所のシール材を供給する。
2-15	土木メタル機材 (鉄管バルブ用シール材)	共通	1、2 号鉄管バルブの漏水の主要原因と考えられるシール材を供給する。シール材交換時は、バルブ点検を行うことを勧める。

2-16	非常用電源供給システム	共通	既設 150kVA ディーゼル発電機の容量不足と既設所内用水車発電機の老朽化のため、新たなディーゼル発電機を供給する（ブラックスタート時に主機1台が運転できる容量とする）
2-17	温度計測盤/132kV 送電線盤計器	No.1~6	制御室にある温度計測盤は故障して機能を果たしていないため、新たに制御室内および発電機室内に温度計測盤を設置する。132kV 送電線盤で故障して機能を果たしていない計器を取り替える
2-18	11kV キュービクル	共通	漏油(製造年代より PCB 混油と思われる)のため、11kV 油入遮断器 (OCB) 8 個を、キュービクルを含め取り替える。
2-19	400V ロードセンター	共通	既設 400V ロードセンターは経年劣化が著しく、計器が機能していないなど運用上も危険なため、一式を取り替える。
2-20	33kV キュービクル	共通	既設 33kV キュービクル内の CT およびブスバーは遮断器の定格容量(600A)に対して容量が小さく(150A)、配電線の送電容量が制限されているため、一式を更新する。
2-21	変電設備用試験機材、保守工具	共通	変電設備の据付に必要となる保守工具と試験に必要な機材を更新する。

注：「共通」とは、発電機の各号機に属しない機材で、発電所の共通設備として使用されている機材を示す。

表 3.2 - 3 補修対象除外機材

	要請機材名	発電機 No.	削除理由
1	132 k V 変流器	共通	関連する遮断器交換に併せてブッシング CT を実装するため、変流器自体の供給は削除する。
2	遮断器用空気圧縮装置	共通	全ての遮断器を GCB に変更することにより空気圧縮装置は不要となることからミャンマー国側にて撤去する。
3	132 k V 避雷器	No.1~3	一部損傷しているが、機能は保たれているので、取替は行わない。
4	潤滑油用冷却水配管	No.2	漏水は修理されているので、補修対象外とする。
5	水圧鉄管(LPPL, 水圧鉄管のロック損傷)	共通	損傷しているロッカーの補修方法および作業手順を提示する。
6	固定子コイル温度計	No.1~6	制御室にある温度計測盤が故障しているため、1~6号機の固定子コイル温度計を温度計測盤の取替と併せて設置する。本要請事項は、2-17 項に含む。
7	132kV 追加送電線保護リレー		132kV の追加送電線の距離リレーは、設置当時から送電線の接続が変更されたため、ミャンマー側で線路定数を見直し、距離リレーの設定値を変更する。従い、本補修工事の対象としない。
8	所内用自動切替装置		事故時に所内電源を短時間で切り替えるため、所内自動切替制御回路を設置する。本機能は、要請事項 2-18 項 (11kV キュービクル) に含めて実施する。
9	グリース供給装置	No.1~6	グリース供給装置を分解点検する。

3-2-2-2 機材計画

本補修計画で調達する機材の概略仕様を表 3.2-4 および表 3.2-5 に示す。

表中の区分の定義を以下に示す。

修理：機材の一部部品を交換するもの

取替：機材一式を同仕様の機材に取り替えるもの

更新：製造中止や容量不足等により、機材一式を新仕様の機材に取り替えるもの

表 3.2-4 概略仕様（発電設備）

1-1 励磁装置（1~6 号機）

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 自動電圧調整キュービクル			○	6 台	発電機出力 28MW 用、屋内型、静止形
2) 界磁開閉器キュービクル			○	6 台	発電機出力 28MW 用
3) 励磁変圧器			○	6 台	370kVA
4) 励磁変圧器一次側用電力ケーブル			○	210 m	11kV CV250mm ² 1-core
5) 励磁変圧器二次側用電力ケーブル			○	240 m	600V CV500mm ² , 1-core
6) 直流初期励磁用電力ケーブル			○	720 m	600V CV8mm ² , 1-core
7) 発電機励磁用電力ケーブル			○	390 m	600V CV800mm ² , 1-core
8) ケーブルラック			○	80 m	幅 300m、深さ 100m
9) 制御ケーブル			○	3,000m	600V CVV 3.5mm ² 7-core
10) カーボンブラシ			○	120 個	コレクタリング用
11) ブラシホルダー			○	120 個	コレクタリング用

1-2 ガバナ用圧油供給装置（1~6 号機）

1~3 号機 3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 油圧ポンプ用ストレーナ		○		6 個	かご型ステンレス製網
2) 油タンクカバー用パッキン		○		3 個	シートパッキン
3) 油圧ポンプ軸受とパッキン		○		3 個	交換用部品
4) アンローダバルブ用シートパッキン		○		1 個	交換用部品

4~6 号機 3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 油圧ポンプ/モータ		○		6 個	油圧ポンプ:スクューポンプ 17.8 GPM、2,900rpm、28-30 kg/cm ² モータ:7.5kW AC400V
2) 油圧ポンプ用ストレーナ		○		6 個	かご型ステンレス製網
3) 油タンクカバー用パッキン		○		3 個	シートパッキン
4) アンローダバルブ用ゴムパッキンとリミットスイッチ		○		6 個	交換用部品

1-3 オイルリフタ (4~6 号機)

3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
制御盤		○		3 面	ポンプ:ギヤポンプ 21 liter/min 136 kg/cm ² 3 相誘導電動機 7.5 k W, AC400V

1-4 入口弁 (1~3 号機)

3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 入口弁			○	6 台	金属シール構造球形弁、口径 φ 800 mm
2) バイパス弁		○		6 個	ニードル弁、口径 φ 80 mm
3) 上流側接続ボルト・ナット		○		144 個	M50 ネジ
4) 下流側接続ボルト・ナット		○		144 個	M50 ネジ
5) 鉄管排水弁		○		6 個	スルース弁、口径 φ 100A
6) リミットスイッチ		○		24 個	制御用スイッチ: Type-ILS-JA

1-5 入口弁 (4~6 号機)

3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 入口弁		○		6 台	球形弁、口径 φ 750 mm
2) バイパス弁		○		6 個	ニードル弁、口径 φ 80 mm
3) 鉄管排水弁		○		6 個	スルース弁、口径 φ 100A
4) 上流側接続ボルト・ナット		○		144 個	M50 ネジ
5) 下流側接続ボルト・ナット		○		144 個	M50 ネジ
6) リミットスイッチ		○		24 個	制御用スイッチ: Type-ILS-JA

1-6 入口弁制御盤 (1~6 号機)

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 制御盤		○		12 面	配圧弁 9 個を設置した操作盤
2) 各号機用ストレーナ		○		12 個	100 メッシュ、12 個のバルブ付き

1-7 ニードルおよびノズル (1~6 号機)

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) ニードルチップ		○		24 個	SUS 鍛造品、丸ゴムパッキン付き
2) ノズルチップ		○		24 個	SUS 鍛造品、丸ゴムパッキン付き

1-8 デフレクタ (1~6 号機)

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) デフレクタチップ		○		24 個	SUS 铸鋼品、φ 20 ノックピン付き
2) デフレクタアーム		○		48 個	SC460 铸鋼品、

1-9 主軸水切り (5号機 B側)

1台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
主軸水切り		○		1 個	軟鋼品、二分割精密加工品で接続ボルト・ナット付き

1-10 予備ランナ (1~6号機)

1~6号機用

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
A側 B側共用ランナ (1~3号機)及び(4~6号機)		○		2 個	SUS 铸鋼品、カップリングボルト、キー、ワッシャー付き

1-11 発電機制御盤 (1~6号機)

1~6号機 6台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 計器盤		○		6 面	自立式閉鎖型配電盤 W900mm H2,300mm
2) 保護継電器盤		○		6 面	自立式閉鎖型配電盤 W900mm H2,300mm
3) 制御デスク		○		6 面	デスク型制御卓 W900mm H730mm
4) 自動制御盤		○		6 面	自立式閉鎖型配電盤 W900mm H2,300mm

1-12 天井走行クレーン

1台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
天井走行用クレーンの交換部品 (走行用抵抗器・リレー・タイマー・リミッター)	○			1 台	抵抗器・リレーの点検並びに修理、及び補助ワイヤーの点検と下限設定位置調整

1-13 潤滑油供給システム (1~6号機)

6台分

機材名	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		○		12 個	69Q1, 2 (No.1~6)
3) 水流継電器		○		6 個	69W(No.1~6)
4) 混水検出器		○		6 個	No.1~6
5) 制御ケーブル		○		285 m	600V, CVV-S, 3.5mm ² , 2-core
6) 潤滑油ポンプセット (1~3号機)		○		3 組	ポンプ: 66 liter/min, 50psi, 570 rpm 電動機 7.5 kW, AC400V, 570 rpm
7) ポンプ制御盤 (1~3号機)		○		3 面	屋内仕様、電源 SW 付
8) 可搬式浄油機		○		1 個	油浄化用、ポンプ: 200 liter/min, 電動機: 3.7 kW, AC220V
9) パッキン・軸受		○		6 組	4~6号機用

1-14 水車ランナ (1~2 号機)

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1 号機 B ランナと 2 号機 A ランナ、B ランナ		○		3 個	SUS 铸鋼品、カップリングボルト、キー、ワッシャー付き

1-15 水車ニードルシャフト (1~6 号機)

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) ニードルシャフト用パッキン (1~3 号機)		○		4 組	皮製 Cup 型パッキン、取替時交換する丸ゴム、V パッキン含む
2) φ185 シャフト軸受 (1~3 号機)		○		4 個	シャフト用ブロンズ軸受
3) ニードルシャフト用パッキン (4~6 号機)		○		4 組	皮製 Cup 型パッキン、取替時交換する丸ゴム、V パッキン含む
4) φ185 シャフト軸受 (4~6 号機)		○		4 個	シャフト用ブロンズ軸受

1-16 水車用ジェットブレーキ (1~3, 6 号機)

4 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 1~3 号機用ジェットブレーキ		○		3 個	φ80A 制御用サーボモータと配圧弁付、操作油圧：21kg/cm ²
2) 6 号機ジェットブレーキ		○		1 個	φ4B 制御用サーボモータと配圧弁付、操作油圧：30kg/cm ²

1-17 発電機固定子巻線 (1, 4~6 号機)

1 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機固定子コイル		○		1 組	三相交流横軸同期発電機 31,000kVA, 11kV, 1,627A
2) 発電機固定子鉄心		○		1 組	三相交流横軸同期発電機 31,000kVA, 11kV, 1,627A
3) 固定子フレーム		○		1 組	三相交流横軸同期発電機 31,000kVA, 11kV, 1,627A
4) 固定子付属品		○		1 組	エンドカバー・エアダクト

4~6 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機固定子コイル		○		3 組	三相交流横軸同期発電機 31,000kVA, 11kV, 1,627A
2) 発電機回転子巻線		○		3 組	三相交流横軸同期発電機 31,000kVA, 11kV, 1,627A

1, 4~6 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) パッキン類、ロックワッシャー		○		4 組	分解組立部品
2) 絶縁ワニス		○		4 組	分解組立部品
3) 軸電流絶縁材		○		4 組	分解組立部品
4) 固定子コイル組立工具		○		1 組	分解組立部品
5) 固定子コイル組立用消耗品		○		4 組	分解組立部品
6) 回転子巻線組立用工具		○		1 組	分解組立部品

7) 回転子巻線組立用消耗品		○		3 組	分解組立部品
8) 既設固定子コイル用他アスベスト対策品		○		1 組	分解組立部品

1-18 発電機軸受 (1~3, 4~6 号機)

1~3 号機 1 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) A 側発電機軸受		○		1 個	スペア用、油循環方式
2) B 側発電機軸受		○		1 個	スペア用、油循環方式
3) 抵抗温度検知器 (RTD)		○		2 個	ガイド軸受用

4~6 号機 1 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) A 側発電機軸受		○		1 個	スペア用、油循環方式
2) B 側発電機軸受		○		1 個	スペア用、油循環方式
3) 抵抗温度検知器 (RTD)		○		8 個	ガイド軸受・ジャーナル軸受・冷却油用

1-19 発電機冷却器 (1~3, 4~6 号機)

1~3 号機 3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機冷却器		○		12 個	水冷熱交換器形 予備品 3 個含む
2) 抵抗温度検知器 (RTD)		○		8 個	発電機冷却器入口・出口用

4~6 号機 3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 発電機冷却器		○		8 個	水冷熱交換器形 予備品 2 個含む
2) 抵抗温度検知器 (RTD)		○		8 個	発電機冷却器入口・出口用

1-20 水車ガバナ用圧油供給装置 (1~3 号機)

3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 油圧ポンプ		○		3 台	ポンプ : 200 liter/min, 21 kg/cm ² 720 rpm
2) 制御盤		○		3 面	屋内仕様、壁掛け式、電源 SW 付き
3) 予備油圧ポンプ		○		2 台	ポンプ : 200 liter/min, 21 kg/cm ² 720 rpm
4) 予備電動機		○		2 台	電動機 : 15kW, AC400V, 720rpm

1-21 冷却水供給装置 (2 号機)

1 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 渦巻き型ポンプ		○		2 台	渦巻き型ポンプ : 6.8 m ³ /min 25 m head,
2) モータ		○		2 台	モータ : 3 phase, 55 kW, AC400V 1450rpm
3) フート弁		○		2 台	7 kg/cm ² , 口径 : 250 mm
4) 10inch 吸込み側配管		○		5 m	取付フランジ含む
5) 配管用フランジ		○		2 個	材質 : SS400

6)	10inch ストレーナ		○		2 個	口径：250 mm
7)	10inch ベント配管		○		2 個	材質：STPT410
8)	M22 ボルト・ナット		○		48 個	ボルト長さ：80mm
9)	8inch 吐出側配管		○		3 m	材質：SGPTG370
10)	配管フランジ		○		4 個	材質：SS400
11)	8inch ベント配管		○		2 個	材質：STPT410
12)	M20 ボルト・ナット		○		72 個	ボルト長さ：80mm

1-22 発電機用遠心スイッチ（1, 4, 5 号機）

3 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
発電機用遠心スイッチ		○		3 組	電源装置、変換器、比較器、補助リレー

1-23 ガバナ盤の計器・表示器（1~6 号機）

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) エキサイタ側発電機軸受温度計		○		6 個	温度計(SR-35A)、目盛：0-100 度
2) 反エキサイタ側発電機軸受温度計		○		6 個	温度計(SR-35A)、目盛：0-100 度
3) 発電機冷却器入口温度計		○		6 個	温度計(SR-35A)、目盛：0-100 度
4) 発電機冷却器出口温度計		○		6 個	温度計(SR-35A)、目盛：0-100 度
5) 鉄管圧力計		○		6 個	目盛：0-2000 feet
6) エキサイタ側ノズル配管の圧力計		○		6 個	目盛：0-2000 feet
7) 反エキサイタ側ノズル配管の圧力計		○		6 個	目盛：0-2000 feet
8) シーケンス表示ランプ		○		6 組	合計 16 ランプ/組
9) エキサイタ側ニードル位置指示計		○		6 個	目盛：0-10
10) 反エキサイタ側ニードル位置指示計		○		6 個	目盛：0-10
11) ガバナ油圧装置圧力計		○		6 個	目盛：0-700 lbs/inch ²
12) 回転計		○		6 個	目盛：0-800rpm
13) 電力計		○		6 個	目盛：0-40MW
14) 回転数レベル指示計		○		6 個	目盛：-15 - +10%
15) 主ニードルリミット指示計		○		6 組	目盛：0-100%

1-24 圧油タンクの油圧計（1~6 号機）

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 圧力計（1-3 号機用）		○		3 個	0-500 lbs/inch ²
2) 圧力計（4-6 号機用）		○		3 個	0-700 lbs/inch ²

1-25 所内用水車発電機

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
入口弁		○		1 台	φ 160mm スルース型入口弁一式取替、設計圧力：442 m, 21kg/cm ² 油圧及び手動式

1-26 ガバナ用アクチュエータモータ（1~6号機用）

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
アクチュエータモータ		○		2 個	仕様はメーカー選定

1-27 発電設備用試験機材

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 三相交流電源発生装置			○	1 個	励磁装置用試験装置
2) 直流電圧発生装置			○	1 個	励磁装置用試験装置
3) 絶縁変圧器			○	1 個	励磁装置用試験装置

表 3.2 - 5 概略仕様 (変電設備・水圧鉄管)

2-1 制御ケーブル (1~6 号機)

機材名	区分			数量	概略仕様	
	修理	取替	更新			
1) 600V CVV			○	1,200m	2.0mm ²	3-core
2) 同上			○	1,130m	3.5mm ²	2-core
3) 同上			○	47,680m	3.5mm ²	3-core
4) 同上			○	37,260m	3.5mm ²	4-core
5) 同上			○	4,430m	3.5mm ²	6-core
6) 同上			○	23,800m	3.5mm ²	7-core
7) 同上			○	1,540m	3.5mm ²	10-core
8) 同上			○	3,660m	3.5mm ²	12-core
9) 同上			○	1,730m	5.5mm ²	2-core
10) 同上			○	1,970m	5.5mm ²	3-core
11) 同上			○	5,850m	5.5mm ²	4-core
12) 同上			○	980m	8mm ²	3-core
13) 600V CV			○	750m	5.5mm ²	2-core
14) 同上			○	4,070m	5.5mm ²	3-core
15) 同上			○	380m	5.5mm ²	4-core
16) 同上			○	2,930m	8mm ²	3-core
17) 同上			○	1,200m	14mm ²	3-core
18) 同上			○	190m	100mm ²	3-core
19) 同上			○	280m	150mm ²	3-core
20) 同上			○	570m	325mm ²	1-core
21) 同上			○	150m	500mm ²	1-core
22) 600V IV			○	500m	3.5mm ²	
23) 同上			○	500m	5.5mm ²	
24) 同上			○	250m	8mm ²	
25) 同上			○	250m	14mm ²	
26) 同上			○	250m	22mm ²	
27) 同上			○	250m	38mm ²	

2-2 主要変圧器 (1~6 号機)

6 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 主要変圧器		○		18 台	1-6 号機 10,300kVA 単相変圧器 x 18
2) 冷却水配管		○		300 m	1-6 号機、バルブ含む
3) フローリレー		○		6 個	1-6 号機
4) 端末材、T 型スリーブ		○		36 個	1-6 号機
5) 11kV 母線接続用銅板		○		240 m	60mm x 10mm、1-6 号機

2-3 132kV 遮断器 (1~3,5~6 号機, 共通)

7 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
132kV 遮断器			○	7 台	定格電流 800A 定格遮断電流 25kA

2-4 132kV 断路器 (2号機)

1台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
132kV 断路器		○		1台	定格電流 800A

2-5 整流器

2台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
整流器		○		2台	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

2-6 所内排水ポンプ

2台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 排水ポンプセット (一台常用、一台予備、制御盤付)			○	2台 (制御盤:1面)	ポンプ:7.5HP, 0.5m ³ /min. 20m 電動機:5.5kW, AC400V 1440 rpm
2) 配管		○		23m	材質:SGP80A
3) 配管用フランジ		○		1組	材質:SS400
4) 接続ボルト・ナット		○		1組	ボルトサイズ:M12, 長さ:60mm
5) 制御盤		○		1面	水位検出器3個含む

2-7 ブースタ変圧器用給水ポンプ

2台分

機材名	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 ³ /min 12m 電動機:3P 3.7kW AC400V,1440rpm
2) 制御盤		○		1面	
3) ポンプ用配管		○		24m	SGP110A
4) 配管フランジ		○		12個	SS400、ボルト、ガスケット含む
5) ボルト、ナット		○		48個	M12、ボルト長さ 60mm

2-8 主要変圧器と発電機キュービクル間の 11kV 電力ケーブル (1~6号機)

6台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 11kV 電力ケーブル		○		1,500m	11kV CV 630mm ² 1-core
2) ケーブルヘッド、ケーブル端末材		○		72個	11kV CV ケーブル用
3) クリート		○		720個	11kV CV ケーブル用
4) クリート用基礎		○		120個	ケミカルアンカー、支持ボルト含む
5) ケーブル端末材		○		6組	母線、制御盤用

2-9 所内変圧器

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 所内変圧器		○		2台	変圧比 11kV/400V 500kVA 油入自冷式
2) 11kV 電力ケーブル		○		100m	11kV CV 50mm ² 3-core

3) ケーブルヘッド		○		4 組	11kV/400V 所内変圧器用
4) 600V 電力ケーブル		○		300 m	600V CV 500 mm ² 1-core
5) ケーブル端末材		○		4 組	11kV/400V 所内変圧器用
6) 所内変圧器		○		1 台	変圧比 11kV/11kV(±10%) 2000kVA 油入自冷式
7) 11kV 電力ケーブル		○		80 m	11kV CV 50mm ² 3-core
8) ケーブルヘッド		○		2 組	11kV/11kV 所内変圧器用
9) ケーブル端末材		○		2 組	11kV/11kV 所内変圧器用

2-10 発電機キュービクル (1~4 号機)

4 台分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) Incoming 盤		○		4 面	CT 2000:5A 4 個
2) House Service 盤		○		4 面	11kV 断路器 2 個
3) Outgoing 盤		○		4 面	11kV 断路器 1 個
4) Potential Transformer 盤		○		4 面	VT 用断路器 2 個
5) Surge Absorber 盤		○		4 面	Surge Absorber 用断路器 1 個

2-11 11kV 接続ケーブル

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 11kV ケーブル		○		200m	11kV CV ケーブル 3 x 120mm ²
2) 11kV ケーブルヘッド、 ケーブル端末材		○		18 組	11kV ケーブル用

2-12 230kV ブースタ変圧器

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
ブースタ変圧器		○		3 台	屋外型、単相、定格容量 33,333kVA

2-13 230 kV CVT

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
計器用変圧器		○		3 個	230kV/110V、200VA、class0.5

2-14 水圧鉄管ライナ(伸縮継手部シール材)

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 1-3 号機用 No.10 伸縮継手		○		1 組	鉄管径 φ 2.438m, シール径 φ 25mm
2) 1-3 号機用 No.11 伸縮継手		○		1 組	鉄管径 φ 2.438m, シール径 φ 25mm
3) 4-6 号機用 No.3 伸縮継手		○		1 組	鉄管径 φ 2.438m, シール径 φ 22mm
4) 5-6 号機用 No.9 伸縮継手		○		1 組	鉄管径 φ 1.828m, シール径 φ 22mm

2-15 土木メタル機材(鉄管バルブ用シール材)

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1-3 号機低圧水圧鉄管用バルブ		○		1 組	P 型ゴム(φ 22mm,t=15mm,w=71mm)

2-16 非常用電源供給システム

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) ディーゼル発電機			○	1 台	500kVA, 400V, 3phase 4wire, 50Hz 自動電圧周波数調整機能付、2 時間連続運 転可能
2) 電力ケーブル			○	160 m	600V, 500mm ² , 1-core
3) ケーブル端子			○	8 個	600V, 500mm ²

2-17 温度計測盤 (1~6 号機) / 132kV 送電線盤計器

1-3 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 固定子コイル温度計		○		9 個	固定子コイルサーチコイル用
2) 固定子コイル温度計盤		○		1 面	自立式
3) 制御ケーブル		○		980 m	CVV-S, 2mm ² , 3-core

4-6 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 固定子コイル温度計		○		9 個	固定子コイルサーチコイル用
2) 固定子コイル温度計盤		○		1 面	自立式
3) 制御ケーブル		○		910 m	CVV-S, 2mm ² , 3-core

4, 5, 6 号機分

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 温度計		○		18 個	スラスト軸受・冷却油用
2) 温度計測盤		○		3 面	自立式
3) 電源装置		○		3 個	温度計用電源装置
4) 制御ケーブル		○		615 m	600V、CVV-S、2mm ² 、3-core
5) 電源ケーブル		○		165 m	600V、CV、3.5mm ² 、2-core

132kV 送電線盤

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
132kV 送電線盤計器		○		6 個	アナログタイプ

2-18 11kV キュービクル

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) Incoming 盤		○		2 面	12kV VCB
2) Transformer Secondary 盤		○		1 面	12kV VCB
3) Outgoing 盤		○		5 面	12kV VCB
4) Potential Transformer 盤		○		1 面	VT 11,000/110V 3 個
5) 11kV ケーブル		○		300m	CV ケーブル、3 x 120mm ²
6) ケーブルヘッド、ケーブル 端末材		○		4 組	11kV ケーブル用

2-19 400V ロードセンター

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) Incoming 盤		○		4 面	屋内型、NFB 1 個
2) Outgoing 盤		○		12 面	屋内型、NFB 1 個

2-20 33kV キュービクル

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) Incoming 盤			○	1 面	VCB 1 個
2) Outgoing 盤			○	3 面	VCB 1 個

2-21 変電設備試験機材、保守工具

機材名	区分			数量	概略仕様
	修理	取替	更新		
1) 電圧計			○	1 個	0-300V
2) 電流計			○	1 個	0.15-30A
3) 位相計			○	1 個	300V
4) 相回転計			○	1 個	100-500V
5) 接地抵抗計			○	1 個	500VDC/10MΩ
6) 絶縁抵抗計			○	1 個	250/500/1000V
7) デジタルテスタ			○	1 個	0-600V,3k-3MΩ
8) 検電器			○	1 個	6kV
9) 検電器			○	1 個	15kV
10) リレー試験器			○	1 式	3 相
11) 一般用手工具類			○	1 個	
12) 圧着器			○	1 個	14~100sq
13) トルクレンチ			○	1 個	20~100Nm

3-2-3 概略設計図

本計画の概略設計図のリストを表 3.2-6 に示す。

表 3.2 - 6 概略設計図リスト

No.	Drawing No.	Title	図面名称
1	BLC-001	Single Line Diagram	主回路単線接続図
2	BLC-002	Power Station System Diagram	所内単線結線図
3	BLC-003	Plan of Baluchaung No.2 HPS	発電所発電機フロア平面図
4	BLC-004	Sectional View of Baluchaung No.2 HPS	発電所横断面図
5	BLC-005	Section of Baluchaung No.2 HPS	発電所縦断面図
6	BLC-006	Water and Air Piping System for Unit No.1- No.3	1-3号冷却水及び圧縮空気配管系統図
7	BLC-007	Water and Air Piping System for Unit No.4- No.6	4-6号冷却水及び圧縮空気配管系統図
8	BLC-008	Oil Piping System for Unit No.1- No.3	1-3号圧油配管系統図
9	BLC-009	Oil Piping System for Unit No.4- No.6	4-6号圧油配管系統図
10	BLC-010	Layout Drawing of Control Room	配電盤室平面図
11	BLC-011	Longitudinal Section of Switch Gear Room and Control Room	配電盤室 開閉器室断面図
12	BLC-012	Front View of Meter Panel, Sloping Panel and Vertical Panel for Unit No.1- No.3	1-3号機計器盤 制御デスク
13	BLC-013	Front View of Meter Panel, Sloping Panel and Vertical Panel for Unit No.4-No.6	4-6号機計器盤 制御デスク
14	BLC-014	Front View of Relay Panel for Unit No.1-No.6	1-6号機保護継電器盤
15	BLC-015	Front View of Automatic Control Panel for Unit No.1-No.6	1-6号機自動制御盤
16	BLC-016	Plan of House Service Transformer and 33kV Cubicle	屋外開閉所平面図
17	BLC-017	Plan of Outdoor Switchyard	所内変圧器周辺平面図

3-2-4 調達/施工計画

3-2-4-1 調達方針

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

- (1) 補修する機材の設計・製作にあたっては、既設設備の仕様、特性のほか、既設機材の材質、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。
- (2) この詳細データは、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。
- (3) 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場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。
- (4) 第三者メーカーが現場調査を実施できたとしても、現場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。
- (5) 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てないこと、補修対象外の部品で万一トラブルが生じた場合、修復に応じられないことがその理由である。
- (6) 原メーカーであれば、既設設備との整合性がとれ性能および信頼性を確保できる。

上記の方針により、本補修計画では随意契約（ロット1）と一般競争入札（ロット2）に分類し、機材の区分は表 3.2-7 および表 3.2-8 の通り計画する。分類の結果、ロット1は発電設備を対象機材とし、ロット2は変電設備および水圧鉄管を対象機材とする。

表 3.2-7 随意契約（ロット1：発電設備）

機材番号	機材名	発電機 No.	区分	業者契約方法選定理由
1-1	励磁装置	No.1~6	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協調が必要
1-2	ガバナ用圧油供給装置	No.1~6	取替	水車制御用の圧油供給装置の部分補修であり既設装置との設計協調が必要
1-3	オイルリフタ	No.4~6	取替	既設装置の部分補修
1-4	入口弁	No.1~3	更新 取替	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協調が必要
1-5	入口弁	No.4~6	取替	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協調が必要
1-6	入口弁制御盤	No.1~6	取替	入口弁との設計調整が必要
1-7	ニードルおよびノズル	No.1~6	取替	既設水車の部分補修
1-8	デフレクタ	No.1~6	取替	既設水車の部分補修
1-9	主軸水切り	No.5, B	取替	既設水車の部分補修
1-10	予備ランナ	No.1~6	取替	既設水車特性との設計協調が必要
1-11	発電機制御盤	No.1~6	取替	既設水車発電機との設計協調が必要
1-12	天井走行クレーン	共通	修理	既設装置の部分補修
1-13	潤滑油供給システム	No.1~6	取替	既設装置の部分補修
1-14	水車ランナ	No.1~2	取替	既設水車特性との設計協調が必要
1-15	水車ニードルシャフト	No.1~6	取替	既設水車発電機との設計協調が必要
1-16	水車用ジェットブレーキ	No.1~3 & 6	取替	既設水車の部分補修
1-17	発電機固定子巻線	No.1 & 4~6	取替	既設発電機の部分補修
1-18	発電機軸受	No.1~3 & 4~6	取替	既設発電機の部分補修
1-19	発電機冷却器	No.1~3 & 4~6	取替	既設発電機の部分補修
1-20	水車ガバナ用圧油供給装置	No.1~3	取替	水車制御用の圧油供給装置の部分補修であり既設装置との設計協調が必要
1-21	冷却水供給装置	No. 2	取替	水車発電機用の冷却水供給装置の部分補修であり既設装置との設計協調が必要
1-22	発電機用遠心スイッチ	No.1,4 & 5	取替	既設発電機特性との設計協調が必要
1-23	ガバナ盤の計器・表示器	No.1~6	取替	既設装置の部分補修
1-24	圧油タンクの油圧計	No.1~6	取替	既設装置の部分補修
1-25	所内用水車発電機	共通	取替	既設水車発電機の部分補修
1-26	ガバナ用アクチュエータモータ	No.1~6	取替	既設装置の部分補修
1-27	発電設備用試験機材	共通	更新	励磁装置据付後に行う機能確認の用に供する試験機材であり、励磁装置本体との協調が必要

表 3.2-8 一般競争入札（ロット2：変電設備・水圧鉄管）

機材番号	機材名	発電機 No.	区分	業者契約方法選定理由
2-1	制御ケーブル	No.1~6 共通	更新	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-2	主要変圧器	No.1~6	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-3	132kV 遮断器	No.1~3&5~6 共通	更新	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-4	132kV 断路器	No.2	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-5	整流器	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-6	所内排水ポンプ	共通	更新 取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-7	ブースタ変圧器用 給水ポンプ	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-8	主要変圧器と発電機キュー ビクル間の 11 k V 電力ケー ブル	No.1~6	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-9	所内変圧器	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-10	発電機キュービクル	No.1~4	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-11	11kV 接続ケーブル	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-12	230kV ブースタ変圧器	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-13	230 kV CVT	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-14	水圧鉄管ライナ (伸縮継手部シール材)	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-15	土木メタル機材 (鉄管バルブ用シール材)	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-16	非常用電源供給システム	共通	更新	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-17	温度計測盤/送電線盤計器	No.1~6 共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-18	11kV キュービクル	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-19	400V ロードセンター	共通	取替	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-20	33kV キュービクル	共通	更新	設計仕様により複数のメーカーから調達可能
2-21	変電設備用試験機材、 保守工具	共通	更新	設計仕様により複数のメーカーから調達可能

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号機のほぼ全範囲に及んでいる。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、各機材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 HPGE が担当する。補修機材の据付工事ならびに現場試験は HPGE の要員にて実施される。また、補修期間中の水車発電機の運転・停止、撤去品の処理および基礎工事はミャンマー国側負担で実施されるものとする。

(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) 入札業務補助および入札評価
- (b) 契約交渉
- (c) 機材図面および書類の審査および承認
- (d) 船積み前の工場検査立会い
- (e) 検査・試験証明書の発行
- (f) 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) 現場作業の安全管理
- (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) 機材調達業者

機材調達業者は、コンサルタント作成の仕様書に従って、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、現場の据付工事および試験を指導し、各機材の補修状況および補修後の性能を検証する。また、一連の補修工事および現場試験の期間中にミャンマー国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機材調達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。

機材調達業者から次の分野の技術者を派遣する。

(a) 据付指導員：

- 発電設備（ロット1）・総合据付指導員
 - ・水車据付指導員
 - ・入口弁据付指導員
 - ・水車補機据付指導員
 - ・発電機据付指導員
 - ・発電機固定子コイル据付指導員
 - ・発電機固定子コア据付指導員
 - ・発電機回転子コア据付指導員
 - ・発電機回転子巻き線据付指導員
 - ・クレーン据付指導員

変電設備・水圧鉄管（ロット2）：

- ・制御ケーブル据付指導員
- ・変器据付指導員
- ・変電機材据付指導員
- ・変電機材（所内）据付指導員

(b) 調整・試運転指導員：

- 発電設備（ロット1）・水車調整試験員
 - ・発電機調整試験員
 - ・励磁装置調整試験員
 - ・自動制御盤調整試験員（2名）
 - ・発電機制御盤調整試験員（2名）

変電設備・水圧鉄管（ロット2）：機材の調整・試運転は、据付指導員が併せて行うため調整・試運転指導員は配置しない。

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、情報収集および情報交換が不可欠であり通信手段の確立が必要となる。

発電所には国際通信の送受信が可能な固定国際通信回線が設置されている。また、発電所周辺は現地携帯電話にて国際通話が可能である。一方で、インターネット通信は、発電所から衛星回線を使用した通信が可能であるが、天候の影響を受けやすく信頼性に問題がある。従い、実施期間中は固定国際通信回線を利用したファクシミリ機を設置して、ミャンマー国内を含め日本国からの連絡手段を確立させる必要がある。

(2) 安全作業

補修工事は、重量物の移動、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、安全確保が重要である。作業前には、必ず作業手順を確認し、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、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

補修工事は、水車発電機の停止期間内に実施される。工事が円滑に実施できるように、水車発電機停止に先立って、コンサルタント、機材納入業者および作業者が相互に機材の搬入ルート、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

補修工事期間中も、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たさないように施工計画を策定する。

(5) 各種工事の協調

補修工事の対象は、一部を除いて狭い発電所内に集中しており、工事期間中は撤去、据付、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を開催する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) 補修に伴う水車発電機の停止計画

補修工事にあたっては、以下の事情を考慮して停止計画を策定する必要がある。

- (a) 補修工事は、雨季にあたり比較的電力系統への影響が少ない7月から翌年2月までの8ヶ月間に実施する。
- (b) バルーチャン第二発電所の下流に建設が行われているバルーチャン第三発電所(26MWx2台)は、2013年12月に完成予定である。第三発電所への水供給は第2発電所の発電放流水を通して行われるため、第三発電所への影響を最小限にする運転のため停止は1台のみとする。
- (c) 1台あたりの補修に要する停止期間は約2.5ヶ月と計画される。6台の補修には計16ヶ月の停止が必要となる。可能連続停止期間が8ヶ月であるため、補修工事は3台毎に区切り2年次に分けて実施する。
- (d) 水車発電機の停止は、閉止板を鉄管端部に取付ける、または、入口弁上流側金属シールを閉止状態に固定し閉止板の役割を担わせることで対応する。
- (e) 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台分の閉止板取付けには3台を同時停止して鉄管内の水を抜く必要があるが、その期間は約3~5日と計画される。
- (f) 400Vロードセンター、所内変圧器、11kVキュービクルの補修には、発電所の共通設備であるため6台の水車発電機の停止が必要となる。停止期間を短くする施工手順の検討が必要である。
- (g) 33kVキュービクルの補修期間中、33kV送電線による電力供給が停止することになる。33kV送電線は周辺地域へ電力を送っているため、停止期間を短くする施工手順の検討が必要である。

3-2-4-4 環境管理・モニタリング計画

(1) 環境管理計画

本補修事業では廃棄物と土壌汚染について負の影響が想定される。バルーチャン第二水力発電所はこれらの影響を緩和するために、環境管理計画を実施する責任を持つ。

(1-1) 有害廃棄物の管理

a) PCB 廃棄物の管理

ミャンマーにおいては、PCB 廃棄物の処理システムが確立されていない。そのため、環境と人体への影響を避けるため、バルーチャン第二水力発電所はそれらすべての PCB 廃棄物を適切に保管することとする。図 3.2-1 に PCB 廃棄物の管理の全体フローをまとめた。これらの作業においては、絶縁油を含む機材の構造やその解体方法に熟知した作業員を配置することが必要である。

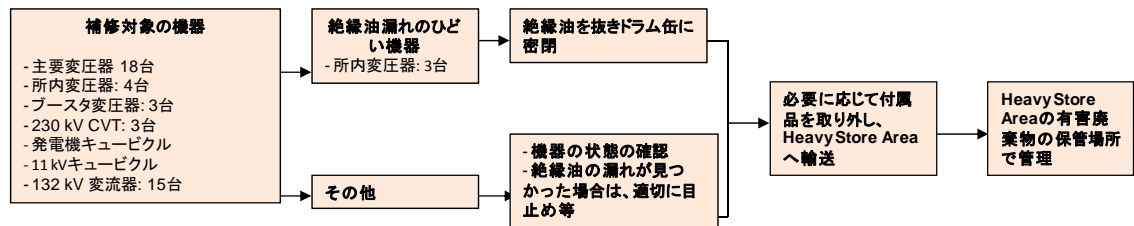


図 3.2-1 PCB 廃棄物の管理フロー

現在、3 台の所内変圧器からの絶縁油漏れが深刻である。さらなる汚染を防ぐために、まずこれらから絶縁油を抜いてドラム缶に移す。絶縁油の総量は 920 liter（ドラム缶 46 本相当）である。その後、変圧器本体は必要に応じて付属品を取り外し、ドラム缶と共に Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所へ移し管理する。油抜きの際に配慮すべき環境と安全対策を表 3.2-9 にまとめた。

表 3.2-9 PCB 廃棄物の油抜きの際に配慮すべき環境と安全対策

作業	対策
油抜き	<ul style="list-style-type: none"> - 抜油ユニットの下には原則としてオイルパンを設置 - 抜油装置と変圧器の排油弁及び抜油ドラム缶との接続箇所から PCB の漏洩や飛散しないよう作業前に接続状態を確認する。 - 作業従事者は、手袋、作業服を着用 - 作業に伴う二次汚染物の発生が最小限となるよう計画することとし、発生した二次汚染物は専用の保管容器に収納し、Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所で管理 - 万一 PCB が漏れた場合は直ちにウエス等で拭き取り、使用したウエス等は保管容器に速やかに収納し、Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所で管理

現時点で、その他の PCB を含む機材は絶縁油の漏れは深刻ではない。だが、補修工事の開始時にはこれらの機材の状況を改めて精査し、漏れが見つかった際には、目止め等を適切に行う。表 3.2-10 に油漏れを見つけるために重点的に確認すべき点をまとめた。その後、必要に応じて付属品と取り外し、Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所へ移し管理する。

表 3.2-10 PCB 廃棄物からの油漏れを確認するポイント

機器	確認ポイント
変圧器や蓄電器などの PCB を含む機器	<ul style="list-style-type: none"> - ブッシング取付けの付け根 - 放熱板の溶接部 - 本体と取付け板の接合部 - 温度計、バルブ等の突出部

表 3.2-11 には付属品の取り外しと輸送の際に配慮すべき対策をまとめた。

表 3.2-11 PCB 廃棄物の付属品の取り外しと輸送に配慮すべき環境と安全対策

作業	対策
付属品の取り外し	<ul style="list-style-type: none"> - オイルパンの使用を除いて基本的に抜油作業と同様 - 液体 PCB 汚染物の取外しの際には、万一の液だれに備えて、液を受けるための容器等を設置 - 液だれ防止には、抜油後時間を置いて付属品内部のPCB を十分液切りすることが有効。そのため、抜油終了後、ある時間（1日程度）の時間を置き、付属品の取り外しを始める
輸送	<ul style="list-style-type: none"> - 運搬時とその前後を含め、廃PCB等の漏洩の有無を点検し、必要な漏洩防止措置（目止材による補修、適切な運搬容器への収納、補強材や緩衝材による保護及び包装等）を取る - PCB廃棄物の飛散や流出を防ぐため、適切な荷役設備と車両を使う。特に以下の点に留意する <ul style="list-style-type: none"> ✓ オイル容器に異常はないか ✓ 荷役設備と車両に異常はないか ✓ PCB 廃棄物の締め付けは十分か ✓ PCB 廃棄物の積付け位置は適切か - 運搬容器及び車両に「PCB」と表示

バルーチャン第二水力発電所は、Heavy Storage Area（発電所から西の方向に約 2.5 km）と Main Storage Area（同じく約 3.0 km）、2 つの保管場所を所有している。Heavy Storage Area の広さは約 29,300 m² であり、エリア内には 4 つの倉庫がある。Heavy Storage Area では、ランナや遮断機等の大型機器やパーツを保管している。一方、Main Storage Area の広さは 101,000 m² であり、計 15 個の倉庫がある。ここでは主に小型のパーツや機器を保管している。

本補修事業では、Heavy Storage Area にある 4 つの倉庫のうち、いくつかを廃棄物の専用の保管場所とする。4 つの倉庫の床面積は合計 584 m² である。PCB 廃棄物と PCB を含む絶縁油を移した 46 本のドラム缶、全てを収容できる見込みである。表 3.2-12 には、PCB 廃棄物を保管する倉庫として必要な改修と保管のルールをまとめた。

表 3.2-12 PCB 廃棄物の保管方法

項目	提案
Heavy Storage Areaにある倉庫の改修	<ul style="list-style-type: none"> - 一部の倉庫の床の傷みを補修する - 天井や壁が傷んでいる個所を補修する
保管のルール	<ul style="list-style-type: none"> - 有害廃棄物の管理者を任命する - 有害廃棄物のみを保管する。他の廃棄物を混合して保管しない - PCB を含んだ絶縁油が揮発しないよう、容器を適切に密閉する - 必要に応じてチェーン等の器具を使い、転倒を防ぐ - 倉庫にプレートを掲げ、有害廃棄物の保管場所と明記する - 保管機器のリストを作り、6カ月に1回それらの状況をモニタリングし記録する

b) アスベスト廃棄物の管理

アスベストを含んだ廃棄物は、発電機固定子巻線と水圧鉄管ライナの補修作業で発生する可能性がある。補修作業と保管時には表 3.2-13 にまとめた環境と安全対策を講じることが望ましい。

表 3.2-13 アスベスト廃棄物の管理における環境と安全対策

作業	機材名	対策
補修	発電機固定子巻線	- 固定子巻線と回転子コイルを扱う際は手袋を使用
	水圧鉄管ライナ	- グリスコットンパッキンを扱う際は手袋を使用

保管	発電機固定子巻線	<ul style="list-style-type: none"> - 固定子巻線/回転子コイルはビニール梱包する - Heavy Storage Areaの有害廃棄物の保管場所で管理する - 梱包には名札を掲げ、アスベスト廃棄物を保管していることを明示する
	水圧鉄管ライナ	<ul style="list-style-type: none"> - グリスコットンパッキンはビニール梱包する - Heavy Storage Areaの有害廃棄物の保管場所で管理する - 梱包には名札を掲げ、アスベスト廃棄物を保管していることを明示する

(1-2) その他の産業廃棄物の管理

ミャンマーにおいては、まだ明確なリサイクルや廃棄物処理システムが確立されていない。そのため、バルーチャン第二水力発電所構内に産業廃棄物を保管することとし、周辺環境への無秩序な投棄を防ぐ必要がある。

現在、スペアパーツや取り換えたパーツ等は発電所内の保管部屋/倉庫、Main Storage Areaに保管されている。そこで、本補修作業で発生するパーツや部材等の廃棄物も、基本的にこれらの場所で保管することとする。一方、大量に廃棄されると考えられるケーブル等に関しては、十分な保管スペースが確保できない可能性もある。そのため、これら大型の廃棄物は Heavy Storage Areaに有害廃棄物と分けて保管することとする。表3.2-14に産業廃棄物の保管場所をまとめた。

表 3.2-14 その他の産業廃棄物の保管計画

保管場所	機材名	廃棄物の種類
発電所内保管部屋/倉庫 または Main Storage Area	励磁装置	プラスチックや金属で構成される部品
	ガバナ用圧油供給装置	廃油、金属製ポンプ
	オイルリフタ	プラスチック材や金属材で構成される盤
	入口弁	金属製パーツ
	入口弁金属シール	金属製パーツ
	入口弁制御盤	金属材で構成される盤
	ニードル及びノズル	金属製パーツ
	デフレクタ	金属製パーツ
	発電機制御盤	プラスチック材や金属材で構成される盤
	132 kV遮断器	陶器製や金属製のパーツ
	132 kV断路器	銅製プレート
	遮断器用空気圧縮装置	金属製ポンプ・モータ、銅管、金属タンク
	整流器、蓄電池	プラスチック材や金属材で構成される盤
	天井走行クレーン	金属製パーツ
	所内排水ポンプ	金属製ポンプ・モータ
	ブースタ変圧器用給水ポンプ	金属製ポンプ・モータ
	潤滑油供給システム	金属製ポンプ・モータ、廃油
	水車ニードルシャフト	皮製パッキンとパッキンを挿入する金属製の筒状パーツ
	水車用ジェットブレーキ	金属製パーツ
	発電機冷却器	金属製パーツ
	発電機用断路器	プラスチックや金属で構成されるキュービクル
	水車ガバナ用圧油供給装置	金属製ポンプ
	冷却水供給装置	金属製ポンプ
	発電機用遠心スイッチ	金属製パーツ
	ガバナ盤の計器・表示器	プラスチック材やガラス材と金属材で構成される表示機器
	圧油タンクの油圧計	金属材とガラス材で構成されるケース形状のパーツ
	400 Vロードセンター	プラスチックや金属で構成されるキュービクル

	33 kVキュービクル	金属製CTや他のパーツを含む、金属製キュービクル
	所内用水車発電機	金属製のプレートパーツ
	励磁装置	プラスチックや金属で構成されるパーツ
Heavy Storage Area	制御ケーブル	ケーブル
	主要変圧器と発電機キュービクル間の11 kV電力ケーブル	ケーブル
	水車ランナ	金属製ランナ
	11 kV接続ケーブル	ケーブル
	水圧鉄管	コンクリート片

(1-3) 土壌汚染

環境のさらなる汚染と人体への影響を防ぐため、PCB を含んだ絶縁油が浸み込んだ所内変圧器周辺のコンクリートと敷石を取り除き、新たにコンクリートを敷き直す。汚染コンクリートと敷石はドラム缶に密閉した後、Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所で保管する。汚染コンクリートと敷石の量はおよそ 24 m³ で、ドラム缶 10 本分程度になる見込みである。本作業に関わる作業員は手袋や作業服を着用し、PCB による二次汚染を最小限に抑えるよう配慮する必要がある。

(2) 環境モニタリング計画

本補修事業の終了後は、有害廃棄物の適切な保管が非常に重要になる。有害廃棄物の管理責任者を中心に、パルーチャン第二水力発電所はその保管状況をモニタリングする必要がある。表 3.2-15 に有害廃棄物の保管状況のモニタリング計画をまとめた。

表 3.2-15 有害廃棄物の保管状況のモニタリング計画

場所	責任	モニタリング項目	頻度
Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所	有害廃棄物の管理責任者とパルーチャン第二水力発電所	<ul style="list-style-type: none"> - PCB 廃棄物からの絶縁油の漏れ状況 - 倉庫の状況 (床、壁や天井の状況) - 雨水等の侵入の有無 - 容器の状況 (PCB 廃棄物の状態、アスベスト廃棄物の状態) - 倉庫や容器に付けている表示板の状態 	<ul style="list-style-type: none"> - 6ヶ月に一度 - モニタリング結果は台帳に記録

(3) その他の PCB を含む機材の管理

パルーチャン第二水力発電所には、補修対象となっている機材以外にも PCB を含んでいるものや PCB に汚染された機材等がある。表 3.2-16 にそれらの一覧と管理方法をまとめた。環境汚染や人体へのリスクを減らすためにも、パルーチャン第二水力発電所はそれらを適切に管理する必要がある。

本補修事業の後も、パルーチャン第二水力発電所はいくつかの変圧器や北部送電線用の変流器等を使い続ける。これらの絶縁油には PCB が含まれていると考えられる。現時点で油漏れは見られないが、これらの機器のモニタリングやメンテナンスを定期的に行う必要がある。

現在、発電所内には PCB を含んだ絶縁油がタンクとドラム缶に保管されている。また、発電所では稼働中の変圧器の絶縁油の洗浄のために洗浄機を使っており、この洗浄機自体も PCB に汚染されている。これ以上の環境汚染や人との接触を避けるためにも、絶縁油と洗浄機の使用は中止すべきである。使用を中止した後、これらは Heavy Storage Area の有害廃棄物の保管場所で管理するのが望ましい。

表 3.2-16 補修対象以外の PCB を含む機材

No.	カテゴリ	機材名	PCBを含む絶縁油の量 (liter)	備考	管理方法
1	機材	230kV ブースタ変圧器(No.1 バンク)	10,400 x 3台 =31,200	製造年から PCB 絶縁油は使用されていない。しかし、過去の浄油作業で汚染された可能性がある。	これらの機器は補修対象ではなく、本プロジェクトの後も使用を続ける。発電所では、機器のコンディションについての定期的なモニタリングと確認、維持管理を行う
2		230kV ブースタ変圧器 (スペア)	10,400 x 1台 =10,400	同上	
3		北部ライン用変流器	420 x 1 台 =420	-	
4		バルーチャン第三水力発電所工事用の変圧器	2,750 x 1 台 =2,750	-	
5	PCB を含む絶縁油	スイッチヤードにある保管用タンク内の絶縁油	2,050	-	PCB を含んだ絶縁油の使用を止める。現在のタンクとドラム缶は Heavy Storage Area へ移し、有害廃棄物の保管場所で管理
6		スイッチヤードにある倉庫内のドラム缶に保管されている絶縁油	800	ドラム缶4本	
7	PCB に汚染された機材	絶縁油の洗浄機	-	-	洗浄機の使用を止める。Heavy Storage Area へ移し、有害廃棄物の保管場所で管理
8		故障している 230 kV ブースタ変圧器	-	絶縁油は除去済	絶縁油は除去されている。現状のままスイッチヤードで保管

3-2-4-5 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、円滑に業務実施を行う。

(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に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) 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。

(b) 安全管理

i) 作業前には充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) 機材の搬入・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) 入札関連業務担当者 (1名)

資機材の業者入札公示、入札立会、入札評価、契約交渉および契約立会業務を行う。入札関連業務は、業務主任を主として電気設備担当者1名を配置して実施する。

(c) 図面審査および工場試験担当者 (5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3名、機械担当者1名、水圧鉄管担当者1名の計5名で対応する。

(d) 工事監理担当者 (4名)

常駐調達監理技術者1名が、補修工事着手より完了までの工程管理、品質管理および安全管理を担当する。さらに業務に必要な専門性から、調達監理技術者として発電設備担当者1名、機械設備担当者1名、保護・制御担当者1名の計3名を配置する。

(e) ソフトコンポーネント担当者 (3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、水圧鉄管担当者1名の計3名を配置する。

3-2-4-6 機材調達計画

(1) 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、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。従って本計画に調達する機材は全て日本より調達するものとする。

(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

本計画で調達した機材は、すべて瑕疵保証を要求するものとする。補修対象外の機材であっても、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、一式更新した機材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。

3-2-4-7 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネントの目標

発電所の運転維持管理は、運転部および維持管理部に所属している職員によって行われているが、現状の運転維持管理体制において、以下の問題点が挙げられる。

- a) 運転保守に関する技術的知識は、代々先輩から指導を受けて引き継がれているもので、運転保守マニュアルなど確固たる書類が整備されていない。
- b) 機材図面及び取扱説明書は複数の倉庫に保管してあるが、系統立てて保管されておらず、ランダムに棚に並べてある状態にある。
- c) 予備品及び補修工具の台帳はあるものの、全く更新されておらず、数量や保管状態などが把握されていない。

本事業により、機材が新たに取替または更新されるが、事業効果を継続させるためには、機材に対する正しい知識を習得して、図面、取扱説明書、運転保守マニュアルに従った維持管理を実施していくことが求められる。

本ソフトコンポーネントは、発電所職員の運転維持管理能力を向上させることにより、バルーチャン第二水力発電所の長期運転が可能となり本補修効果が継続維持されることを目的として、運転保守技術及び維持管理技術の習得を目標とする。

(2) 活動内容

2012年現在のバルーチャン第二水力発電所職員の総数は159名で、内運転維持管理に

当たっている職員は 127 名である。本ソフトコンポーネントは、現在、配置されている運転維持管理職員を対象として実施するが、想定している対象者は以下である。

電気関連要員：5 名程度

機械関連要員：5 名程度

土木関連要員：5 名程度

合計 15 名程度

上記の職員を対象として、以下の活動を実施する。

a) 運転保守技術の習得

運転保守を行う上で必要となる基礎的な技術知識の移転及び現場での実地研修を中心に、以下の技術移転活動を実施する。

- ・ 電力系統における役割と機能
- ・ 発電設備（水車・発電機・補機・保護制御など）の基礎知識
- ・ 変電設備（変圧器、遮断器など）の基礎知識
- ・ 土木設備（水圧鉄管など）の基礎知識
- ・ 起動停止の操作手順と確認事項
- ・ 事故時の対応と復旧手順

b) 維持管理技術の習得

維持管理を行う上で必要となる基礎的な技術知識の移転及び現場での研修を中心に、以下の技術移転活動を実施する。

- ・ 点検の種別（定期点検と精密点検）と点検項目、点検スケジュール
- ・ 運転及び事故記録シートの管理方法
- ・ 予備品及び交換部品の台帳管理方法
- ・ 設計図面及び取扱説明書の管理方法

本事業で納入される機材に対しては、個別に機材納入業者が操作、点検に係る指導を行うことになっている。本ソフトコンポーネントでは、発電所全体としての機能を維持させるという観点から、発電所運用に必要な基礎知識を習得させると共に、発電所全体の設備に対して総括的にまとめた運転維持管理マニュアルを作成して維持管理技術を習得させるものとする。そのため、個別の機材納入業者の指導内容を十分把握したうえで、整合性を図りながら指導を行う。

(3) 投入計画

ソフトコンポーネントの実施にあたり、水車関連の機械技術者、発電機・制御関連の電気技術者及び水圧鉄管の機械技術者の 3 名を指導技術者として投入する。

補修工事は、6 台の水車発電機を対象として 1 台ずつ実施した後、運転が再開される。従い、ソフトコンポーネントの実施時期は、補修後の運転保守が速やかに行えるように、初年度の最初の号機の補修工事が完了するまでに技術指導を終了させる。また、本補修

で更新される励磁装置、入口弁、保護継電器など旧仕様とは異なる新しい仕様で納入される機材があるため、その運転維持管理を確実に発電所職員が習得するように、次年度の補修期間中に実施状況のモニタリングを行い、その効果を評価するとともに、必要に応じ改善を指導する。

3-2-4-8 実施工程

本補修計画の業務実施工程は、表 3.2-17 に示す様に 3 年度に亘る約 34.5 ヶ月を計画している。

(1) 25 年度：実施設計

目的： 機材調達業者入札および入札評価
全体工期： 2.5 ヶ月

(2) 25 年度~27 年度：機材調達・施工

目的： 1~6 号機発電設備の機能回復
主要補修範囲： (a) 水車ランナの取替
(b) 水車ニードルチップ・ノズルチップ・デフレクター取替
(c) 入口弁の更新
(d) 発電機固定子コイルの巻替、固定子鉄心の積替
(e) 励磁装置の更新
(f) 発電機制御盤の更新
(g) 制御ケーブルの取替
(h) 主要変圧器・遮断器・断路器の取替

全体工期： 32 ヶ月

調達方式： (a) 随意契約
(b) 一般競争入札

発電機停止： 雨季および涼季にあたり電力需要が下がる 7 月から翌年 2 月の 8 ヶ月に発電機を停止して補修工事を行う。

ソフトコンポーネント：新規に導入された機材の運転保守指導を行う。

表3.2-17 業務実施工程表

月数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
工事 内容 (257頁)	補修号機	▼																																		
	コンサルタント契約	□																																		
機材置・部 材置 (327頁)	入札	□																																		
	入札評価	□																																		
	業者契約	□																																		
	天井クレーン	□																																		
	発電機固定子巻線/固定子コイル その他の発電機関連機材	□																																		
	発電機巻線(1号機)	□																																		
	励磁装置	□																																		
	制御盤	□																																		
	入口弁	□																																		
	その他の水車関連機材	□																																		
細目工事 機材置・部 材置	水車ランナー-2A & 2B	□																																		
	水車ランナー-1B	□																																		
	予備ランナー	□																																		
	主変圧器	□																																		
	変電設備	□																																		
	230kVブースタ変圧器	□																																		
	その他共通設備	□																																		
	水圧鉄管ライナー	□																																		
	ソフトコンポーネント	□																																		

□ 設計、製作、工場試験

□ 輸送

■ 据付工事

3-3. 相手国側分担事業の概要

本計画の補修工事のうち、次の作業は、ミャンマー国側の負担事業とする。

- (1) 現地作業
 - (a) 補修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) HPGE による全ての補修資機材の据付工事および現場試験
 - (e) 機材の発電所～納入保管場所間の輸送
- (2) 撤去資機材の処分および保管
補修に伴って発生する撤去品の処分および保管は、ミャンマー国側の負担事項とする。
- (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、ミャンマー国側の負担事項とする。
- (4) 屋内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発電所建屋内および屋外変電所に必要となるケーブルダクトの新設と改造、および必要なモルタルセメントの供給は、ミャンマー国側の負担事項とする。
- (5) 屋外変電機材の基礎工事
新規に据付けられる変電機材の基礎工事は、ミャンマー国側の負担事項とする。
- (6) 撤去した変圧器の保管用仮基礎
撤去した変圧器を保管する場合、保管用の仮基礎が必要となる場合、仮基礎工事は、ミャンマー国側の負担事項とする。

また、本補修工事の円滑な実行のために、次の役務はミャンマー側の負担とする。

- (7) 本補修工事・業務に必要な予算措置
- (8) 銀行取り決め手続きおよびその経費の手当て
- (9) 輸入資機材の免税措置
- (10) 日本側補修工事関係者に対する事務所および宿泊施設の提供
- (11) 日本側補修工事関係者のビザの取得および延長手続きの支援
- (12) 日本側補修工事関係者に対する免税措置

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

バルーチャン第二水力発電所は、運転開始以来 52 年間に亘り実施機関である HPGE により、運転維持管理が行われてきた。資金不足、パーツ不足のなか自主努力により設備の機能は保持され、ミャンマー国の電力供給の柱として運用されてきた。運転保守の経験を有する十分な数の運転維持管理職員を有しているが、現状の維持管理体制は満足とは言えない。発電所の長期運転を可能とし、本補修効果を継続維持するためには、以下の運転維持管理能力を向上させる指導が必要である。

(1) 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を定期的実施するよう指導する。

(b) 精密点検

バルーチャン第二水力発電所は、これまで停止をとることが困難であったため、性能の回復を目的とした精密点検は実施されてこなかった。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指導する。

(2) 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。

(3) 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 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、HPGEの管轄の下、発電所が独自に実施しており運営・維持管理を行う体制は整えられている。過去2年間の収支を表3.5-1に示すが、運営・維持管理費は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もので、設備に対する知識ならびに分解・点検する技術力が、さらに強化されることが期待される。

一方、保守用工具・計測機材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・計測機材を補充し定期点検ならびに修理に対応できるよう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 3.5-1 バルーチャン第二水力発電所の収支 (百万チャット)

	2010/2011	2011/2012
発電収入	12,255	17,997
その他	215	293
収入計	12,470	18,290
人件費	118	129
機材保守費	67	315
治安対策	466	480
消耗品	100	61
その他	71	906
税金	1,225	1,799
支出計	2,047	2,846
収益	10,423	15,443

(2) 交換部品

本計画では、発電設備の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（水車ランナおよびニードル・ノズルチップなど）を納入する。

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精密点検には、機材の分解組立に際し取替えが必要となる部品やパッキン類など、表3.5-2に示す交換部品が必要となる。

表 3.5-2 分解点検時に新規購入が必要な交換部品 (6台分) (百万円)

交換部品	概算予算
1. 入口弁 (パッキン類)	3
2. 水車 (ニードルノズル、デフレクターなど)	85
3. 発電機 (パッキン類、オイルクーラー、計器類)	74
4. 変圧器、遮断器	6
合計	168

第4章 プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

本事業実施のための前提条件を以下に示す。

(1) 補修工事に伴う水車発電機の停止

本事業の補修工事は、水車発電機を停止して行われるため、電力供給への影響を最小とするように補修時期を策定している。本事業を実施するためには、水車発電機の停止を確実に実行することが不可欠となる。電力需要の増加が予想されるなか、実施中の水力発電所の建設およびガスタービン火力発電所を含む既設老朽化設備の補修により電力供給力の増強が図られ、補修工事期間中の電力供給力低下を補完するための電源が確保される必要がある。

(2) 本事業に必要な予算措置・免税措置

ミャンマー側の負担事項として、銀行取り決め手続き、現地保管場所と発電所間の機材搬送に必要な輸送手段の確保および基礎工事などの土木工事が含まれる。これらに必要な予算措置を確実に行う必要がある。また、本事業に係る輸入機材の免税措置を実施する必要がある。

4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方負担事項

プロジェクト全体計画達成のために、以下のミャンマー国側の負担事項が適切なタイミングで確実に実施されることが必要である。

- (1) 日本側補修工事関係者に対する現地立入許可
- (2) 日本側補修工事関係者に対する事務所および宿泊施設の提供
- (3) 日本側補修工事関係者のビザの取得および延長手続きの支援

また、特に環境保全上重要となる PCB 含を含む絶縁油の処置および保管は、以下の方針で確実に実施する必要がある。

- (1) PCB が含まれている変圧器類の絶縁油の総量は 112,100 リットルと試算されるが、特に油漏れが著しい所内変圧器の絶縁油はドラム缶(46 本相当)に移して保管する。また、主要変圧器は、既存の変圧器タンクに密封したまま、バルーチャン第二水力発電所近隣に位置する Heavy Storage Area に保管する。
- (2) 発電機固定子巻線にはアスベストを含む廃棄物が発生する懸念がある。アスベストが飛散する可能性は低いですが、不必要な飛散を避けるためパーツの分解や細分化を最小限とし、アスベスト廃棄物は密封して、Heavy Storage Area の保管場所で管理する。

本プロジェクトの効果を持続し、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。ミャンマー側は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項目である。

- (1) 必要維持管理予算の確保
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 プロジェクトの評価

4-3-1 妥当性

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ミャンマー国最大の電力消費地であるヤンゴン市およびバルーチャン第二水力発電所近隣地域カヤ州のロイコー、ローピタ地域およびシャン州のモビエ地域である。裨益人口は、ヤンゴン市 630 万人、カヤ州 35 万人の計 665 万人に及ぶと想定される。ヤンゴン市への電力供給においては、ヤンゴン市の電力需要約 600MW の約 26%の電力を供給している。また、近隣地域(電力需要 8MW)の村落電化に大きく寄与している。
- (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、ヤンゴン市および周辺地域の住民の生活改善に大きく寄与するものである。
- (3) バルーチャン第二水力発電所は過去 52 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。
- (4) 電力セクターの中長期的な重要課題となっているベースロードとしての水力発電量の確保を実現するためには、既設水力発電所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、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。

4-3-2 有効性

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発電設備、変電設備・水圧鉄管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効果と現状改善の程度を表 4.3-1 に示す。また、期待される定量的効果を表 4.3-2 に示す。

表 4.3-1 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
<p>1.バルーチャン第二水力発電所の機器は運転開始後 52 年(1~3 号機) および 38 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。</p>	<p>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発電設備、変電機器、水圧鉄管の補修および更新を実施し、原形復旧および機能回復を図る。</p>	<p>発電設備、変電設備および水圧鉄管の電氣的、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。</p>
<p>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約 10% を占める最重要発電所であり、主要都市であるヤンゴン市および発電所周辺地域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。</p>		<p>発電設備、変電設備および水圧鉄管の機能回復および延命化により、今後の長期連続運転が可能となり、国民生活の改善に寄与する。</p>
<p>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。また、下流にはバルーチャン第三水力発電所が建設中であり第二水力発電所の放流水により発電が可能となる。第二水力発電所の事故が、第一および第三水力発電所の運転に支障を来す。</p>		<p>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、バルーチャン水系のバルーチャン第一水力発電所および第三水力発電所の安定継続運転に寄与する。</p>
<p>4.発電所に保管されている図書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。</p>	<p>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を行う。</p>	<p>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。</p>
<p>5.バルーチャン第二水力発電所は発電を最優先としている。機能回復を目的とした精密点検が実施されていないため発電所技術者の点検技術が未熟である</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>
<p>6.予備品および補修工具の補充および保管が適正に行われていない。</p>	<p>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を行う。</p>	<p>設備トラブル時に迅速な復旧対応が可能になる。</p>

表 4.3-2 計画実施による定量的効果

指標名	基準値 (2011 年実績値)	目標値 2019 年 (事業完成 3 年後)
年間計画外停止回数 (1 台当たり)	15 回	3 回
最大出力 (1 号機)	24MW	28MW

注：1 号機は定格出力 28MW のところ機能劣化のため出力抑制をして運転している。

また、本プロジェクトの実施により、以下の定性的効果が期待できる。

- (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。

本プロジェクトは、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