

ナイジェリア連邦共和国  
連邦電力省（FMP）  
ジェバ水力発電公社（JHEP）

# ナイジェリア連邦共和国 ジェバ水力発電所緊急改修計画

## 準備調査報告書

平成 24 年 3 月  
(2012 年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

八千代エンジニアリング株式会社

産公
JR (先)
12-054

## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ナイジェリア連邦共和国の「ジェバ水力発電所緊急改修計画」にかかる協力準備調査を実施することを決定し、平成23年7月から平成24年1月まで、ナイジェリアの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24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 桑島京子

# 要 約

## ① 国の概要

ナイジェリア連邦共和国（以下、「ナ」国）は、西アフリカ中央部にあるギニア湾に接し、国土面積 92.4 万 km<sup>2</sup> 人口およそ 1 億 4000 万人（2007 年、「ナ」国人口統計庁）を有する世界有数の産油国である。250 以上の民族が居住し、500 以上の言語が確認されており、多民族国家の一面も兼ね備えている。また我が国の 2.5 倍ほどの国土を持ち、北部のサブサハラ気候の半乾燥地帯と、ベヌエ川及びニジェール川によって隔てられた南部の湿地帯が特徴的に国土を分断しており、文化的な背景についても国土の北側と南側に大別され生活様式などに影響を与えている。「ナ」国は、アフリカ最大の産油国、天然ガス埋蔵量国で、2010 年の原油生産量は 215 万バレル/日であり、同年の総輸出額の約 75% を原油及び天然ガスに依存している。一方で、国民 1 人当たりの GNI は 1,180 ドル（世銀、2011 年）に留まっており、人間開発指数（Human Development Index）は 0.295（国連開発計画、2011）と、187 ヶ国中第 186 位に位置している。

## ② プロジェクトの背景、経緯及び概要

「ナ」国の主要発電所は、1960 年代中頃から 1980 年代後半にかけて建設されたもので、設備の老朽化が著しく、さらに供給予備力がないためオーバーホールが行えず、かつ予備品・技術者が不足しているなどの理由で、電力不足は国家的な問題となっている。現在、ナイジェリア電力持株会社（Power Holding Company of Nigeria、以下、PHCN）が所有する発電設備は法定耐用年数（15 年）以上の設備が約 65% もあり、緊急な更新が必要とされている。「ナ」国経済の停滞による発電施設の維持管理不足及び新規投資の停止により、PHCN 所有発電設備の老朽化が進み都市部でも大規模な停電が頻発するため、多くの企業及び大規模な需要家は自家用発電設備を運転している。これら発電設備老朽化に対応するため、「ナ」国政府は今後 IPP の導入を急速に進め 2010 年 12 月までに発電設備容量を 10,000MW まで増強する計画としていたが、実施は遅れており電力不足は解消されていない。一方、「ナ」国の最大電力需要は年々増加し、最近の電力需要は約 6,800MW に達している。火力及び水力発電の設備容量は約 6,600MW あるものの、電力設備の老朽化等により、実際の現有出力は 2010 年 7 月実績で 3,825MW にとどまり、電力供給が絶対的に不足している。

PHCN の傘下であるジェバ水力発電公社（Jebba Hydro Electric Plc., 以下 JHEP）が運営するジェバ水力発電所は、ニジェール川の水力を利用し 6 台の水車発電機で構成される、578.4MW の定格容量有する発電所で 1985 年に運開した。同発電所は、カエンジ及びシロロ水力発電所とともにこれまで「ナ」国の電力供給を担ってきた。しかしながら、2009 年 4 月に落雷が起因とみられる事故により、6 号発電機及び 4 号発電機に重大な損傷を受けた結果、出力は大幅に下がっている。このうち 6 号発電機については、自助努力により修理のための入札を進めており実施段階にある。このような背景の下、「ナ」国政府はジェバ水力発電所の 4 号機（96.4MW 縦軸プロペラ水車）の出力改善を目的として、我が国に、同発電所 4 号機の発電機の緊急改修に係る無償資金協力の要請を行った。

本要請に基づき、JICA は 2011 年 1 月 17 日から 2 月 2 日まで予備調査を行い、要請内容の確認と支援の妥当性に係る検証を行った。当該調査結果を踏まえ、2011 年 4 月 11 日付で両政府間

において当該協力に係る交換公文（E/N：Exchange of Notes）の、また同年5月17日付でJICAと「ナ」国政府との間で合意文書（G/A：Grant Agreement）の署名交換が行われた。

### ③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

上述の予備調査に基づき、我が国は協力準備調査（以下、本調査）の実施を決定し、JICAは協力準備調査団を2011年7月27日から2011年8月19日にかけて「ナ」国に派遣し、「ナ」国関係者と要請内容の確認、実施内容の協議を行うとともに、プロジェクトサイトにおける現地調査及び関連資料の収集を行った。帰国後、調査団は現地収集資料に基づき、プロジェクトの必要性、妥当性、社会・経済効果等について検討し、その結果を協力準備調査報告書（案）に取りまとめた。JICAは2012年1月18日から同年1月27日まで同報告書（案）説明調査団を「ナ」国に派遣し、同報告書（案）の内容に係る説明及び協議を行い、「ナ」国政府との間で基本合意を得た。

本調査では、予備調査の結果を踏まえ、既に締結済みのE/NおよびG/Aの枠組みの中で協力の成果を得るために必要かつ最適な事業内容・規模につき概略設計を行い、概略事業費の積算を行うとともに、4号機発電能力の回復などプロジェクトの成果・目標を達成するために必要な相手国分担事業の内容、実施計画、運営・維持管理などの留意事項などについて検討を行った。特に、協力対象範囲については、現地調査などを通して要請内容の技術的妥当性を評価し、下表に示す考え方をもとに優先順位付けを行った。

表 協力対象範囲に関する考え方

項目	内容
2009年の事故による故障箇所の復旧	ステーター及びローターコイルの絶縁更新を行う。具体的には、発電機の固定子と呼ばれる部分に電流を流すコイルの絶縁部分を交換することで、劣化して温度上昇を招く絶縁物を更新することにある。導線を通る電流は一般的に温度が上昇すると流れにくくなるため、絶縁物を交換して温度を下げることで効率を改善することが可能になる。このような修理作業を絶縁更新と呼んでいる。 また、発電機回転時の振動を最小限に抑え安定した回転となるよう、コイルとコイルを接続する部品を交換してバランスを取る。
経年劣化対策（オーバーホール）	発電機を分解した際にのみ交換可能な部品（スラスト軸受け及びエアクーラなど）について交換を行う。
設備改善	設備改善に係る部品交換（センサー類など）も可能な範囲で行う。

この結果、最終的な協力内容の概要を以下のとおりとすることで「ナ」国側と原則合意した。

ステーターコア及び付属品

- 1) ステーターコイル及び付属品
- 2) ローターポール
- 3) ローターリムサポート改造部品
- 4) 改修用部品
- 5) 機器用変流器
- 6) 現地工事

#### ④ プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトの監督機関は、連邦電力省（Federal Ministry of Power、以下FMOP）であり、実施機関はJHEPである。必要な機材調達期間は調達代理機関契約から据付け工期を含めて、約21.5ヵ月を想定している。また、本協力対象事業を実施する場合に必要な事業費総額は、20.96億円（日本側負担経費：19.90億円、「ナ」国側負担経費：1.06億円）と見積もられる。

#### ⑤ プロジェクトの評価

プロジェクトの評価結果は、以下のとおりである。

##### 【妥当性】

本事業は2007年に示された「7つの重点項目（7 Point Agenda）」及び国家エネルギー政策（National Energy Policy）など、電力増産を主眼とした開発計画やエネルギー政策の実現に資するとともに、貧困層を含む一般国民に裨益するものであることから、協力対象事業の妥当性は高いと判断される。裨益人口としては「ナ」国の住民、約1億4,000万人に対し、安定した電力を供給することが可能となる。本事業により電力設備の改善が図られ、最大発電電力の改善が図られることから、ピーク電力時の問題が緩和されることにより、利用時間の拡大などが可能となり国民の生活改善や経済発展に貢献するものである。本事業により病院で利用される医療器具及び生産現場における電動工具利用の際に停電などの問題が緩和された結果、利用時間の拡大などが図られ経済発展に貢献することが期待できる。本事業の改修対象設備である4号発電機は、本邦メーカー製の定格出力96.4MWの大型発電機設備である。「ナ」国にて、同規模の発電機を製作・製造できる重電メーカーはなく、また改修対象が本邦メーカー製の発電機であることから、本改修工事を本邦企業が実施する必要性・技術的な優位性が認められる。事故により被害を受けた状態で運転を強いられている4号機の修理は、緊急性を有する内容であり、前述のとおり貧困層を含む「ナ」国国民への裨益が見込まれることから、我が国の無償資金協力学スキームによる事業実施において妥当性が認められる

##### 【有効性】

本事業の実施により期待される効果は、以下のとおりである。

##### (1) 定量的効果

###### 1) 最大出力

現在4号機は、振動などの問題で、ダムからの取水が増加した場合でも十分な発電が困難な状況にある。本事業により発電機の修理が完了し、各種コイル、スラスト軸受及びクーラなど各機器の温度等を監視するために必要なメータ類が更新されることから、安全に出力を得ることが可能となり、維持管理の負担が軽減される。なお基準値として、事故が発生した2009年以降の値として2010年の最大出力を採用した。

指標名	基準値 (2010年)	目標値(2016年)
最大出力 (MW)	45.9 MW (47.6%)	96.4 MW (100%)

## 2) 発生可能電力量

4号発電機は本事業によりローターコイル、ステーターコイル及びスラスト軸受など主要な部品を交換することで、運転中の振動などが軽減され継続した安定的な電力の供給が可能となる。即ち、4号発電機の年間発生電力量を定量指標として設定し、平均的にこの値が2009年の事故前のレベルを維持することをもって、改修による安定的な電力供給の回復を測ることとする。具体的には、事故前の10年間の年間発生電力量の平均値を目標値として設定し、完工後3年間の平均値をもってその達成度を測ることとする。(添付資料にジェバ水力発電所の発生電力量の推移を示す)

指標名	基準値 (1999年から2008年までの年平均)	目標値 (2014年から3年間の発生電力量より年平均を算出する)
年間発生電力量 (GWh/年)	226 GWh/年	226 GWh/年

## 3) 重大事故発生数

4号機は、2009年の事故によって3ヵ月間停止している。現在かろうじて運転している状態であるが、振動などの原因により故障による停止が想定される。一方、改修が行われた場合、1ヵ月以上の緊急停止は「0」回が期待できる。

指標名	基準値 (2010年以前)	目標値 (2014年以降)
重大事故発生数 (1ヵ月以上の運転停止を伴うもの)	1	0

## 4) 温暖化ガス排出削減量

2)項の発生可能電力量を元に計算した場合、温暖化ガス排出削減量は以下のとおりとなる。

	排出削減に寄与する電力量 (GWh/年)	ベースライン排出量 (tCO <sub>2</sub> /年)	プロジェクト排出量 (tCO <sub>2</sub> /年)	リーケージ (tCO <sub>2</sub> /年)	排出削減量の合計 (tCO <sub>2</sub> /年)
排出削減量	226	191,000	0	0	191,000

### (2) 定性的効果 (プロジェクト全体)

現状と問題点	本事業での対策 (協力対象事業)	計画の効果・改善程度
「ナ」国では、発電設備の老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、地域の産業の発展を阻害している。	発電機のメータ、表示器等、修理	ダイヤル温度計などの修理が行われ、温度の管理が可能となり安定した運転が可能となり、事故防止が可能となる。その結果、安定した電力供給が行われることで、工業など地域の産業が活性化される。
「ナ」国では、送配電設備の	水車発電機のコイル	コイル及びメタル等の修理が行われることで振動

現状と問題点	本事業での対策 (協力対象事業)	計画の効果・改善程度
<p>老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、医療機関の安定した運営に影響を及ぼしている。</p>	<p>ル、メタル等、修理</p>	<p>が少なくなり、発電機が発生する電力の波形が安定する。その結果、病院、大学などに安定した電力供給が行われることで、これらの医療機関及び教育機関などに安定した運営、住民サービスの向上に寄与する。</p>
<p>「ナ」国では、発電設備の老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、地域住民の生活環境が悪化している。</p>	<p>発電機の修理</p>	<p>継続した電力供給が行われることで、「ナ」国民の生活環境が改善される。</p>

# 準備調査報告書

## 目 次

序文	
要約	
目次	
位置図/完成予想図/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.....	1-1
1-1-3 社会経済状況.....	1-3
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	1-4
1-3 我が国の援助動向.....	1-5
1-4 他ドナーの援助動向.....	1-6

### 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 財務・予算.....	2-2
2-1-3 技術水準.....	2-4
2-1-4 既存設備・機材.....	2-5
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2-11
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-11
2-2-2 自然条件.....	2-12
2-2-3 環境社会配慮.....	2-14
2-2-3-1 環境影響評価.....	2-14
2-2-3-2 事業実施により想定される影響の有無.....	2-14
2-2-3-3 アスベスト使用箇所について.....	2-14
2-2-3-4 アスベストに係る「ナ」国環境条例.....	2-15
2-2-3-5 廃棄物の処理.....	2-15
2-2-3-6 工事中の安全対策.....	2-15
2-3 その他.....	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
3-1-1 上位目標とプロジェクトの目標.....	3-1
3-1-2 プロジェクトの概要.....	3-1
3-1-3 その他（事故の再発防止策）.....	3-3
3-2 協力対象事業の概略設計.....	3-4
3-2-1 設計方針.....	3-4
3-2-1-1 基本方針.....	3-4
3-2-1-2 自然条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-4 現地業者の活用に係る方針.....	3-4
3-2-1-5 運営・維持管理に対する対応方針.....	3-5



3-2-1-6	機材の調達範囲及び技術レベルの設定に係る方針.....	3-5
3-2-1-7	工法/調達方法、工期に係る方針.....	3-5
3-2-2	基本計画.....	3-6
3-2-2-1	全体計画.....	3-6
3-2-2-2	設計条件.....	3-7
3-2-2-3	機材構成.....	3-7
3-2-2-4	機材計画.....	3-9
3-2-3	概略設計図.....	3-14
3-2-4	施工計画/調達方針.....	3-26
3-2-4-1	施工方針/調達方針.....	3-26
3-2-4-2	施工上・調達上の留意事項.....	3-26
3-2-4-3	施工区分/調達・据付区分.....	3-27
3-2-4-4	施工監理計画/調達監理計画.....	3-28
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-30
3-2-4-6	資機材等調達計画.....	3-31
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	3-31
3-2-4-8	実施工程.....	3-31
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3-32
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-32
3-4-1	基本方針.....	3-32
3-4-2	運営・維持管理体制.....	3-33
3-4-3	定期点検項目.....	3-33
3-4-3-1	水車発電機の定期点検.....	3-33
3-4-4	予備品購入計画.....	3-36
3-4-4-1	予備品の分類.....	3-36
3-4-4-2	予備品の対象設備と購入計画.....	3-36
3-4-4-3	予備品の予算処置.....	3-37
3-4-4-4	試験器具及び保守用道具.....	3-37
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3-38
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3-38
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-39

#### 第4章 プロジェクトの評価

4-1	プロジェクトの前提条件.....	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件.....	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投入（負担）事項.....	4-1
4-3	外部条件.....	4-2
4-4	プロジェクトの評価.....	4-2
4-4-1	妥当性.....	4-2
4-4-2	有効性.....	4-3

#### 【添付資料】

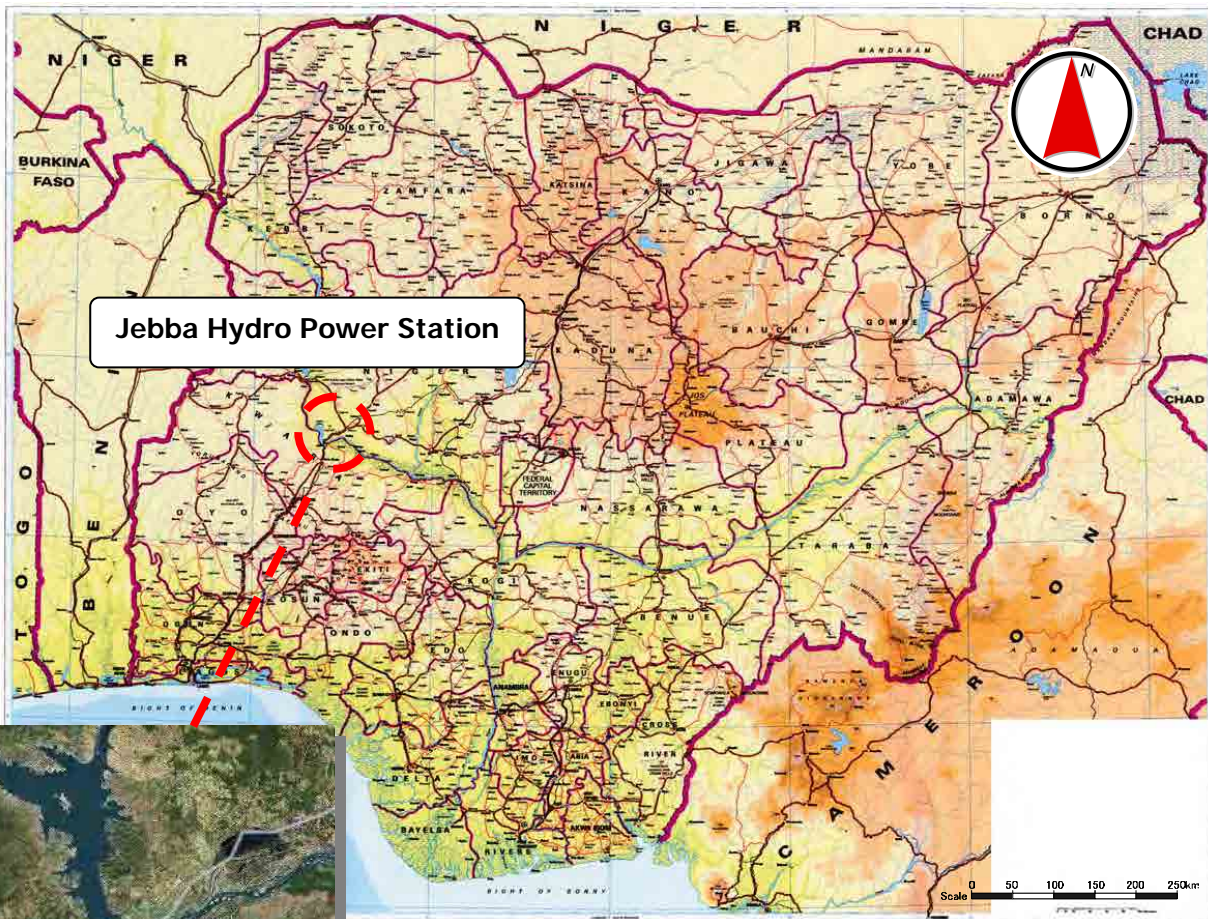
1.	調査団員・氏名.....	A-1-1
2.	調査行程.....	A-2-1
3.	関係者（面会者）リスト.....	A-3-1
4.	討議議事録（M/D）.....	A-4-1
5.	技術協議録（Technical Memorandum）.....	A-5-1
6.	参考資料.....	A-6-1
7.	環境チェックリスト.....	A-7-1
8.	環境モニタリングフォーム.....	A-8-1

9. ジェバ水力発電所の発生電力の推移.....	A-9-1
10. JEBBA HYDROELECTRIC POWER STATION 578,400KW.....	A-10-1
11. Federal Republic of Nigeria Official Gazette	
12. 温暖化ガス (CO <sub>2</sub> ) 排出削減量の計算	
13. 発電機不具合箇所	
14. 据付用道工具	

# ナイジェリア連邦共和国全図及び本計画対象地



ナイジェリア連邦共和国  
Federal Republic of Nigeria



Images courtesy of NASA  
© Terra Corp EarthStar Geographics LLC  
© AMD © 2010 Microsoft

bing





GENERATOR 4



## 本計画対象地の状況



### ジェバ水力発電所

ジェバ水力発電所外観。ナイジェリア西部を流れるニジェール川中流に位置し、アブジャより約350kmの距離に位置する。



### ジェバ水力発電所ダム

ジェバ水力発電所ダムはカエンジ水力発電所ダムの下流に位置しており、最大湛水貯水量は約10億 $m^3$ である。



### 制御室

発電所は30年前に建設された。制御装置はコンピュータ化されていないが、一部を除き動作は正常である。



### 発電機

わが国のメーカーによる発電機で、出力は1台96.4MWである。発電所内には合計6台が設置されている。



### 水車ドラフト部 水車室ドラフト部用点検ドア



### 中間軸

水車室上部の状況。水車への流入をコントロールするガイドバンの操作構造は油圧式である。

本計画対象地の状況



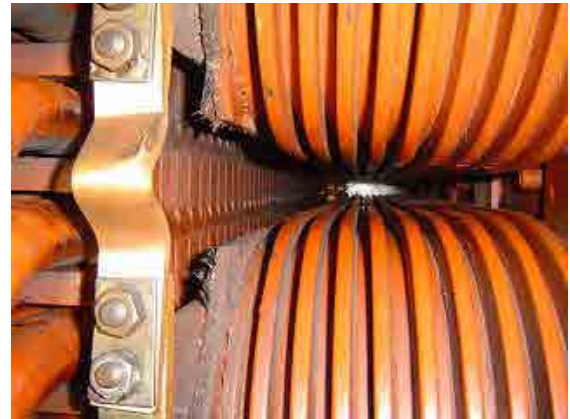
絶縁キャップ（水車側）  
ステーターコイルエンド部の絶縁部分は過熱により一部剥離が見られる。



ステーターコイルエンド  
グラスファイバテープがコイルから剥離している。



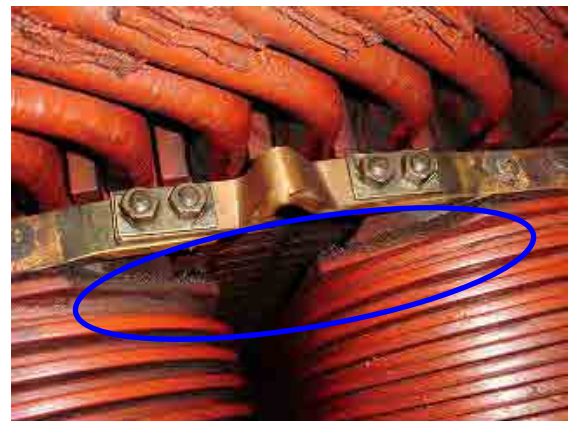
ローターポール部（コネクタ）  
ローターポール部において、極間コネクタの変形が見られる。



ステーターコイルエンド（コレクタリング側）  
表面は清掃されているが、内部は高熱によるカーボンが残っている。



ステーターコイル端  
フィールドコイルの絶縁カラーは過熱により変形している。



ローターポール部  
過熱等によりボビン部が損傷している。



## 本計画対象地の状況



ロータリムサポート

ロータリムサポートの修理状況。本来利用されないエアダクト部分にサポートが取り付けられている。



フィールドコイルコネクタ

コネクタ部分の変形大によりクラックが見られた。



ロータ部（水車側）

ロータコイルの表面は高熱により黒く変色している。また絶縁材の一部が剥離している。



発電所内（クレーン）

225tクレーンを2台所有しているが、1台が故障しており、稼働しているもう一方の1台もブレーキが甘くクレーンに滑りが生じている。発電機の据付等にクレーン2台が必要であることから、本計画の実施前までに相手国側が修理する必要がある。



変圧器

発電機電圧16kVを330kVに昇圧して、開閉所に送っている。



開閉所

発電所敷地内に建設されている。330kV電圧で発電所より出力された電力は2回線の送電線により送電される。

## 図表リスト

### 第1章

表 1-1-1	「ナ」国の主要な発電設備 .....	1-3
表 1-3-1	無償資金協力実績（エネルギー・電力分野） .....	1-6
表 1-3-2	技術協力実績（エネルギー・電力分野） .....	1-6
表 1-4-1	世銀の電力セクターに対する援助の方向性 .....	1-7
表 1-4-2	他ドナー国・国際機関による援助実績（エネルギー・電力分野） .....	1-7

### 第2章

図 2-1-1	連邦電力省の組織図 .....	2-1
図 2-1-2	JHEP 組織図 .....	2-2
図 2-1-3	ジェバダム及び施設平面図 .....	2-5
図 2-1-4	ダム式発電設備概念図 .....	2-5
図 2-1-5	縦軸カプラン水車及び発電機の構成概念図 .....	2-5
図 2-1-6	4号発電機不具合カ所（巻頭写真参考） .....	2-11
図 2-2-1	JHEP 地点における月間最高気温 .....	2-13
図 2-2-2	JHEP 地点における月間降雨量 .....	2-13
表 2-1-1	JHEP の収支状況 .....	2-3
表 2-1-2	JHEP 設備概略仕様 .....	2-6
表 2-1-3	JHEP の 2010 年における発電実績 .....	2-7
表 2-1-4	各機器の状況 .....	2-7
表 2-2-1	「ナ」国の気候区 .....	2-12
表 2-2-2	アスベスト使用のある機材 .....	2-15

### 第3章

図 3-2-1	4号発電機修理全体計画 .....	3-6
図 3-2-2	ステーターコア周辺図 .....	3-10
図 3-2-3	ステーターコイル周辺図 .....	3-11
図 3-2-4	ローターポール周辺図 .....	3-12
図 3-2-5	事業実施関係図 .....	3-30
図 3-2-6	事業実施工程表（案） .....	3-31
図 3-4-1	水力発電所の維持管理の基本的な考え方 .....	3-32
表 3-1-1	4号発電機改修機材・機器・部品内容 .....	3-2
表 3-1-2	協力の内容 .....	3-2
表 3-1-3	優先順位 B における採用・不採用の理由 .....	3-3
表 3-2-1	機材構成 .....	3-7
表 3-2-2	負担事項区分 .....	3-27
表 3-4-1	標準的な設備機器の定期点検項目 .....	3-33
表 3-4-2	消耗品、交換部品及び緊急予備品 .....	3-36
表 3-4-3	維持管理に必要な保守用道工具 .....	3-37



## 略語集

A/A	Agent Agreement (調達代理契約)
A/P	Authorization to Pay (支払授權書)
AC	Alternate Current (交流)
AFREN	African Rural Electrification Network (アフリカ地方電化推進計画)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations (東南アジア諸国連合)
CDF	Comprehensive Development Framework (包括的開発フレームワーク)
CEO	Chief Executive Officer (最高経営責任者)
DAC	Development Assistance Committee (開発援助委員会)
DC	Direct Current (直流)
ECN	Energy Commission of Nigeria (ナイジェリアエネルギー委員会)
EIAJ	Electronic Industries Association of Japan (社団法人 日本電子機械工業会)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
FMOP	Federal Ministry of Power (連邦電力省)
G/A	Grant Agreement (無償資金協力合意書)
GSM	Global System for Mobil Communication
IEC	International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議規格)
IPP	Independent Power Plant (卸電力事業)
ISO	International Organization for Standardization (国際標準化機構)
JCS	Japanese Electrical Wire and Cable Maker's Association Standards (日本電線工業会規格)
JEC	Japanese Electrotechnical Committee (電気学会電気規格調査標準規格)
JEM	Standards of Japan Electrical Manufacturer's Association (社団法人日本電気工業会規格)
JICA	Japan International Cooperation Agency (独立行政法人 国際協力機構)
JIS	Japanese Industrial Standards (日本工業規格)
JHEP	Jebba Hydro Electric Plc., (ジェバ水力発電公社)
KEPCO	Korea Electric Power Corporation (韓国電力公社)
NAPTIN	National Power Training Institute of Nigeria (ナイジェリア国電力研修所)
NBET	Nigeria Bulk Energy Trader (ナイジェリア国卸電力取引所)
NCC	National Control Center (中央給電司令室)
NEEDS	National Empowerment Economic Development Strategy (国家経済開発戦略)
NEPA	National Electricity Power Authority (国家電力公社)
NGO	Non-Governmental Organizations (非政府組織)
NITEL	Nigeria Telecommunications Plc (ナイジェリアテレコム社)
O&M	Operation and Maintenance (運転・維持管理)
OJT	On the Job Training (実地訓練)
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries (石油輸出国機構)
PHCN	Power Holding Company of Nigeria (ナイジェリア電力持株会社)
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper (貧困削減戦略ペーパー)
REB	Rural Electrical Board (地方電化局)

RTD	Resistance Temperature Detector (ステーターコア用測温抵抗体)
UNDP	United Nations Development Programme (国連開発計画)
USAID	United States Agency for International Development (アメリカ合衆国国際開発庁)
VAT	Value-Added Tax (付加価値税)

## 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

#### (1) 電力セクターの現状

ナイジェリア連邦共和国（以下、「ナ」国）の主要発電所は、1960年代中頃から1980年代後半にかけて建設されたものである。このため設備の老朽化が著しく、さらに供給予備力が低下しているためオーバーホールが行えず、かつ予備品・技術者が不足しているなどの理由により、2010年時点の発電可能出力は3,825MWと、定格出力の約6割まで低下している。現在、ナイジェリア電力株式会社（Power Holding Company of Nigeria、以下、PHCN）が所有する発電設備のうち法定耐用年数（15年後）以上の設備が約65%もあることから緊急な更新が必要とされている。

「ナ」国経済の停滞による発電施設の維持管理不足及び新規投資の停止により、PHCN所有発電設備の老朽化が進み、都市部でも大規模な停電が頻発するため、多くの企業及び大規模な需要家は自家用発電設備を運転している。これら発電設備の老朽化に対応するため、「ナ」国政府は民間資金による発電所の建設を急速に進め、2010年12月までに発電設備容量を10,000MWまで増強する計画としていた。しかし現在のところ、実施は遅れており電力不足は解消されていない。

また、2010年10月には、電力ビジネスに係る投資家に対して「ナ」国の今後の電力改革案を大統領府より発表している。この改革案では、火力発電所は現状の状態で民間に売却し、その電力は「ナ」国政府が買い取ることでとしている。また、水力発電所については、施設自体は国有財産として継続するものの運転・維持管理部分に関して民間企業に委託していく方向としている。この発表後、外国企業数社がこれら電力セクターへの参入機会に関心を示しており、継続した協議・交渉が進められている。

#### (2) 課題

「ナ」国は国家開発が進み、最大電力需要は約6,800MWに達している。一方、既存発電設備容量は約6,600MW（総発電量の7割は火力発電、3割は水力発電）あるものの、発電設備の増強が頓挫したことや水力発電用ダム設備の老朽化により、実際の現有出力は2010年7月実績で3,825MWにとどまっており、電力供給が絶対的に不足している状況にある。既存の水力発電所は、ニジェール川を水源とするカエンジ水力発電所<sup>1</sup>（定格出力：760MW）とジェバ水力発電所（Jebba Hydro Electric Plc., 以下、JHEP）（定格出力：540MW）及びニジェール川支流を水源とするシロロ水力発電所（定格出力：600MW）があるが、発電機の故障や水位調整などで停止している時間が長く潤沢な電力供給に至っていない。

### 1-1-2 開発計画

#### (1) 電力事業に係る上位計画

「ナ」国政府は、2004年に国家経済開発戦略（National Empowerment Economic Development Strategy : NEEDS）を策定した。このNEEDSは、他の途上国での貧困削減戦略ペーパー（Poverty Reduction Strategy Paper : PRSP）に相当するもので、2007年までの期間における貧困削減戦略を

<sup>1</sup> 1972年、海外経済協力基金（OECD）の支援により15億円の融資がなされ、1974年に更なる25億円の支援融資が行われている。

示したものである。同戦略で電力セクターについては、以下の目標が掲げられていた。

- ・ 電力セクター改革プログラムを推進する。
- ・ 2007年までに発電容量の増強を図る（4,200MW→10,000MW）。
- ・ 送電線容量の増強を図る（5,838MVA→9,340MVA）。
- ・ 配電線容量の増強を図る（8,425MVA→15,165MVA）。
- ・ 送配電損失を低減する（45%→15%）。
- ・ 石炭、太陽光、風力、水力などの代替エネルギーを開発する。
- ・ 電気料金の徴収率を高める（70%→95%）。
- ・ 民間企業参入を進めるため電力セクターの規制緩和を推進する。

また、このNEEDSでは、農業及び食糧加工業の促進、教育・医療施設の充実が地方部の発展には必要不可欠とされており、安定した電力供給による地方開発の促進が期待されていたが、十分な進捗はみられなかった。

このため、2007年5月に就任したヤラドゥア大統領は、7つの重点項目（7 Point Agenda）として、① 緊急エネルギー対策、② 生命及び財産に対する安全対策、③ 土地改革、④ 人材育成、⑤ 義務教育、⑥ 貧困削減、⑦ 交通・インフラ整備を掲げ、経済開発に取り組んだ。特に第一優先である「緊急エネルギー対策」として発電容量の増強を図るため、NIPP（National Integrated Power Project）のもと同国南部において約6,000 MW規模のガスタービン発電所の建設を進めている。更に、2010年8月に策定されたRoadmap for Power Sector Reformでは、今後10年間で40,000 MWの総発電量とする計画を掲げており、既存発電所の効率向上、民間投資促進による発電所建設、既存送配電網のロス率低下などに取り組んでいる。

この他、「ナ」国の石油、天然ガス、電力、再生可能エネルギーなど複数のエネルギー資源にまたがる総合エネルギー政策として、2005年8月に国家エネルギー政策（National Energy Policy）が作成されており、電力セクターに関して以下の目標が掲げられている。

- ・ 2020年までに国民の75%に対して安定した電力供給（グリッド電化に限定されていない）を確保する。
- ・ 2010年までに全ての州都、774の地方政府庁並びに主要都市への電化を完了する。
- ・ 「ナ」国国民の参加を前提として、民間セクターの導入を促進する。
- ・ 地方部の産業発展を促進し、地方部から都市部への移住を抑制する。

「ナ」国政府は上記のような政策枠組みに基づき電力セクター開発に取り組んできたが、2010年に国家開発政策である「Nigeria Vision 20 : 2020」及びその実行計画である「The First National Implementation Plan for NV20 : 2020」（2010-2013）を策定し、電力セクターを重要課題に位置づけ、併せて既存発電所の効率向上を推進することとしている。また、電力エネルギー源の石油への依存を軽減し、水力、天然ガス、太陽光などに多様化していく方針を掲げている。

本件無償資金協力事業（以下、「本事業」）では、機能の低下している既存ジェバ水力発電所4号機の発電能力を回復することにより、電力供給の改善と電力エネルギー源の多様化に一定の貢献をすることが可能となる。このため、本事業は、上記の電力セクター開発政策に合致しており、重要性・必要性は極めて高い。

(2) エネルギー開発状況

「ナ」国の電力供給は、PHCNと民間発電会社（Independent Power Producer：IPP）が運用する南部沿岸地域の火力発電所と、中西部高地にある3ヶ所の水力発電所から、330kV及び132kV基幹送電線で全国へ送電されている。既設発電設備の概要は、表1-1-1に示すとおりであり、発電設備容量の70%が火力、30%が水力である。一方、発電電力量では、1995年には46%が火力、54%が水力と水主火従であったが、2010年実績では火力75%、水力25%と火力（特にガスタービン）が増加している。

表1-1-1 「ナ」国の主要な発電設備

所有者		発電所名	発電方式	定格出力 (MW)	発電可能出力 (2010年) (MW)	年間利用率 (%)
PHCN	Kainji/Jebba Hydro Electric Plc.	Kainji	水力	760	412	54
		Jebba	水力	578	320	56
	Shiroro Hydro Power Plc.	Shiroro	水力	600	480	80
	Egbin Electric Power Business Unit (EEPBU)	Egbin (Lagos)	汽力	1,320	1,148	87
	Ughelli Power Plc.	Delta	ガスタービン	972	393	43
	Sapele Power Plc.	Sapele	汽力	1,020	105	10
	Afam Power Plc.	Afam	ガスタービン	776	221	36
	Ajaokuta	Ajaokuta	汽力	55	25	46
	Ijora Thermal Power Station	Ijora	ディーゼル	65	0	0
IPP	AES	AES	ガスタービン	270	235	87
	Okpai	Okpai	ガスタービン	450	262	58
	Calabar Thermal Power Station	Calabar	ディーゼル	6.6	4.4	0
合計			<b>6,656</b>	<b>3,736</b>	<b>56</b>	

出所：Opportunities for Investors in Nigeria's Power Sector, October 2010)

2010年における「ナ」国既存発電所の設備容量は、PHCNに属する水力及び火力発電と、民間企業による火力発電の合計の約6,600MWである。しかしながら、カエンジ発電所、ジェバ発電所及びシロロ発電所といった水力発電所の設備老朽化や、火力発電所における同様の問題、維持管理不足などの理由から、実際の電力供給量は設備容量に対して50%代後半の実績となっている。

なお、2004年より余剰原油会計を利用したファストトラック事業としてNIPPが開始されており、ガスタービン発電による設備容量増強等を進めているが、建設や燃料供給路確保の遅れが見られる。

このように依然供給は需要に追いついておらず、電力セクターは同国の経済成長及び民生の向上の最大の阻害要因であり、引き続き電力の安定供給向上は開発の喫緊の課題となっている。

1-1-3 社会経済状況

(1) 社会状況

「ナ」国は国土面積92.4万km<sup>2</sup>、人口1億4千万人（2007年国勢調査）のアフリカ最大の連邦国家

である。「ナ」国は国土を分断するように流れる2つの大河により、北部のサブサハラ気候の半乾燥地帯や南部の湿地帯というように特徴的に気候風土が大別され、これにより多種多様な文化を育んでいる。「ナ」国には250以上の民族が居住し、方言も含めると500以上の言語が存在する。主要な民族としては北部にハウサおよびフラニ族が多く人口の30%程度を占め、南西部にはヨルバ族（約20%）、南部から南東部にはイボ族（約18%）が多く暮らしている。「ナ」国の宗教分布としては、イスラム教徒が約50%、キリスト教が約40%、伝統的宗教が約10%で、北部に行くほどイスラム教色が強くなる。また公用語としては英語が使用されており、多数民族が使用するハウサ語、ヨルバ語、イボ語についても、議会や官庁内での使用が認められている。学校では、初等教育の3年生まで現地語により授業を行っており、4年生からは英語が使われている。しかしながら、農村部ではほとんど英語が通じず、ハウサ語、ヨルバ語、イボ語を理解しない人々も多く存在する。

## (2) 経済状況

前政権のオバサンジョ大統領は、1999年の政権発足時に発表した経済政策において、「ナ」国の経済体制を自由市場経済、民間主導型とし、「ナ」国の経済を再生・成長させ、雇用機会の創出を通して国民の生活水準を改善することを目指した。2007年5月に就任したヤラドゥア大統領は、7つの重点項目（①緊急エネルギー対策、②生命及び財産に対する安全対策、③土地改革、④人材育成、⑤義務教育、⑥貧困削減、⑦交通・インフラ整備）を掲げた。同大統領の逝去により2010年5月に就任したジョナサン大統領のもと、引き続き経済開発に取り組んでいる。

「ナ」国は世界でも有数の産油国であり、原油備蓄量は372億バレル（OPEC2011年）である。「ナ」国の原油による収入は、2000年から2003年にかけて原油価格の高騰により年平均150億ドル、2005年から2008年にかけて年平均360億ドルと大幅に増えている。一方で、近年の目覚ましい経済成長にもかかわらず、国民1人当たりのGNIは1,180ドル（世界銀行2011年）に留まっており、人間開発指数（Human Development Index）は0.295（国連開発計画2011）と、187ヶ国中第186位に位置している。「ナ」国の産業構造は、第1次（農業）・第2次（鉱工業）・第3次（サービス）産業、各々33%、39%、28%である（世界銀行2007年）。GDPの約2割、輸出の約9割を石油産業部門が占めている一方で、人口の多数が小規模農家であり、GDP比で約4割を第1次産業が占めている。

## 1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

### (1) 無償資金協力の背景・経緯

「ナ」国は、前述のとおり過去の軍事政権による非効率的な財政運営により、約400億ドルにのぼる累積債務に苦しんでいたが、1999年の民政復帰以来のオバサンジョ政権による様々な改革が国際的に評価された。2005年10月にパリクラブにおいて、対パリクラブ債務約300億ドルのうち6割の債務削減が合意されている。オバサンジョ大統領の任期満了に伴う2007年の大統領選挙ではヤラドゥア大統領が選出され、その後2010年5月のヤラドゥア大統領の逝去に伴いジョナサン副大統領が大統領に就任し、2011年4月 大統領選挙においてジョナサン大統領が当選した。ジョナサン新政権はヤラドゥア政権の「7つの重点項目」と称する政権公約を引き継ぎ、改革に取り組んでいる。前述のとおり「ナ」国の最大電力需要は年々増加し、最近の電力需要は約6,800MWに達しているが、発電設備投資の遅れ及び既設設備の老朽化により、実際の現有出力は2010年7月実績で3,825MWにとどまり、電力供給が不足している状況にある。

このような背景の下、「ナ」国政府はジェバ水力発電所4号機（96.4MW縦軸プロペラ水車）の発電能力の改善を目的として、我が国に対し、同発電所4号機の発電機の緊急改修に係る要請を行った。本要請に基づき、JICAは2011年1月17日から2月2日まで第1次準備調査（以下、予備調査）を行い、要請内容の確認と支援の妥当性に係る検証を行った。当該調査結果を踏まえ、2011年4月11日付で両政府間においてE/Nが締結され、また同年5月17日付でJICAと「ナ」国政府との間でG/Aの署名交換が行われた。

## (2) 概要

「ナ」国側より緊急改修の要請がなされた4号発電機は、2009年4月に落雷により遮断機の事故などが発生し、発電機コイルに被害を受けたことから最大発生電力を約半分に抑えた運転を行っていた。2011年1月の予備調査では、「ナ」国からの要請内容について無償資金協力により支援することの必要性、妥当性などに係る確認を行った。

本調査では、予備調査の結果を踏まえ、既に締結済みのE/N及びG/Aの枠組みの中で協力の成果を得るために必要かつ最適な事業内容・規模につき概略設計を行い、概略事業費の積算を行うとともに、4号機発電能力の回復などプロジェクトの成果・目標を達成するために必要な相手国分担事業の内容、実施計画、運営・維持管理などの留意事項などについて検討した。特に、協力の範囲については、現地調査などを通して要請内容の技術的妥当性を評価し優先順位付けを行った。この結果、最終的な協力内容の概要を以下のとおりとすることで「ナ」国側と原則合意した。

- 1) スターターコア及び付属品
- 2) スターターコイル及び付属品
- 3) ローターポール
- 4) ローターリムサポート改造部品
- 5) 改修用部品、機器類
- 6) 計器用変流器
- 7) 現地工事

## 1-3 我が国の援助動向

我が国の「ナ」国に対する援助は、アバチャ軍事政権下における反民主的・非人道的な措置に対抗し、1994年3月以降原則として緊急・人道援助を除く新規の援助を停止していた。しかしながら、1999年5月29日に民生移管が完了したことに伴い、我が国としても援助方針の見直しを検討すべく同年8月に政策協議調査団を派遣した。同協議において、調査団は我が国が今後「ナ」国の民主化・経済改革による復興・再建努力を支援するため、「即効性が高く国民に直接裨益する基礎生活分野」を中心に段階的に援助拡大の可能性を検討して行くことを明らかにするとともに、特に電力セクターについては、先方より強い要望があった地方電化分野を中心に支援がなされてきた。

### (1) 無償資金協力

これまでの我が国の無償資金協力で実施されたプロジェクトは表1-3-1のとおりである。



表1-3-1 無償資金協力実績（エネルギー・電力分野）

実施年度	案 件 名	供与限度額 (単位：億円)	案 件 概 要
2000-2002	地方電化計画	34.81	ナサラワ州、パウチ州、ゴンベ州、ボルノ州内の5町について、33kV配電線の延伸、33/11kV変電所建設に係る資機材の調達、据付け、並びに11kV配電線用資機材の調達を実施する。
2006-2008	クロス・リバー州及びアクワ・イボム州地方電化計画	24.90	クロス・リバー州ランチコミュニティ地区、エブルトゥコミュニティ地区及びアクワ・イボム州イベドゥ・イビアイコット・クラン地区について、ブースター・ステーション（電圧調整施設）及びキャパシタ・ステーション（調相設備）の建設、33kV配電線の新設・延伸、配電用変圧器の調達、並びに11kV配電線用資機材及び予備品・道工具の調達を実施する。

(2) 技術協力・有償資金協力

表1-3-2 技術協力実績（エネルギー・電力分野）

協力内容	実施年度	案件名	概 要
技術協力	2004-2006	太陽エネルギー利用マスタープラン調査	太陽エネルギー利用に関するマスタープラン及び、各種提言の作成を通じて、「ナ」国政府に対し太陽エネルギー利用促進のための方策を策定し、太陽エネルギー利用推進に関し主要な役割を負う組織の能力強化を行うもの。

電力セクターに対する有償資金協力としては、カインジ水力発電所の発電機増設事業がある。カインジ水力発電所は、1968年12月に完成した「ナ」国最大の水力発電所であり、当初320MW（80MW×4基）の発電設備容量で運転を開始した。その後、電力需要に応えるべく100MWを2基、さらに120MWを2基増設し、総発電容量760MWに達している。このカインジ水力発電所に対する我が国の円借款事業（1972年15億円、1974年25億円）は、これらの増設された4つのユニットのうち、発電機の調達に利用されている。

1-4 他ドナーの援助動向

世界銀行は、「ナ」国に対して「劣悪な電力供給力及び低い電化率の改善」を改革の主旨とする電力セクターへの積極的な支援を行うとしている。同支援の概要を表1-4-1に示す。

また、世界銀行はアフリカ各地で展開しているアフリカ地方電化推進計画（African Rural Electrification Network：AFREN）を「ナ」国でも実施したいとしていた。しかしながら、同計画は既設電力系統からの離隔距離が長く、電力需要の少ない村落を対象に太陽光による電化を行うものであり、これらの支援計画の達成率は極めて低い。なお、「ナ」国は、世界銀行による包括的開発フレームワーク（Comprehensive Development Framework：CDF）を導入し、長期的かつ包括的な開発戦略として、前述のNEEDSを策定した。さらに、世界銀行は「ナ」国に対する国家援助戦略（Country Assistance Strategy：CAS）を作成し、国際開発協会（International Development Association：IDA）による支援を行っている。支援における重要項目として以下の項目があり、我が国の無償資金協力である地方電化計画は貧困撲滅に不可欠な地方インフラ整備の一環として位置づけられる。

- ・ 統治機構の改革（腐敗防止、管理体制改革）
- ・ 経済の発展（電力供給体制強化などのインフラ整備）
- ・ 貧困削減（地方電化などのインフラ整備による地方住民の生活改善）

表1-4-1 世界銀行の電力セクターに対する援助の方向性

課題・問題点	改善策	対策・対応
(1) 劣悪な電力供給	市場原理の導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ NEPA保有財産である発電、送電、配電、給電系統運用に設備・業務別に水平分割し、共同出資会社の形態とする。（これにより、現在は6つの発電会社、1つの送電会社、11の配電会社に分社化され、ナイジェリア電力株式会社としてスタートしている。）</li> <li>・ 発電及び配電部門については、さらに複数の会社に分割する。（2010年8月発表のパワーセクター改革の工程表では、各部門に対して民間投資を促すことが多く掲げられている。）</li> <li>・ 電力料金の値上げを含む料金制度の見直し、電力プール制などによる電力取引市場の創設などの競争原理導入を促進させる。</li> </ul>
(2) 低い系統接続率（電化率）	電化率の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電力会社ではなく、新たに設立する電化組織の下、地方の共同組合方式或いは民間投資の参入により電化を促進させる。</li> <li>・ 新たな配電線の拡張（電力は分割された電力会社から購入）及び発電機設置による電化とともに電気料金の改定を含む独自の事業運用を実施するなど、協同組合を地方電化の重要な担い手とする。</li> </ul>

なお、世界銀行はドイツ及びイギリスとの協調融資で1989年8月に当時のNEPAに対して7千万ドルを限度とする「電力システム保全・修復計画」を実施している。同計画は、カインジ水力発電所、サペレ及びアフム火力発電所及び主要な送配電設備・施設を対象とした改善支援であった。その他の近年の他ドナーによる電力セクター支援実績を表1-4-2に示した。

表1-4-2 他ドナー国・国際機関による援助実績（エネルギー・電力分野）

(単位：千USドル)

実施年度	機関名／ドナー国名	案件名	金額	援助形態	概要
2006～2007	UNDP	村落太陽光ミニグリッド電化計画	不明	無償資金協力	全国6ヶ村を対象にミニグリッドシステムの導入。最大1000住宅、井戸ポンプ、公共施設への電力供給。
2009～2012	USAID	エネルギー・気候変動プログラム	1,200	技術協力	油田で燃焼されているフレアガスを活用したIPP発電の振興のための制度改革支援。
2009～2014	世界銀行	ナイジェリア電力・ガス改善事業	200,000	融資、技術協力及び保証	送配電ロス削減のための設備強化、電力セクター改革への政策提言及び既存火力発電所へのガス輸送網建設への保証。

世界銀行は、2009年より「ナ」国のガス開発事業（以下、「NEGIP」：Nigeria Electricity and Gas Improvement

Project) を2014年の完成を目指して実施している。NEGIPの目的は2つあり、1点目は、公共部門の既存電力発電所における発電量を増加させるため、安定したガス供給を向上させることとしている。2点目は、消費者へ安定した電力を供給するため電力網を発展させることである。この際、総額4億ドルの費用の内、2億ドルは部分リスク保証 (Partial Risk Guarantee: PRG) が適用されている。

事業内容は、①既存発電所の発電量を増加させるため供給ガス輸送について、部分リスク保証の適用を通じリスクを軽減すること、②供給電力を増加させるため、配電網の補強をすることで送電と配電のインフラを強化すること (対象都市は、カノ、カドゥナ、イケジャ、イバダン、アブジャ、ベニン、ポートハーコート、ヨラ、ジョス及びエヌグ)、③電力セクターの効率的な稼働のため、受益者が行っている運営改善に対し技術的助言を与えること、の3項目となっている。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

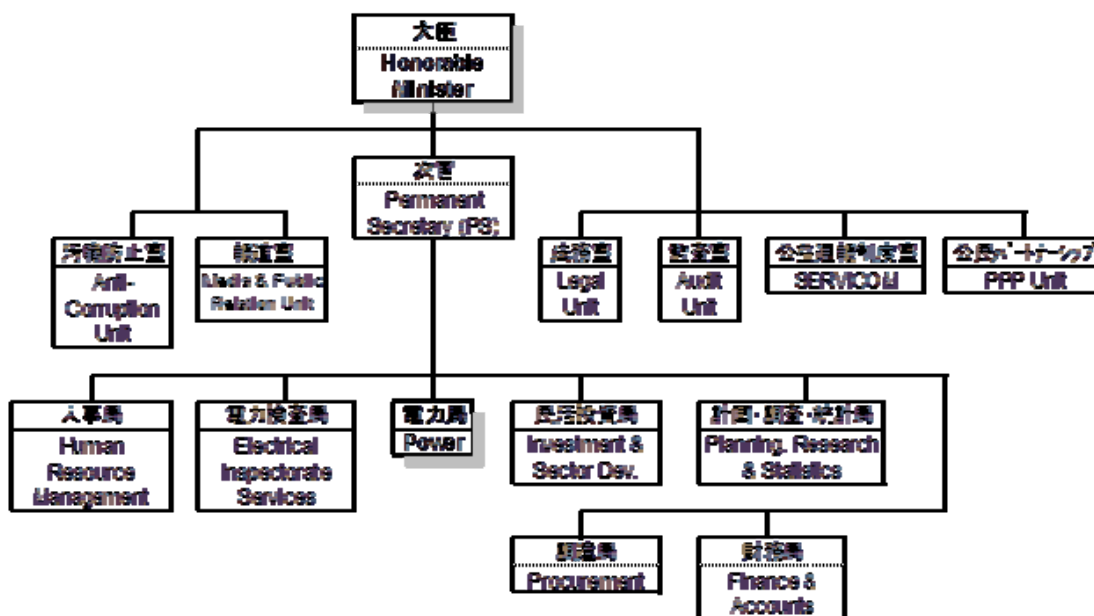
## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

「ナ」国の電気事業は、州政府の地方電化局（REB：Rural Electrification Board）が計画・運営している電気設備及びIPP方式で運営されている地域以外は、国営の電気事業により電力が供給されている。国営電力事業は連邦電力省（Federal Ministry of Power、以下、FMOP）が監督し、その管理の下で政府の持ち株会社であるPHCNが全国の発送配電設備の運転・維持管理を担当している。なお、前述のとおり「ナ」国では、NEEDSに従い電力セクター改革プログラムを推進しており、2005年3月に電力セクター改革法案（Electric Power Sector Reform Bill）が当時のオバサンジョ大統領に承認されたことを受け、正式に電力セクター改革法（Electric Power Sector Act.）が発効した。当時の国家電力庁（NEPA：National Electric Power Authority）は発電（6社）、送電（1社）、配電（11社）会社に分社化され、持株会社としてPHCNが2005年5月に設立された。現在、配電会社からの料金回収と発電事業者に対する支払いについては、送電会社（Transmission Company of Nigeria）が担当しており、運用資金については「ナ」国政府が管理している。「ナ」国は卸売電力の市場を担うNigeria Bulk Energy Trader（NBET）の設立を準備中であり、将来的には電力をはじめ石油、ガスといったエネルギーの取引を行う計画である

FMOPは、図2-1-1に示すとおり7つの局（電力局、電力検査局、民活投資局、調達局、計画・調査・統計局、財務局及び人事局）から構成されている。なお、FMOPは全国に15の支部局を持ち、2010年10月における職員数は907人である。また、FMOPは電力セクター改革後、地方電化事業の政策立案・実施に関する最上位の監督機関であり、政策面から地方電化プログラムの監視・評価も行っている。



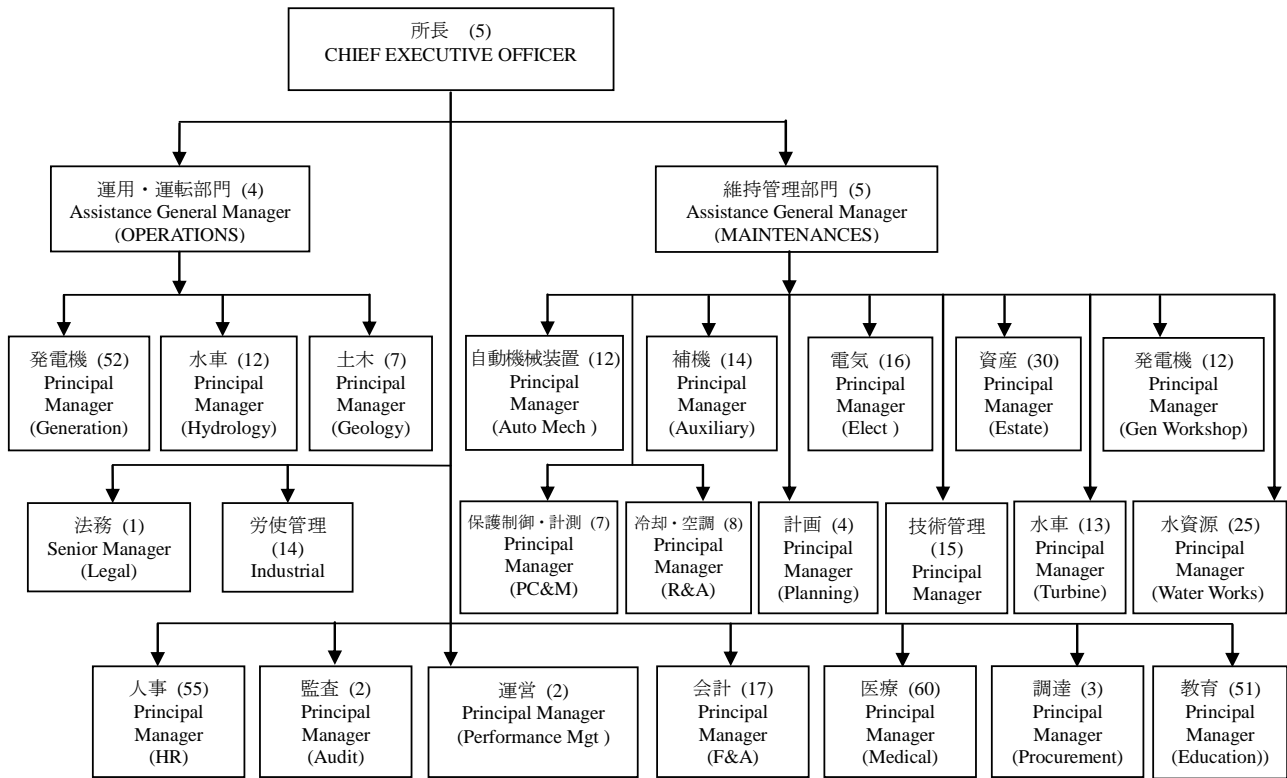
備考：

- (1) 電力局は、本計画担当部所であり、同局職員数は47名である。
- (2) 電力省大臣は、2010年10月大統領が兼務となっており、実務については担当大臣が行っている。
- (3) 省の総職員数は907人（2010年10月）である。

出所：電力省

図2-1-1 連邦電力省の組織図

本無償資金協力事業（以下、本事業）の実施に際しては、ジェバ水力発電公社（JHEP）が事業実施機関となる。また、修理・改修された設備の運転・維持管理もJHEPが実施する。事業実施機関であるJHEPの組織図を図2-1-2に示す。同発電所では、2011年7月において総勢446人の職員を擁しており、ジェバ水力発電所の運営及び維持管理を行っている。



( ) 内は人数

出所: JHEP

図2-1-2 JHEP組織図

実施機関であるJHEP技術系職員は、210名を占めており、運営開始より日常の保守・管理、すべての修理・補修等を所内の人員により作業を行い、今日に至っている。また、制御系システムは建設当初の機材が使用されていることから、最近のコンピューターを利用した制御装置や自動化装置は導入されていない。このため、機器操作や運転記録などは運営開始のまますべてマニュアルにより行われている。しかしながら同水力発電所は運営開始から27年を経過しているが、設備は良く維持・管理されており、発電所構内も整理整頓が行き届いている。また、開口部などの安全区画や標識なども整備されており、3交替4シフト制で24時間（1シフト制御室3名、水車発電機室8名）勤務体制がとられている。起動停止など運転に関しては、水量や電力需要及び上流であるカインジ発電所の運転状況等に合わせて中央給電司令室に相当するNational Control Center（NCC）の指示により行われている。

### 2-1-2 財務・予算

実施機関の過去5年間の財務状況（2006年から2010年まで）を表2-1-1に示す。

「ナ」国によると、海外ドナーによるプロジェクトは優先度の高いものであり、実施に必要な経費は確保するとしている。プロジェクト実施期間中は、FMOPが承認する政府資金が提供され、運営後

の維持管理に必要な維持管理費用は政府補助金により支給される。下表に示すとおり、現在は送電線会社を経由して、維持管理費としての政府補助金が電力収入としてPHCNに支払われる体制であるが、将来的にはNBETを経由した電力取引によって電力収入が決まる体制に移行する見込みである。

表2-1-1 JHEPの収支状況

(金額単位：ナイラ)

	2006	2007	2008	2009	2010
<b>運転 歳入:</b>					
A 電力収入	2,555,425,153	2,678,371,047	2,701,549,364	6,506,389,752	11,523,049,596
B 維持管理費	927,364,147	1,083,868,981	1,320,122,845	2,111,718,944	3,158,672,474
定期交換部品	671,202,119	735,974,208	757,209,127	188,823,222	0
燃料	60,822,604	0	0	1,158,529,592	3,086,803,061
給与(運転員)	44,095,778	107,601,577	187,841,862	216,666,086	22,172,883
給与(その他)	76,984,758	72,312,510	119,341,965	236,358,149	22,250,785
減価償却	71,642,970	77,425,006	77,316,699	61,473,759	24,520
修理部品	2,615,918	81,472,881	168,815,261	237,253,970	114,383
その他		9,082,799	9,597,931	12,614,166	27,306,842
C 発電収入(A-B)	1,628,061,006	1,594,502,066	1,381,426,519	4,394,670,808	8,364,377,122
D その他収入(合計)	1,914,262	2,127,022	3,275,524	8,213,061	12,664,874
インターネット	175,482	219,505	323,220	335,403	201,774
学校	212,982	0	0	0	0
病院	654,800	0	0	0	0
その他	870,998	1,907,517	2,952,304	7,877,658	12,463,101
<b>支出:</b>					
E 事務所費	857,071,929	725,982,692	706,810,411	492,584,399	3,633,740,748
マーケット費	4,603,249	7,153,541	8,449,449	2,107,016	0
本部費	661,373,149	660,587,378	639,108,963	159,372,900	0
宿泊費	56,298,511	0	59,251,999	316,328,971	3,633,740,748
仮払い	112,597,020	0	0	0	0
National Electricity Regulatory Commission 支払い	22,200,000	58,241,773	0	14,775,512	0
F 間接費	213,724,977	353,643,267	401,805,295	548,077,937	46,259,710
G 施設費	15,080,523	19,617,068	22,614,748	47,698,212	1,048,666
建物	955,514	955,514	1,423,977	1,786,443	781,696
事務	77,601	77,601	77,601	77,601	0
社宅	1,774,182	2,256,222	2,256,222	2,476,761	13,700
家具	4,730,586	6,474,563	7,189,001	7,945,734	0
病院機具	1,234,322	1,447,520	1,447,520	1,540,442	0
自動車	5,606,435	7,703,765	9,467,977	32,168,913	39,400
電話・通信費	483,325	483,325	533,892	537,264	4,585
水道代	218,558	218,558	218,558	1,165,054	209,285
H その他支出	120,510,884	178,097,542	169,597,066	201,184,088	33,899,441
修理費	37,700,828	69,229,575	55,762,230	49,829,168	4,342,083
教育費	8,053,525	23,811,000	13,558,120	10,722,100	1,411,000
安全対策費	8,170,030	16,419,962	18,801,483	20,608,278	3,155,562
寄付	539,000	1,828,000	1,771,600	1,072,500	170,000
医療費	37,147,020	23,032,201	18,511,702	12,552,501	452,845
運搬	1,686,301	4,417,259	13,595,041	17,321,334	2,957,713
宿泊	6,623,845	10,276,505	14,584,627	20,077,085	2,964,900
コピー代	3,248,603	2,446,721	3,843,510	8,958,563	697,881
その他	17,341,732	26,636,319	29,168,753	20,888,874	7,987,322
保険				13,216,499	0
福利厚生				25,937,186	9,760,133
<b>I 税引前利益 C+D-(E+F+G+H)</b>	<b>423,586,955</b>	<b>319,288,519</b>	<b>83,874,523</b>	<b>3,113,339,233</b>	<b>4,662,093,431</b>

出所：調査団がPHCNから収集した資料に基づき、本調査団で作成

### 2-1-3 技術水準

JHEPの財務諸表を確認した結果、同社は発生した電力に見合った収入を「ナ」国政府より得ており、経営は安定している状況にある。その結果、水力発電所設備についても、遮断器、調速機及び励磁装置などの中心的な大型の機器についても適切に更新されている。発電所の運営は前述のとおり、基本的に24時間対応しており運営に問題はない。しかしながら、電力セクター改革の影響で2年前より発電所と変電所の運営部所が別となっており、合同による事故時に必要な非常停止訓練が必要である。電力セクターの職員の研修は、National Power Training Institute of Nigeria (NAPTIN) により行われており、JHEPも同所へ職員を派遣している。また、メンテナンス技術を高めるMaintenance Management System と呼ばれる教育制度をJHEP内に有しており、同制度に従って技術の研鑽と継承を行っている。

また、維持管理のための機材は、発電所内に施錠され保管されている。日常点検用の機材や安全対策としての柵・看板等も配置されていることが確認された。事故など維持管理の記録は自動化されていないが、当直に当たる職員が、保護リレーの動作記録、運転停止等の操作記録を記録しており、機器の運転状況を把握するための必要な技術を有している。

維持管理用道具の及び予備品の保有状況は以下のとおりであり、日常の維持管理は可能であるが、本事業のオーバーホールに際しては、スパイダーを吊り上げる治具やリムを調整するジャッキ、補修のための溶接機、電気的なバランスを確認するための測定器などが一部不足しており、改修事業の実施に当たって補充が必要な状況である。

#### (1) 維持管理道具の保有台数

・ 溶接機	1台
・ スパナ関係	1式
・ スライダックス	1台
・ メガー	1台
・ ダイアルインジケータ及びスタンド	5セット
・ エアホース	1式
・ 電工ドラム	1式
・ ガスバーナー	1式
・ 金尺	1式
・ 油圧ジャッキ	1式

#### (2) 予備品の保有台数状況

・ スターターコイル (未使用)	44本
・ コレクタリング (未使用)	1個
・ ガイドメタル (使用済み)	68個
・ スラストメタル (使用済み)	6個
・ デフレクタ (交換済み既設品)	1式
・ カーボンブラシ (非純正品)	数個



2-1-4 既存設備・機材

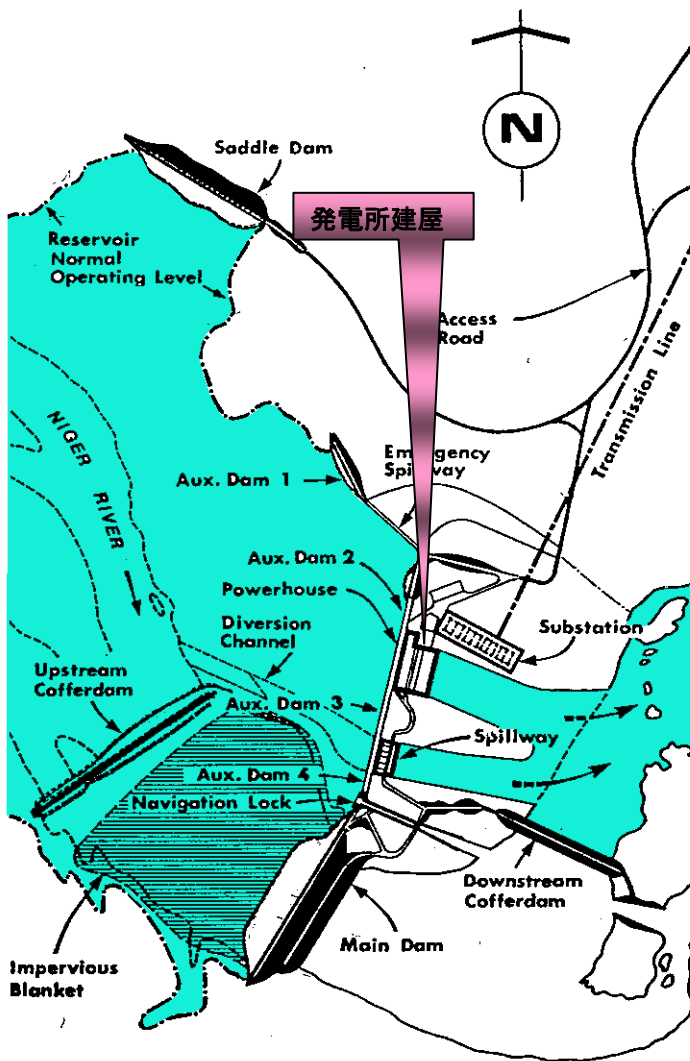


図2-1-3 ジェバダム及び施設平面図  
出所：JHEP

JHEPが取水するジェバ（Jebba）ダムは、「ナ」国中西部に位置するクワラ（Kwara）州とナイジャー（Niger）州の州境にあり、 $N=9^{\circ}08'14.53''$ 、 $E=4^{\circ}47'32.89''$ に位置している。満水時のダム湖水面の標高はEL=103mであり、同ダム湖は $303\text{km}^2$ 、貯水量 $1,000$ 百万 $\text{m}^3$ を有し、「ナ」国ではカインジ（Kainji）ダムに次ぐ貯水量・規模である。図2-1-3にジェバダム及び施設平面図を示す。主ダムは、ロックフィルダムで延長670m、本体部分は直線重力式コンクリートダムで総延長は337mであり、同ダム及び発電所は1985年に完成・運転開始した。同発電所は、6台の水車・発電機ユニットで構成され、定格設備容量は578.4MW（ $96.4\text{MW}/\text{Unit} \times 6\text{Units}$ 、有効落差27.6m）であるが、水量不足による有効落差の低下及び水車などの設備老朽化から発電効率は低下しており、JHEPによれば現状では約8割弱程度となっている。現在、6号水車発電機は故障のため、運転されていない。

ジェバ水力発電所は、下図2-1-4及び2-1-5に示すダム式発電設備であり、水車は縦軸プロペラ（オーストリアの水車メーカー製）方式が採用・設置されている。発電機は、本邦の重電機メーカーのものが設置されている。

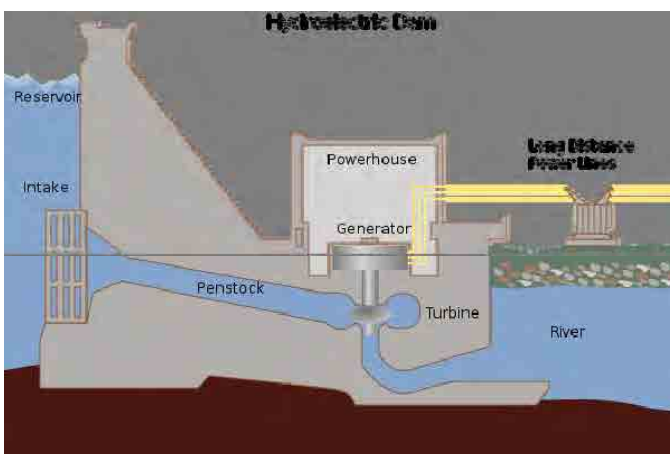


図2-1-4 ダム式発電設備概念図  
出所：JHEP

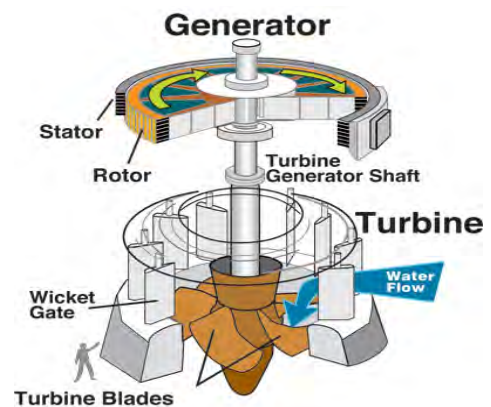


図2-1-5 縦軸カプラン水車及び発電機の構成概念図

出所：JHEP

JHEPに設置されている水車は、オーストリア・水車メーカー製の縦軸プロペラ水車であるが、アフリカ諸国での設置実績においては最も大きな水車である。この水車のプロペラ部分は5枚の羽根を有し直径は7.1mである。同社は、1978年に当時のNiger Dam Authorityより受注し、ドイツの工場で作成している。同水車は、製作から完成まで約7年の歳月を要して現在に至っている。

なお、ジェバ発電所設備の仕様概要は次表2-1-2のとおりである。

表2-1-2 JHEP設備概略仕様

項目・内容	ユニット番号					
	1号機 (2G-1)	2号機 (2G-2)	3号機 (2G-3)	4号機 (2G-4)	5号機 (2G-5)	6号機 (2G-6)
<b>1. 水車</b>	<b>Fixed Blade Propeller Single Runner</b>					
(1) 製造メーカー	Escher Wyss/Vatech/ANDRIZ, Austria					
(2) Turbine Blade (羽根数)	5枚 (羽根の直径: 7,100mm)					
(3) Guide Vane(Wicket Gate)	24					
(4) 有効落差 (m)	Min.25.0m~Max.29.7m					
(5) 有効水量 (m <sup>3</sup> /sec)	376m <sup>3</sup> /sec.					
(6) 運転時の有効水位 (m)	103.0~93.0m					
(7) 最大出力 (MW)	96.4MW (Output at Max. Rated Head: 102.7MW)					
(8) 回転数 (rpm)	93.75rpm, Runner Away Speed: 179rpm					
<b>2. 発電機</b>	<b>Type : Synchronous (Commissioning Year 1985)</b>					
(1) 製造メーカー	HITACHI, Japan					
(2) 出力 (MVA/MW)	103.5MVA/96.4MW					
(3) 回転数 (rpm)・回転方向	93.75 rpm/時計方向					
(4) 冷却方法	空冷 (Air Cooling) 12 Air Coolers/One Generator					
(5) 力率	0.85					
(6) 電圧 (kV)・電流 (A)	16,000V/3,735A					
(7) 周波数 (Hz)	50 Hz					
(8) 極数	64					
(9) 適用基準	ANSI C50.12 (1965)					
<b>3. 付帯設備</b>						
(1) 制御方式	アナログローカルコントロール (ユニットごと)					
(2) 主変圧器	16/330kV、119MVA×6					
(3) 維持管理用天井クレーン	主クレーン225t×2台 (補助クレーン50t/15t)					
(4) 所内用変圧器	11kV/415V、2MVA×4					

水車発電機は10年前に発電機の回転子の修理を実施しているほか、水車の速度制御を行う調速機については1号機から3号機まで速度検出部などの電気制御部をアナログからデジタルに更新している。このような部分的な機器の修理は実施されているものの、変圧器などの変電設備を含めた発電所全体の設備のメジャーオーバーホールは運転開始以来27年間実施されていない。このため、設備老朽化等により、同発電所の発電効率は低下している。2010年の各号機運転時間・出力については、表2-1-3に示すとおりであるが、6号機については2009年4月21日に発生した事故後、停止中である。

表2-1-3 JHEPの2010年における発電実績

発電機	総発電量 (MWH)	運転時間 (時間)	稼働率 (%)
1号機	686,252	8,213.9	93.8
2号機	511,168	5,820.3	66.4
3号機	637,869	7,659.3	87.4
4号機	335,563	4,165.6	47.6
5号機	522,898	5,964.5	68.1
6号機	停止中		
合計	2,693,741		72.7 (平均)

各機器及び設備の状況は、表2-1-4のとおりである。

表2-1-4 各機器の状況

	状 況
<p>コントロールパネルほか、制御装置関連機器</p>	<p>1. 制御装置</p> <p>ジェバ発電所の制御室 (30m×15m) は、発電所に隣接している管理棟の一階に位置し、制御室の後室は継電器室になっている。制御室の下階には直流電源室があり、充電器、蓄電池、直流配電盤が設置されている。制御室には、発電機コントロールデスクとジェバ発電所全体 (ダム・発電機・330kV開閉所) の監視盤 (mimic panel) と通信機器が設置されている。</p> <p>発電機コントロールデスクは、アナログローカルコントロール(ユニットごと)であり、押しボタンスイッチで、発電機の起動・停止操作を行う。発電機遮断器は、同期盤で系統の電圧・周波数を確認しながら、相違スイッチ (Discrepancy switch) でジェバ発電所電力を系統へ接続している。遮断器投入信号で、遮断器が投入されない場合は、この相違スイッチのランプが点滅を繰り返す。正常に投入された場合は、ランプが消灯する。また、アナログメーターにて発電機電圧・電流・電力・力率などが表示される。</p> <p>監視盤上部には周波数表示器がある。左側に土木関係 (ゲート開度・放水口水位)、中央に発電機故障を表示する故障表示器、同期及び所内11kV/415V模擬母線、右側に330kV開閉所模擬母線がある。土木関係では、各ゲート開度を表示するアナログメーター、ゲートに設置したリミットスイッチでゲート全閉・全開を表示している。発電機に重故障が発生した場合は、監視盤にある故障表示器が点滅するとともに、発電機を系統から解列し停止させる。発電所内にある11kVや415Vのブレーカーがトリップした場合も、この監視盤の故障表示器に表示される。</p> <p>330kV開閉所は、系統運用JHEP操作員の管轄外となっているが、各遮断器の状態は、この監視盤に表示されている。</p> <p>3人の操作員が3交代で24時間勤務しており、JHEPの監視をしている。操作員は、毎正時に運転中の発電機のデータ (電圧・電流・電力など) を手書きした後に、電話でNCCへ連絡している。</p> <p>まこの発電機コントロールデスクや監視盤は、スイス製で製造後30年を経過している。</p>
	 <p>写真① 制御パネル外観</p>
	 <p>写真② 運転記録</p>

今回は、4号発電機の調査であったが、水車軸に配置された“Speed Detector failure（速度検出器故障）”が発生しており、起動条件が成立せず、発電機の起動・並列・停止行程状況の確認は出来なかった。

継電器室は制御室と隣接しており、発電機用保護リレー盤、自動起動/停止盤及び発電機電力量盤で計30面、開閉所及び送電線保護リレー盤が25面設置されている。このうち送電線保護及び距離継電器は、既に最新CPU内臓継電器へ更新されている。保護リレーは、アナログタイプとデジタルタイプが混在している。この継電器室には、ジェバ開閉所からの330kV送電線2回線事故を記録するための事故自動記録計が設置されていたが、故障したまま放置されている。



写真③ 継電器室

## 2. 関連機器類

### (1) DC110V充電器及び蓄電池



発電所や開閉所機器操作、制御、表示及び警報用110V蓄電池&充電器システムは、制御室下階に設置されていて、充電器3台と蓄電池群2系列からなる。蓄電池は、既に更新されている。

### (2) 低圧交流電源盤

発電機建屋内に設置されている交流電源盤は、発電機から降圧された11/0.415kV所内用変圧器で発電所や開閉所機器に必要な低圧の交流電源を供給している。建設時から30年以上経過しており、現時点で装置に特

に問題はないが、使用している機器の予備品供給が困難となっている。但し、低圧遮断器は、代替品で対応可能と考える。

### (3) 119MVA変圧器

発電機出力を送電するために昇圧する119MVA 16/330kV変圧器6台は、発電所の上流壁側屋外に設置されている。発電機から変圧器までは、母線（ブスダクト）で直接接続されている。4号機用変圧器については、漏油跡などの異常は確認されなかった。

### (4) 330kV遮断器

開閉所内に設置されている発電用遮断器は、開所当時は圧縮空気操作機構を使用した屋外用ガス遮断器であったが、2009年の事故以来現在までに事故の発生した4号機を含む3台がフランス製の最新式電動バネ操作機構の屋外ガス遮断器に更新されている。開取り調査の結果では、今後順次に他の遮断器も更新するとのことであった。



写真⑤ 330kV遮断器



## 水車

水力発電は水のエネルギーで水車を回し機械的エネルギーに変換し、さらにこれを発電機で電気エネルギーとして取り出し発電するものである。すなわち水力発電では上水池と下水池との高低差を利用し、その落差分による水の流れを使って水車を回転させて発電するものである。

JHEPにおいては、出力を決定する有効落差は上水池水位（ジェバ調整池水位）103mから下水池水位（放水庭水位）75.4mを差引いた数値27.6mである。ジェバ調整池はカエンジダムの下流に位置しており、カエンジ発電所から発電後に流出した水を貯めるもので、年間の水位変動は4m程度となっている。このため年間の有効落差の変動が少ないことから水車にはプロペラ式羽根車（ランナー）が採用されている。プロペラ式においては羽根角度の調整はなく、羽根角度は一定に保たれるように固定されている。また発電所建設時の土木の掘削費用と建屋面積を少なくするために、縦軸形水車が採用されている。



写真⑥ 近接スイッチセンサー

水車の回転速度の調整は调速機（ガバナー）によっておこなわれている。機構的には、水車軸に取付けられた近接スイッチセンサーで検出された回転速度信号を调速機（ガバナー）が調整し、その結果圧油装置によってサーボモータを動かし24枚ある案内羽根（ガイドベーン）の角度を調整している。最終的には羽根車（ランナー）に流入する水の量を調整し、水車の回転速度を一定に保つように制御されている。

一方、JHEPには水車に流入する水を遮断する入口弁は設けられていない。このため、水車の内部点検の際には上流側の入口水門（インテークゲート）を閉めるとともに下流側の出口水門（ドラフトゲート）を閉める必要がある。この目的のため、出口水門（ドラフトゲート）の開閉操作用に設置された門形クレーン（ガントリークレーン）の吊り上げ容量は70t（35tが2基）である。



写真⑦ 出口水門ゲート（ドラフトゲート）及び門形クレーン（ガントリークレーン）

なお、水車の主要仕様は表2-1-2に示したとおりである。

今回の調査においては、封水作業の都合から水車から水を抜いての内部点検は出来なかったが、運転開始後からの合計運転時間が4号機と2号機でほぼ同じである。このため、目視による2号機水車の抜水点検結果から4号機の状況を推定することが出来る。



写真⑧  
2号機水車内部の流水部  
整流羽根（ステーベーン）入口部

2号機水車は、水の流速が遅いこと及び回転数が低いことから、キャビテーションなどによる影響はほとんど無く、修理の必要性は少ない。今回の2号機の点検結果及びこれまでの4号機水車の運転状況から、4号機水車の状況は概ね良好と判断され、今後定期的な点検を行うことにより、継続した利用は可能と判断される。

発電機	<p>発電機の緒元については表2-1-2 JHEP設備概略仕様を示したとおりである。ジェバ発電所発電機は縦軸の同期発電機で、特徴としては出力が100MWと大型で、水車の有効落差が少なく回転数が少ない事から、発電機の中で水車軸と一体になり回転する事で電力を発生しているポールと呼ばれる部品の数が多い事にある。ポールとは珪素鋼板に銅線を巻いたコイル（フィールドコイル）と呼ばれる部品で、発電機は回転数が早いほどポール数が少なくて済む構造となっている。通常の水力発電所は有効落差が80m程度であり、回転数は毎分500回転程度であるため、ポール数は12個となる。一方、ジェバ発電所の発電機は毎分約93回転であり、64個のポールが取り付けられている。このためジェバ発電所の発電機は、スパイダーと呼ばれるポールの取り付け部分を大型（大口径）にする必要があり、結果的に同部品は非常に大型の重量物（約450t）となっている。</p>																	
天井走行クレーン	<p>JHEPクレーンは2基の天井走行クレーンが稼働している。それぞれの天井走行クレーンには、225t、50t及び15tのクレーンが備え付けられている。現在それぞれのクレーンは下記の故障が発生している。</p> <table border="1" data-bbox="367 705 1396 1041"> <thead> <tr> <th>天井走行クレーン</th> <th>クレーンの種類</th> <th>状態</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">A</td> <td>225t</td> <td>× 故障中</td> </tr> <tr> <td>50t</td> <td>× 故障中</td> </tr> <tr> <td>15t</td> <td>× 故障中</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">B</td> <td>225t</td> <td>○ 稼働中</td> </tr> <tr> <td>50t</td> <td>△ 動作はするが、クレーンヘッドを吊るワイヤーのブレーキが壊れており、危険な状況。修理が必要である。</td> </tr> <tr> <td>15t</td> <td>× 故障中</td> </tr> </tbody> </table> <p>本事業では4号発電機回転子を修理するが、最大重量は約450tであり、このため天井走行クレーンの修理は必要である。現在JHEPはクレーンの修理について実施段階にある。</p>	天井走行クレーン	クレーンの種類	状態	A	225t	× 故障中	50t	× 故障中	15t	× 故障中	B	225t	○ 稼働中	50t	△ 動作はするが、クレーンヘッドを吊るワイヤーのブレーキが壊れており、危険な状況。修理が必要である。	15t	× 故障中
天井走行クレーン	クレーンの種類	状態																
A	225t	× 故障中																
	50t	× 故障中																
	15t	× 故障中																
B	225t	○ 稼働中																
	50t	△ 動作はするが、クレーンヘッドを吊るワイヤーのブレーキが壊れており、危険な状況。修理が必要である。																
	15t	× 故障中																

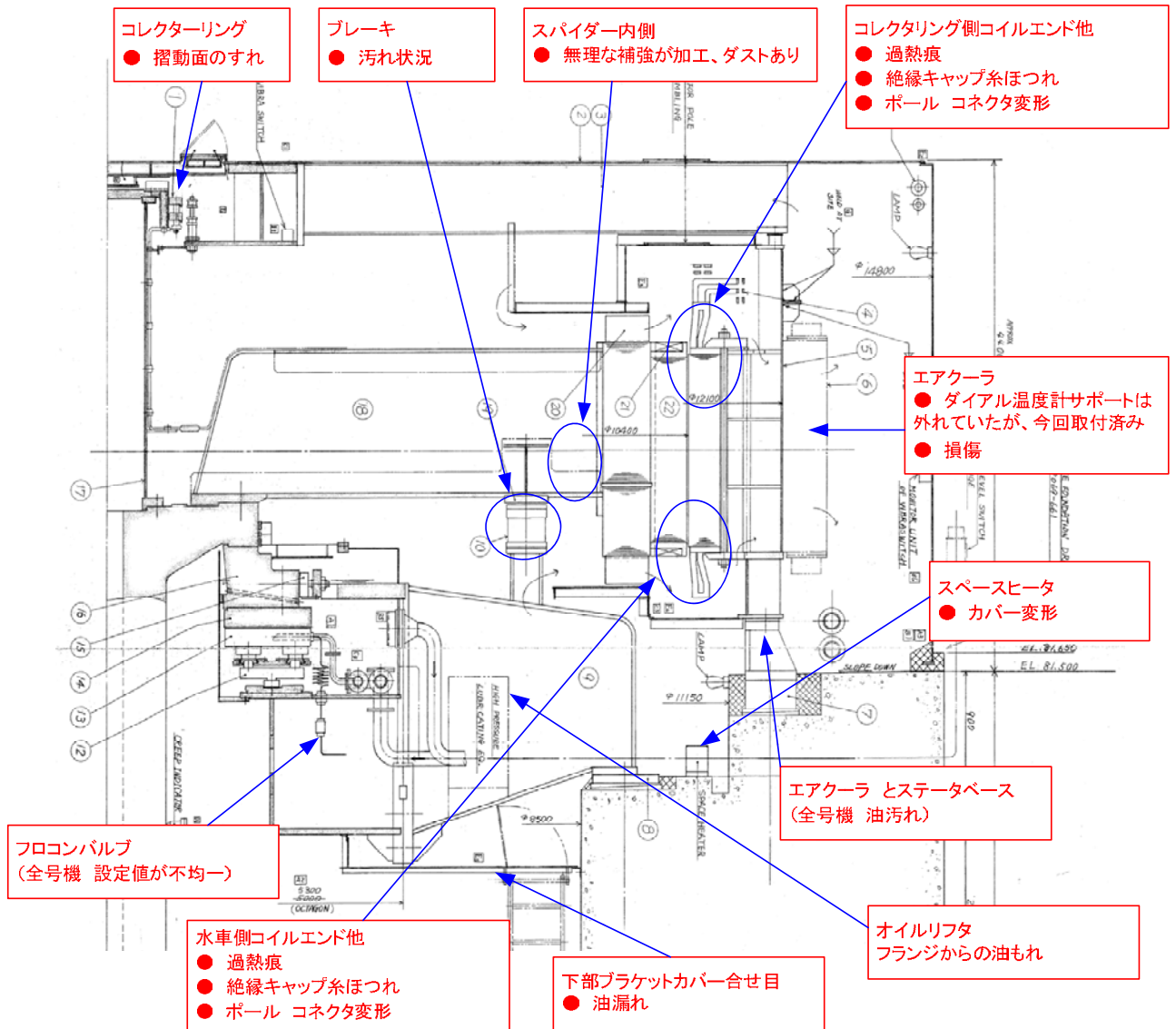


図2-1-6 4号発電機不具合カ所（巻頭写真参考）

## 2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 市内電源

前述のとおり、「ナ」国の電力インフラは、FMOPの監督・責任の下、PHCNにより運営・管理されている。一般需要家向けの低圧配電電圧は415/240V、周波数は50Hzである。「ナ」国では配電電力不足または風雨などの天候により短時間の停電が連日発生しているが、本事業対象地であるJHEPの周辺地域では長時間の停電は稀であり、比較的安定している。

#### (2) 道 路

首都アブジャからナイジャー州都のミンナまではアスファルト舗装路で繋がっており、そこから本事業対象地域のジェバへのアクセスは、テギナ（Tegina）を経由する北回りと、ナイジャー州の南側を通る南回りの2ルートがある。南ルートの場合、途中のビダ（Bida）までの道路は比較

的狀態が良いものの、そこから先のジェバまでの169km区間は路面表層材の剥離により穴だらけの狀態であり、減速しながらこの穴を避けて通行するために非常に時間を要する。走行距離は長くなるが、テギナ (Tegina) 経由の迂回ルートを利用することが望ましい。

### (3) 通 信

「ナ」国の固定電話は、ナイジェリアテレコム社 (Nigeria Telecommunications Plc : NITEL) により運営・管理されており、携帯電話 (GSM : Global System for Mobil Communication 方式) についてはMTN Nigeria、M-Tel、Glo Mobileなどの複数社によるサービスが普及している。また、インターネットについては複数社のプロバイダが免許を取得しており、無線を利用したブロードバンドサービスも提供されている。本事業対象地域であるジェバの携帯電話の通信狀態は、「ナ」国でメジャーなMTN Nigeria社の通信域がカバーされておらず、Glo Mobile社のみ利用が可能である。またインターネット接続については、JHEP近郊は無線ブロードバンドのエリア範囲外となっていることから、同サービスを用いたインターネット接続はできない状況である。したがって、同地域ではインターネット・電子メールの接続環境が整っていないことから、本事業の実施設計及び施工期間中、日本人派遣技術者が滞在する際には、日常の安全管理並びに日本側との迅速・円滑な連絡手段を確保するため、インマルサットなどの衛星通信機器を常備することが望ましい。

## 2-2-2 自然条件

### (1) 気象条件

「ナ」国の気候は、5気候区に分けられる。各気候区の分布と特徴を表2-2-1に示す。なお、JHEP周辺はギアナースーダン気候区に位置する。

表2-2-1 「ナ」国の気候区

気候区	位 置	特 徴
①サヘル	北端部、概ね北緯12° より北	年降水量500～700mm
②スーダン-サヘル	アブジャ、カドゥナ、ジョスを含む北緯12° より南	年降水量1,000mm、ジョス高原では1,500mm
③ギアナースーダン	ニジェール-ベルエ地溝の南及びミンナ盆地周辺	年降水量1,300～1,500mm、ニジェール-ベルエ地溝では1,000～1,200mm
④森林サヘル	概ね北緯7° 30' と6° 30' の間	年降水量1,500～2,000mm
⑤森林ベルト	概ね北緯6° 30' より南側	年降水量約2,000mm、東経5度より西側では1,500～2,000mm、東側では2,000～3,000mm

「ナ」国では、“ハマターン”と呼ばれるサハラ砂漠からの砂塵を含む砂嵐が、例年12月～翌年2月頃まで全土に渡って吹き荒れることが多い。この時期には視界が200m程度になることもあり、また、風速30m/秒程度の突風が吹くこともある。なお、雨期においては、南西季節風がギニア湾から高温多湿の空気を運んで雨をもたらし、午後から夕方にかけて雷雨性のスコールが多く発生する。さらに、スコールが始まる前に突風を伴う場合があり、ハマターンと同様に搬入された荷物の梱包材などの散乱に配慮する必要がある。また、雨期の始まる頃には、深夜から明け方にかけて激しい雷雨になることがある。

「ナ」国航空省の資料によると、年間平均雷発生日数は約80日である。雷雨性のスコール時に



は、極度に大気が不安定となり、雷光・落雷が絶え間なく発生する。

(2) 降雨量・気温など

過去5年間の統計（2006～2010年）によると、JHEP周辺の気温は、最高気温40℃であり、乾季に高く雨期に低い傾向にある。本事業対象地の気温を図2-2-1に示す。また、ジェバの年間降水量は2006年で1,002.9mm、2007年は1,136.5mm、2008年は1,041.6mm、2009年は933.7mm、2010年は1,140.1mmである。例年11月～翌年3月は乾季となり、2006年の2月に例外的に30mmの降雨量を記録しているものの、他の月はほとんど雨が降っていない。雨期は、例年4月から10月にかけてで、特に7月、8月は月間雨量が200mmを超える雨量となる。本事業対象地の降水量を図2-2-2に示す。

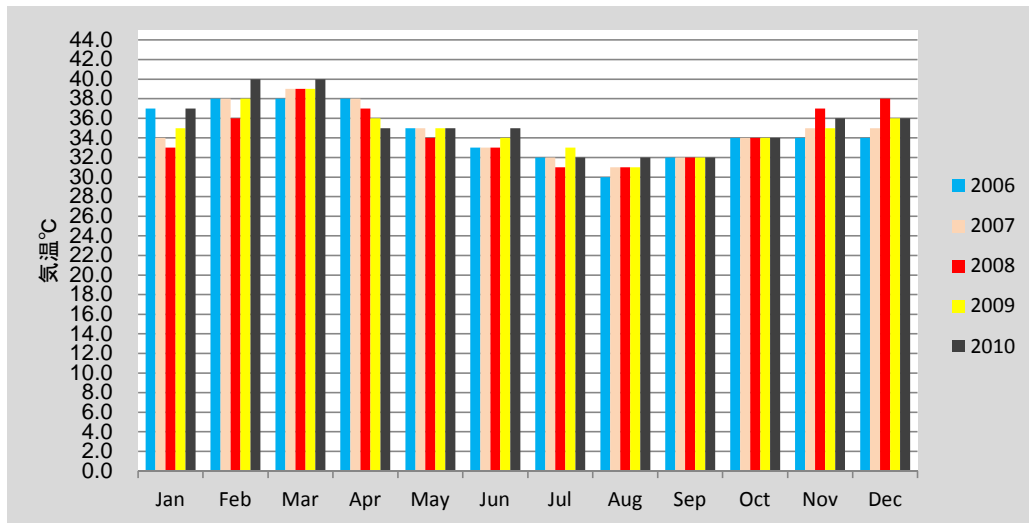


図2-2-1 JHEP地点における月間最高気温

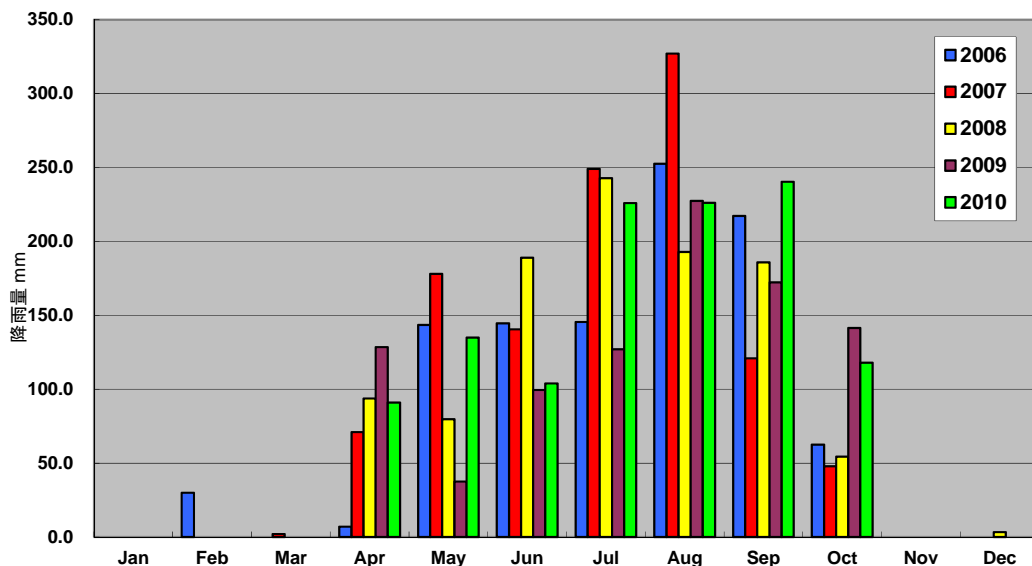


図2-2-2 JHEP地点における月間降雨量

### 2-2-3 環境社会配慮

本事業は、既設発電機を安全に運転する事を目的とした絶縁更新を含むことから、同工事に伴う以下の環境社会配慮事項が生じる。

#### 2-2-3-1 環境影響評価

JHEPへの聞き取り調査では、工事に必要な道路は既に整備されていること、水力資源の開発利用は国の施策であること及び27年前に建設されたジェバ発電所用発電機の改修プロジェクトであることから自然社会環境に特段の影響がないため、本事業の実施にあたっては「ナ」国内法規に基づく環境影響評価（EIA）を実施する必要はないとの回答を得ている。

#### 2-2-3-2 事業実施により想定される影響の有無

本事業は27年前に建設された水力発電所の水車発電機等の機器の更新修理であり、工事の殆どが屋内作業であること及び工事期間が1年以内であることを考慮すると、景観及び社会環境に及ぼす影響は最小限であると考えられる。本事業サイトは発電所敷地内にあり、市街地からも離れた場所に位置していることから、工事の際に出入りする車両の影響はない。また、発電所の出入り口は常時守衛によって入門管理されていることから、工事現場に第三者が立入るなどの危険性は極めて低いと判断される。また屋内作業が殆どであり、工事により発生する振動、粉塵及び騒音は少なく、加えて住民居住地域は発電所からかなりの離隔距離があることから、近隣住民に及ぼす影響はないと考えられる。

また、撤去する既設コイルには、アスベストが含まれるが、アスベストの処理については、「ナ」国の国内規制に従って業者が適切に処理することで問題は生じない。また、現地での作業は発電機部品の交換であり、部品製造及び加工の大半は環境の整備されたわが国の工場内で実施されることから、現地作業における水質や大気質の影響はない。

#### 2-2-3-3 アスベスト使用箇所について

今回現地調査を行った結果から、アスベストを利用した部品を表2-2-2に記す。

また、本事業で絶縁コイルを更新した場合、アスベストを含んだ廃棄物が発生することから、以下2-2-3-4に示す手順に従って撤去・処分を行う必要がある。また、撤去時の具体的な対策についてはナイジェリア国内規制が存在しないため、表2-2-2に示したとおり、日本の石綿障害予防規則（以下、石綿則）等に準拠した作業を行う必要がある。

表2-2-2 アスベスト使用のある機材

		用途	撤去時の安全対策など
既設ステーターフレーム6分割部分のコア合わせ目絶縁紙	1式	ステーターフレームはいくつかの部位に分割されているが、ステーターの合わせ目部分に絶縁材として使用されている。	コアの分割時に飛散する恐れがあるため湿式作業が必要となり、養生など十分な作業注意が必要となる。 「ナ」国には規定が存在しないことから、わが国の規定（石綿則）を適用し、呼吸用保護具、保護衣を装着し、湿潤化した環境で実施する。
既設高抵抗コロナシールド	1式	全コイルエンド上下部	ワニスによりコイル表面に固着され、さらに外装テープに覆われている。コイル解体時にアスベスト部を破損する恐れがあることから、養生など十分な作業注意が必要となる。
既設フィールドコイル層間絶縁材	1式	全コイル間	内側に積層されている構造であり、外表面はワニスで覆われている。フィールドコイル解体する場合には飛散する恐れがあるため、養生など十分な作業注意が必要となる。

#### 2-2-3-4 アスベストに係る「ナ」国環境規制

「ナ」国の建築に係わる規制 (National Environmental (Construction Sector) Regulation, 2011)は、Federal Republic Nigeria Official Gazette No.46 Lagos-17th May, 2011 Vol.98において発表された。同内容によれば、アスベスト取り扱いについて以下のように定められている。

- アスベストは建設現場に使用してはいけない。
- 解体・撤去作業に際して、工事が実施される場所において、アスベストの影響についてナイジェリア環境庁 (the National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency) より認証された検査官による検査と評価を受ける。
- アスベストが含まれる材料の質、量を踏まえて、検査官が必要な撤去方法及び廃棄方法について指示 (recommendation) を行う。
- 撤去作業の完了に際して、解体・撤去業者はナイジェリア環境庁に届出書を提出する。

#### 2-2-3-5 廃棄物の処理

本事業におけるアスベストの撤去・廃棄については上記の規則に従うこととするが、既設発電機コイルは基本的に「ナ」国資産であることから、その廃棄作業は「ナ」国側により行われることが妥当である。

なお、本事業に係る環境チェックリストならびにモニタリングフォームを添付資料として示した。モニタリングフォームでは、アスベストの撤去・廃棄に際して実施機関及び施工業者が遵守すべき項目について示している。「ナ」国側は、本フォームに沿って作業のモニタリングを行い、その結果をJICAに報告する必要がある。

#### 2-2-3-6 工事中の安全対策

アスベストを含む材料を取り扱う作業については、作業員の工事中の安全を確保するため必要な対策を講じる必要がある。具体的には、国内で同様の作業を行う際に適用を受けている日本国内法令（石綿則）で「レベル3」にあたる内容を最低限順守する必要があり、表2-2-2に示した通り、呼吸用保護

具、保護衣を装着し、湿潤化した環境で実施する。アスベスト撤去作業においては「ナ」国規制を順守しつつ、実際の作業においては日本の国内規則も参照したうえで安全性の高い方法を採用した作業手順とする必要がある。

### 2-3 その他

本事業は、水力発電所機器の修理を通して化石燃料の使用を抑制し、気候変動に対する開発途上国の緩和策を支援するものである。

## 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

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクトの目標

前述のとおり「ナ」国は、電力供給設備に対して需要が大きく上回った結果、電力供給不足が顕在化している。このため「ナ」国は国家開発政策に電力の確保を重要課題に位置付け、発電所の建設のほか、既設発電所の増設・改修などを進めている。また化石燃料だけでなく再生可能エネルギーの分野にも開発を行うことでエネルギーの多様化を推進している。

ジェバ水力発電所では、2009年4月に4号及び6号発電機において、落雷により所内電源が喪失する事故があった。これにより遮断機操作用の圧縮空気を作成できなくなった（この遮断機には圧縮空気を溜めるタンクがあり数度の遮断機操作に問題ないはずであったが、当時この圧縮空気タンクには空気漏れが起きていた）ことから、事故発生時に遮断機の「切」操作を行えず、送電線の電流が逆に発電機方向へ流れコイルに過大な電流が流れる事故（モータリング）が発生した。

この事故の結果、現在も6号機は未だ運転を再開できておらず、「ナ」国側の自己資金による修理に向けた準備が進められている。4号機は最大発電量を約半分に抑えて運転しているものの、コイルの絶縁不良や水車軸の振動などの問題がみられ、安定的な運転を行えない状況となっている。

このような背景の下、4号発電機の発電能力の改善を図ることは、継続して安定した電力供給量を確保することを可能とし、あわせてメンテナンスのための維持管理の低減が可能となるなど、「ナ」国電力事情の改善に貢献することが見込まれる。また、自然エネルギーによる電力エネルギーを確保することで、エネルギー源の多様化ならびに化石燃料によるCO<sub>2</sub>発生の低減に寄与することが見込まれる。

こうした状況のもと、本事業は、電力供給の安定と電力エネルギー源の多様化を目指す「ナ」国政策に貢献するため、「ナ」国における主力発電所の1つであるジェバ水力発電所において、事故により稼働率が低下している4号発電機の緊急改修を行うことにより、同機の機能回復を図ることを目的とする。

#### 3-1-2 プロジェクトの概要

ジェバ（Jebba）水力発電所は、「ナ」国西部を流れるニジュール川に建設されたジェバ調整池（貯水量10億m<sup>3</sup>）を利用する1985年に完成・運転開始した水力発電所である。同水力発電所は6台の水車・発電機ユニットで構成され、有効落差27.6m、定格設備容量は578.4MW（96.4MW/Unit×6Units）である。同河川には上流にカインジ水力発電所（760MW）があり、同水力発電所の放流水を利用し、発電を行っている。

4号発電機は運開後、2001年に自助努力でオーバーホールを行っているが、それぞれ以下が原因とみられる不具合が生じている。具体的な不具合カ所の詳細は図2-1-6に示した。また、写真については巻頭写真に示した。

##### (1) 2009年の事故

2009年に発生したモータリングによりステーター及びローターコイルが発熱した結果、絶縁材料などに劣化が生じており、絶縁不良などが発生している。このため発電機の振動などを招いている。

(2) 経年劣化・調整不良等

ジェバ水力発電所は1985年に運転を開始しているが、製品・部材の製造は1981年頃であることから、既に耐用年数を超えている製品・部材が大半であり、オーバーホールが必要な状況となっている。また、以下が原因とみられる振動が発生している。特に4号発電機については、事故の後に6号発電機より一部の比較的状态の良いポールを移設しており、その際に分担電圧等の調整が不十分であったことも原因と考えられる。これらの不具合は発電機の更なる損傷を拡大させる恐れがある。

- ・ フィールドコイルに係る電圧のアンバランス
- ・ ポールとステーター間のエアギャップ調整不足など電氣的な原因
- ・ 水車軸センターの調整不良
- ・ スラストメタルの不具合など

特に、ジェバ発電所の発電機では、スパイダーと呼ばれるポールの取り付け部分を大型（大口径）にする必要があり、結果的に同部品が非常に大型の重量物（約450t）となっている。このため、スパイダーへの損傷（クラック）が生じており、当該部品を含めて重量を支持する軸受け（スラスト軸受け）などについても修理する必要がある。

以上から、協力の範囲については、要請内容の技術的妥当性を評価した上で、現地調査などを通して優先順位付けを行った。その際、表3-1-1に示す範囲を念頭に検討した。

表3-1-1 協力対象範囲に関する考え方

項目	内容
2009年の事故による故障箇所の復旧	ステーター及びローターコイルの絶縁更新を行う。具体的には、発電機の固定子と呼ばれる部分に電流を流すコイルの絶縁部分を交換することで、劣化して温度上昇を招く絶縁物を更新することにある。導線を通る電流は一般的に温度が上昇すると流れにくくなるため、絶縁物を交換して温度を下げることで効率を改善することが可能になる。このような修理作業を絶縁更新と呼んでいる。 また、発電機回転時の振動を最小限に抑え安定した回転となるよう、コイルとコイルを接続する部品を交換してバランスを取る。
経年劣化対策（オーバーホール）	発電機を分解した際にのみ交換可能な部品（スラスト軸受け及びエアクーラなど）について交換を行う。
設備改善	設備改善に係る部品交換（センサー類など）も可能な範囲で行う。

以上から、協力対象範囲を表3-1-2のとおりとする。

表3-1-2 協力対象範囲

当初要請の計画	国内解析後の計画（案）	数量
(1) ステーターコア及び付属品	1. ステーターコア及び付属品	1式
(2) ステーターコイル及び付属品	2. ステーターコイル及び付属品	1式
(3) ローターポール	3. ローターポール	1式
(4) ローターリムサポート改造材料	4. ローターリムサポート改造材料	1式
(5) 吊り金具 他	(不採用)	

当初要請の計画	国内解析後の計画（案）	数量
(6) 改造用品、機器類	5. 改造用品、機器類	1式
(7) 道具類	(不採用)	
(8) 計器用変流器	6. 計器用変流器	1式
(9) 発電機用遮断器	(不採用)	
(10) 現地工事	7. 現地工事	1式

Notes: Lubricating oils are not included in the above table, and to be prepared by Nigerian side.

なお、一部、要請段階より外した協力対象があるが、その理由は表3-1-3のとおりである。

表3-1-3 不採用の理由

項目	優先順位と方針
吊り金具 他 道具類	据付工事に必要な道具であるが、その他の発電機の改修にも使用可能であること、先方自己資金による調達が可能であること等に鑑みて、協力対象外とする。
発電機用遮断器	現在、発電機用遮断器は屋外の開閉所に設置されている。要請の内容は、運用上の問題から発電機と変圧器との間に新たに遮断器を設けるものである。設置場所は発電所建屋内の励磁装置付近と想定される。現在の遮断器との取り合いが複雑となること及び設置スペースに限りがあることなどから、不可能ではないが据え付けや制御装置のインターフェースの変更が生じるため対象外とする。

また、相手国より要請があった改造用品の中に“rebabbiting thrust and guide bearings”が含まれているが、これは既存各種メタル（ベアリング）の修理（鋳替）を意味する。本事業では接触面が摩耗している既設メタルを新しいメタルと交換する。既設のメタルについては製造工場に持ち帰り、接触面を再生修理することで、これをスペアパーツとして確保し非常時に備えることが可能となる。しかしながら、メタルに利用されている金属は特殊であり、予備品としての保管期間は約10年程度であることから、この期間でメタルの交換の可能性（非常時）が少なく、多額の投資を行っても利用せずに廃棄する可能性が高い。また、修理に際しては「ナ」国内では困難であり、製造元メーカーで修理を行う場合、輸送費用などに要する事業費も大きい点も考慮して協力対象外とした。非常時あの発生の頻度が非常に少なく、交換が必要な際に調達を行うことも可能であることから、事業効果に影響はないと判断した。

### 3-1-3 その他（事故の再発防止策）

2009年4月に発生した事故（モータリング）については、雷害起因による所内電源の喪失が原因とされている。詳細については、保護リレー動作状況、遮断器動作情報、操作情報などを自動的に記録するイベントレコーダーが整備されていないことから不明であるが、以下の事実が確認されている。（推測される事故概要については本章冒頭に述べたとおり。）

- ・ モータリング発生時に遮断器が自動トリップしなかった。
- ・ 事故発生後、4号発電機用遮断器を手動にて開放しようとしたが、操作不能となったため、NCCに連絡し、330kV開閉所側遮断器を遮断して切り離れた。

今回、我が国無償資金協力により4号発電機の改修を行うに際して、将来、同様の事故が起こらないように再発防止策がとられていることが重要になる。本調査を通して確認したところ、JHEPは事故後に以下の対策を実施していることが明らかになった。今後は、同様の事故時に過電流を適切に遮断できることが見込まれる。



- ・ 圧縮空気を利用して動作する旧式（pneumatic operating mechanism type）の4号発電機用遮断器をコイルスプリング（spring powered stored energy operating mechanism type）による遮断器へ更新した。
- ・ モータリング時に保護リレーから遮断器をトリップさせる配電盤回路の見直しを行った。

## 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

「ナ」国の逼迫した電力需給の緩和を図るため、ジェバ水力発電所の4号発電機の修理を行う。具体的には、2009年の事故による故障箇所の修理、経年劣化した部品の交換（オーバーホール）及び設備改善を基本方針として設計を立案する。

#### 3-2-1-2 自然条件に対する方針

##### (1) 温度・湿度条件に対して

ジェバ発電所周辺地域は一年を通じて気温は30℃から40℃と高温であるが、本事業で調達される機材・機器・部品は発電建屋内の発電機に据付けられることや、これまでの27年間の実績を踏まえると、発電機出力が回復することによる発電機からの発熱量を考慮した特別の設計は必要ない。また、本事業では高温・多湿を避ける必要がある精密部品・機器などについての調達計画はない。

##### (2) 降雨条件に対して

当該地域での年間を通じて降雨量が多い時期は5月～10月であるが、最も降雨量が多いのは7月～8月に限定される。したがって、この時期は降雨による道路事情の悪化が予想されることから、可能な限り同時期を避けた機材・機器・部品の搬入計画を立てるとともに、時間的に余裕を見た輸送計画を立案する必要がある。ただし、据付作業の大半は発電所屋内で行うことから、本事業で調達する機材・機器・部品の据付時期に関しては、降雨条件を考慮する必要はない。

#### 3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

本事業対象サイトは、近隣の街から離れた場所にあり、さらに発電所の出入り口は常時守衛によって入門管理されていることから、第三者に対する本事業の影響は少ない。また、発電所自体が発生する騒音も少ないこと、また住民居住地域から十分な離隔距離が確保されていることから、近隣住民に及ぼす影響はない。なお、「ナ」国民の約半数がそれぞれキリスト教徒及びイスラム教徒であることから、工程計画を策定する際は、それぞれの宗教に応じた祭日・休日を十分考慮する必要がある。

#### 3-2-1-4 現地業者の活用に係る方針

「ナ」国では、外国資本の現地総合建設業者や電気工事会社などがあり、本事業での労働者、運搬用車両、建設工事機材などの現地調達は比較的容易である。現地の建築業者で無償プロジェクトのサブコンとして実績を有する業者は3社以上あり、発電機の性能に係る作業以外であれば、発注は可能である。このため、ふつう作業員については、現地業者より雇用する計画である。また、本事業で調

達された機材・機器などの港からジェバ水力発電所までの内陸輸送などは現地業者への発注が可能である。

一方、発電所機材・機器及び補機などの据付・設置工事を行う技術者や現地業者は「ナ」国内に存在するものの、本事業と同程度の規模の据付・設置工事の経験はなく、さらに機材・機器据付時並びに据付け後の調整・試験などにはレベルの高い技術者を必要とする。したがって、本事業で調達する発電所機材・機器などを据付ける際には日本から技術者を派遣し、品質管理、技術指導及び工程監理を実施する必要がある。

#### 3-2-1-5 運営・維持管理に対する対応方針

JHEPは、1985年の運転開始以来、今日まで運転・維持管理を発電所職員で行ってきた実績があり、当該発電所の技術者は技術的にも熟練している。また、本事業での発電機改修は既存の機材・機器・部品の取替えが主体となることから、従来どおりの確立された運転・維持管理方法で十分に対応が可能である。ただし、2009年の事故の経験から、「ナ」国側は様々な事故を想定した設備の非常停止訓練などを実施することが必要であり、また、これらの機器が常に正常に操作されるよう日々のメンテナンス・確認なども必要である。

#### 3-2-1-6 機材の調達範囲及び技術レベルの設定に係る方針

上記の諸条件を考慮し、本事業の資機材の調達範囲及び技術レベルは、以下を基本方針として策定する。

##### (1) 機材の範囲に対する方針

技術的及び経済的に適切な設計とするために、資機材の仕様は可能な限りIECなどの国際規格に準拠した標準品を採用し、かつ、制御装置や配電線据付などでは、電源部やケーブルコネクタの種類など組み立て部品や装柱金物など共通部品とすることで、故障の際の在庫部品などの維持管理の負担を軽減することが可能である。今回の発電機修理の場合、ダイヤル温度計、ケーブル、リミットスイッチ等に対してこのような資機材の互換性確保を図り、必要最小限の設備構成、仕様、数量とすることを検討する。

##### (2) 技術レベルに対する方針

本事業で調達する発電機を構成する各機材・機器の仕様は、本事業完了後の運転・維持管理を実施するJHEPの運転・維持管理部門の技術レベルを考慮し、複雑な構成や仕様とならないよう留意する。

#### 3-2-1-7 工法/調達方法、工期に係る方針

日本または第三国から「ナ」国までの調達機材の輸送は、海上輸送が主となる。「ナ」国のラゴス・アパパ港から本事業対象地であるジェバ水力発電所までは、約410kmと輸送距離が長く、また輸送道路の約4分の1区間で悪路が続くことから、輸送資機材の養生・梱包には最大の注意を払い、周りの交通に障害を及ぼすことなく、安全かつ確実な調達が実施できるよう十分に注意する。

日本からの海上輸送では直接「ナ」国に入港する船がないため、韓国、中国、シンガポールなどの近隣港で積み換えが必要であり、所用期間としては2ヶ月程度を見込む必要がある。

なお、本事業での資機材・機器調達の内容から短納期品と長納期品が混在しているため、短納期品は完成した段階で輸送する方法を策定し、これに合わせた据付・設置工程を考慮する。なお、長納期品（ローターポールなど）については、設計及び製作に10ヶ月程度を要することから輸送も含めると発注（業者契約）から1年程度が必要となる。このため、これらの長納期品の製作日数に全体工程・工期が左右されることから、製作図作成、承認作業、工場検査など無駄のない工程計画が必要である。

### 3-2-2 基本計画

#### 3-2-2-1 全体計画

4号発電機修理については、電力を発生させるステーター（固定子）及びローター（回転子）コイル、水車発電機の全体重量を支えるベアリングが収まるスラスト軸受け、スラスト軸受けに潤滑油を供給するためのポンプ及びバルブ類（スラスト軸受け内の冷却用オイル配管に流れるオイルの温度を下げるオイルクーラを含む）、発電機全体を冷却するための冷却水の温度を下げるエアクーラ及び維持管理用のスペースヒータ等を交換するとともに、温度計などのメータ類についても交換を行う。

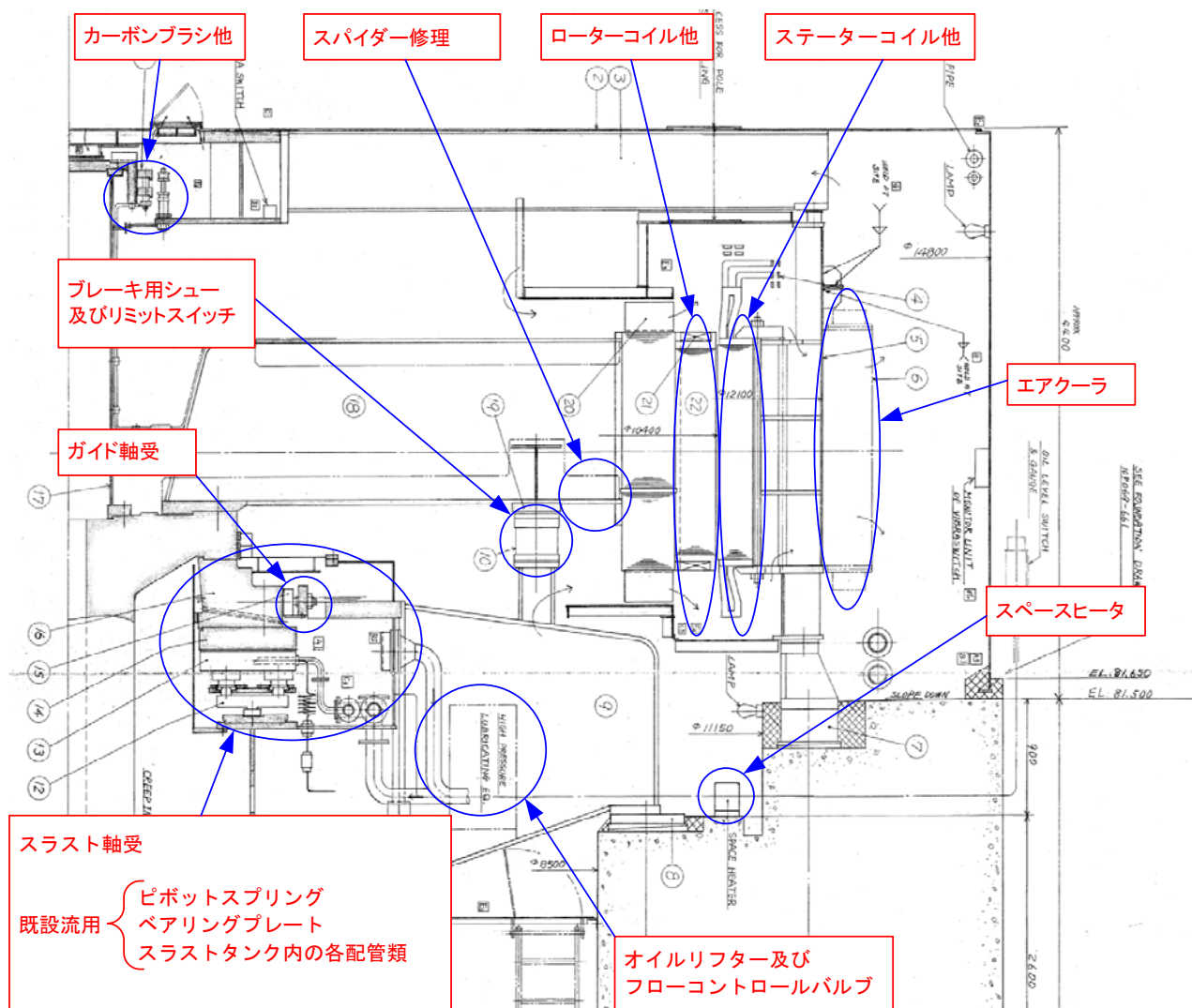


図3-2-1 4号発電機修理全体計画

### 3-2-2-2 設計条件

本事業の規模、仕様の策定に当たり、前述の諸条件を検討した結果、下記設計条件を設定する。

#### (1) 据付工事予定地

据付予定位置：ジェバ水力発電所 既設4号発電機

#### (2) 気象及びサイト条件

- 1) 設計温度：気温40℃（最高）
- 2) 設計相対湿度：最大95%（結露しないこと）
- 3) サイト条件：標高（平均海面から）：100m

#### (3) 適用規格

	規格名	適用
(a)	国際電気標準会議規格（IEC）	電気製品全般
(b)	国際標準化機構（ISO）	工業製品全般
(c)	日本工業規格（JIS）	工業製品全般
(d)	電気学会 電気規格調査会標準規格（JEC）	電気製品全般
(e)	社団法人 日本電気工業会規格（JEM）	電気製品全般
(f)	電気技術規定（JEAC）	電気製品全般
(g)	日本電線工業会規格（JCS）	電気ケーブル
(h)	社団法人 日本電子機械工業会（EIAJ）	電気製品全般
(i)	電気協同研究	電気製品全般
(j)	NEMA	電気製品全般

#### (4) 使用単位

原則として国際単位系（SIユニット）を使用する。

### 3-2-2-3 機材構成

以下に、本事業で調達する機材構成を示す。

表3-2-1 機材構成

No.	項目	数量
<b>1</b>	<b>ステーターコア及び付属品</b>	<b>1 式</b>
1.1	ステーターコア	1 式
1.2	ステーターコアダクトスペーサ	1 式
1.3	ステーターエンドスペーサ	1 式
1.4	ステーターエンドクランピングプレート	1 式
1.5	同上用付属品	1 式
1.6	ステーターコア用测温抵抗体	4 本
1.7	仕上げ用ワニス	1 式
<b>2</b>	<b>ステーターコイル及び付属品</b>	<b>1 式</b>
2.1	ステーターコイル	1008 本
2.2	ウェッジ（クサビ）	1 式

No.	項目	数量
2.3	ステーターコイルサポートリング	1 式
2.4	ステーターフレーム内コイル亙り線	1 式
2.5	絶縁キャップ	1 式
2.6	ライン及び中性点引き出し口出線	1 式
2.7	同上用付属品	1 式
2.8	ステーターコイル用測温抵抗体	20 本
2.9	計器用変流器	1 式
<b>3</b>	<b>ローターポール</b>	<b>1 式</b>
3.1	ポール	64 組
3.2	ポール接続材料	1 式
3.3	ポールコッタ	64 組
3.4	フィールドリード	1 式
3.5	仕上げ用ワニス	1 式
<b>4</b>	<b>ローターリムサポート改造材料</b>	<b>1 式</b>
4.1	スパイダー修理材料	1 式
4.2	ローターリム用キー	1 式
4.3	ローターリムキー用ストッパー	1 式
4.4	ディスタンスピース	1 式
<b>5</b>	<b>改修用部品、機器類</b>	<b>1 式</b>
5.1	カーボンブラシ	44 個
5.2	オイルデフレクタ	1 組
5.3	フローコントロールバルブ	36 個
5.4	スラスト軸受け用測温抵抗体	1 個
5.5	エアクーラ及び軸受け用温度継電器	12 個
5.6	軸受け用ダイヤル温度計	2 個
5.7	油面計	1 個
5.8	軸受け用組み立て用品	1 組
5.9	機内配線材料	1 組
5.10	据え付け材料 (ボルトナット)	1 組
5.11	スラスト軸受け及びガイドメタル	1 組
5.12	スラスト軸受け用高圧ポンプ	1 組
5.13	軸受け用オイルクーラ	1 組
5.14	オイル循環用ポンプ	1 組
5.15	エアクーラ	12 組
5.16	ブレーキライナ (シュー)	16 個
5.17	オイルクーラ用ダイヤル温度計	2 個
5.18	回転検出器	1 組
5.19	振動計及びモニタ	1 組
5.20	発電機用ドアスイッチ	2 個
5.21	冷却装置用水流継電器	2 個
5.22	油流継電器	1 個
5.23	ブレーキ及びジャッキ用リミットスイッチ	8 個
5.24	カーボンブラシホルダ	44 個
5.25	スペースヒータ	12 個
5.26	エアクーラ用ダイヤル温度計	6 個
5.27	スプリングサポート for HITACHI PIVOT SPRING	1 組

### 3-2-2-4 機材計画

本プロジェクトの機材・設備計画は以下のとおりとする。コイルについては、F種プリプレグ絶縁とし、絶縁材料にはアスベストなど有害な物質を使用しない事とする。

#### (1) スターターコア及び付属品

機材名	内容
1) スターターコア (図3-2-2参照)	珪素鋼板の積層により構成されるコアであり、珪素鋼板は一枚0.5mm程度のものとする。既設撤去後、現地にて積層作業を行う。積層方法は、ハーフラップ方式としエアダクトを設ける。コアは円周状に現地組み上げ加工することとし、完成品は効率が良く、堅牢な構造とする。
2) スターターコアダクトスペーサ (図3-2-2参照)	スターターコアに設けるエアダクトに使用するスペーサを備える事。材質は鋼鉄製とし、一パケットずつ積み上げたコアの間に設置し、効率よくコアとコイルに対して冷却するための空気が循環するものとする。また、冷却用空気は、エアクーラにより効率よく冷却されるように設計する必要がある。
3) スターターエンドスペーサ (図3-2-2参照)	スターターコア及びエアダクトスペーサのベースとなるスペーサで、強固な構造とする。材質は非鉄製とする。スターターコア及びエアダクトスペーサの重量に対して十分な強度を有し、寸法的に既存発電機に一致する構造とする。また、取り付けに際して確実に行える構造とする必要がある。
4) スターターエンドクランピングプレート	スターターエンドスペーサに設け、スペーサーコアダクトがスターターエンドクランピングプレートにより確実に固定されるように支持する構造とする。
5) 同上用付属品	コアスロットゲージ、コアガイドキー、クランプ位置決めボルト、コア締め付け用ボルトナットなど。
6) スターターコア用測温抵抗体 (Resistance Temperature Detector: RTD)	銀または銅を抵抗素材とする温度計とし、抵抗値は銅(0°C=25Ω)または白金(0°C=100Ω)とする。スターターの温度を測る温度計として、コアダクトスペーサに組み込む構造とする。合計4個のRTDを配置する。温度測定範囲は少なくとも0°Cから155°Cとする。
7) 仕上げ用ワニス	スターターコア全体に絶縁ワニスを吹き付けて絶縁効果を上げるとともに、さび防止、ほこり、ミスト油などの汚れ防止とする。塗膜の厚さは50ミクロン以上とし、スターターコア全体とする。日立製WB101と同等品(色は黒)。

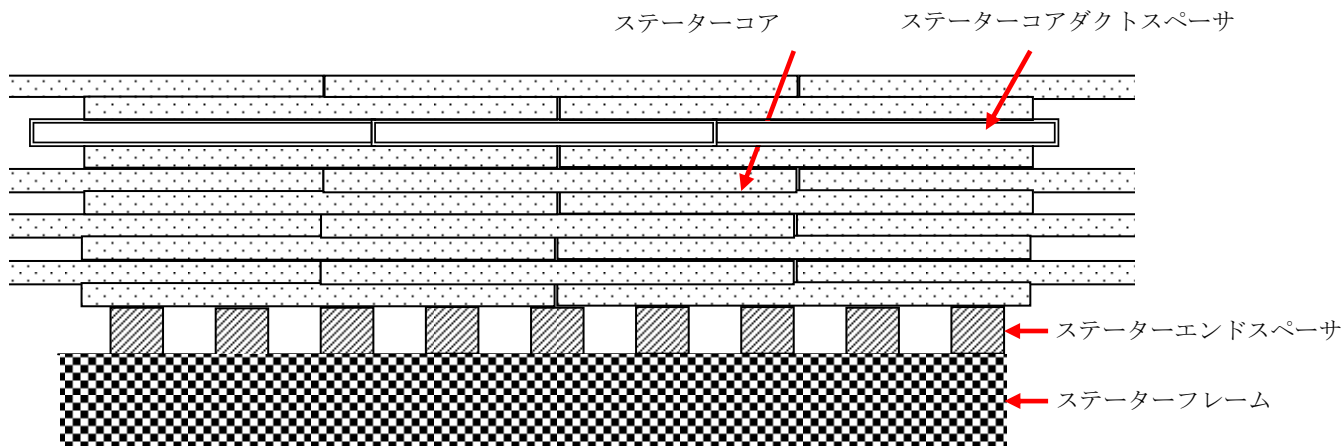


図3-2-2 ステーターコア周辺図

(2) ステーターコイル及び付属品

機材名	内容
1) ステーターコイル (図3-2-3参照)	相：3相 ポール数：64 スロット数：504本 コイル数：1,008本 接続方式：2Y 材質：コイル（銅）、絶縁材料（ワニス及びグラステープ） 絶縁種別：B種
2) ウェッジ（クサビ）	ステーターコアに組み込まれたコイル端末に配置し、コイルをコアに固定する材料。材料はグラスファイバ。十分な強度を有し、コイルが脱落しないよう、確実に固定可能な合成があるもの。
3) ステーターコイルサポートリング	ステーターコイルをコイルサポートリングにグラステープ（ガラス系）にて縛り固定する。 材質：グラスファイバ
4) ステーターフレーム内コイル亘り線 (Bus lead for inside of stator frame)	3相（U、V、W）及び中性点用として（X、Y、Z）合計6本構成とし、ステーターコイル出口に接続可能となるよう、発電機内部に円周状に配置し、各相および中性点電流の母線を構成するものとする。 材質：銅
5) 絶縁キャップ（図3-2-3参照）	コイル端末処理部分を保護するための、絶縁材料。ゴムキャップ構造で空隙にはコンパウンド充填することで、絶縁性を図る。絶縁キャップはグラステープで固定し、十分な絶縁性能と保護の役割を果たす事とする。 材質：ゴム
6) ライン及び中性点引き出し口出線 (Line and Neutral Lead)	ステーターコイルからの電力を、発電機外部に引き出すための端末線及び端子で、銅バーにより構成される。ケーブルを固定するための十分な強度を有する構造とする。 材質：銅
7) 同上用付属品（図3-2-3参照）	ライナほか絶縁材料、保護テープ類、RTD取り付け用材料
8) ステーターコイル用測温抵抗体 (図3-2-3参照)	3相（U、V、W）各コイルの温度を計測するための抵抗型温度計で、合計20個を各相配置する。U相（7カ所）、V相（7カ所）、W相（6カ所）とする。

機材名	内容
9) 発電機用変流器	発電機口出し部分に設置する計器用変流器で、設置位置はU、V、W相及び中性点である。

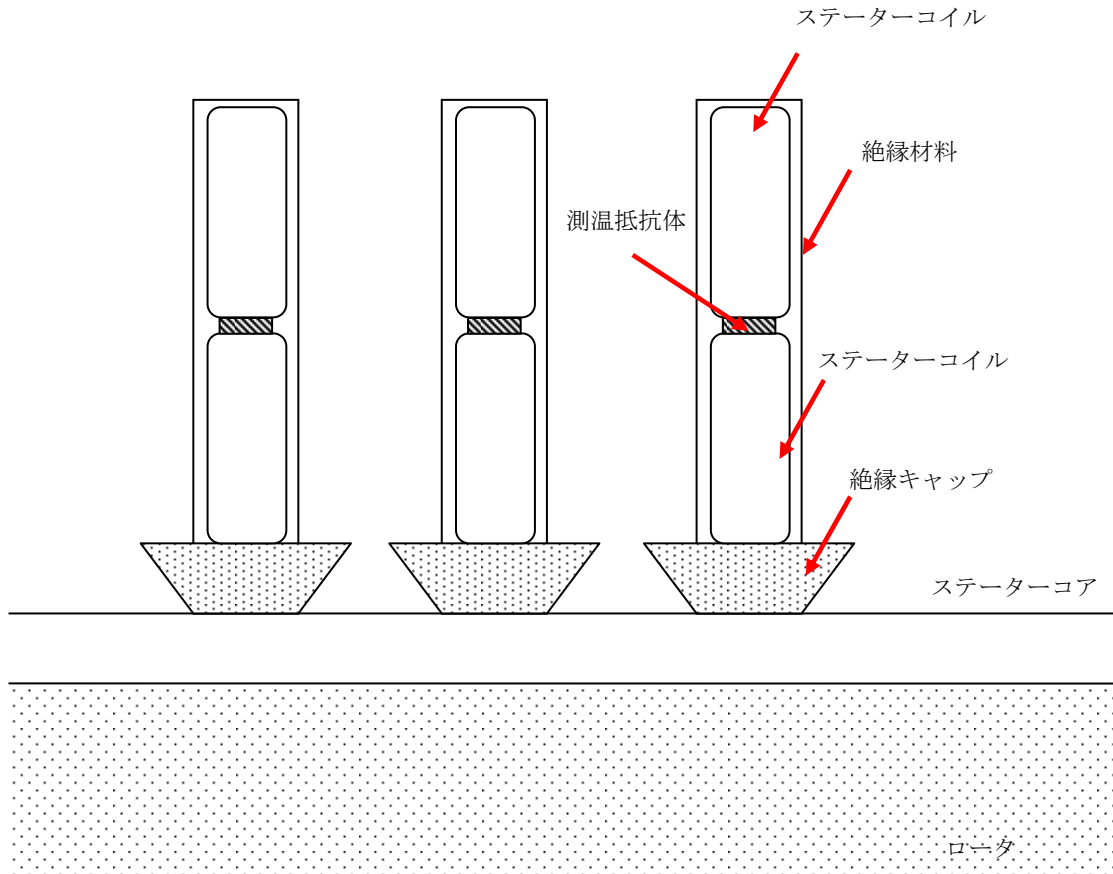


図3-2-3 ステーターコイル周辺図

(3) ローターポール

機材名	内容
1) ポール (図3-2-4参照)	フィールドコイルの末端はグラスファイバを材料とした板により上下を固定される構造とし、レイヤーについては、アスベストなど有害な物質を使わない事とする。 ダンパープレート及び制動巻き線についてはローターポールに含むものとし、ポール接続材料 (Connection parts between Poles) により連結される構造とする。 材質：ポールコア (鉄) 及びフィールドコイル (銅) 構成：ポールコア (鉄心) 及びフィールドコイル (界磁巻線) 絶縁種別：B種 数量：64本
2) ポール接続材料 (Connection parts between Poles)	遠心力による寸法の変化を考慮した材質及び寸法としたフレキシブルな構造とする。 材質：銅
3) ポールコッタ (図3-2-4参照)	ライナ及びコッタによりポールをローターリムに固定する構造とする。 材質：鉄



機材名	内容
4) フィールドリード	プラス極、マイナス極とし、1番及び64番ポールのフィールドコイルとコレクタリング（集電環）と接続する。中間部分はフレキシブル構造とし、発電機の熱による拡張及び遠心力などに寸法変化や振動に十分耐えうる構造とすることとする。 材質：銅
5) 仕上げ用ワニス	ポール全体にワニスを吹き付けて絶縁効果を上げるとともに、さび防止、ほこり、ミスト油などの汚れ防止とする。塗膜の厚さは50ミクロン以上とし、ポール全体とする。（ワニス色は赤）

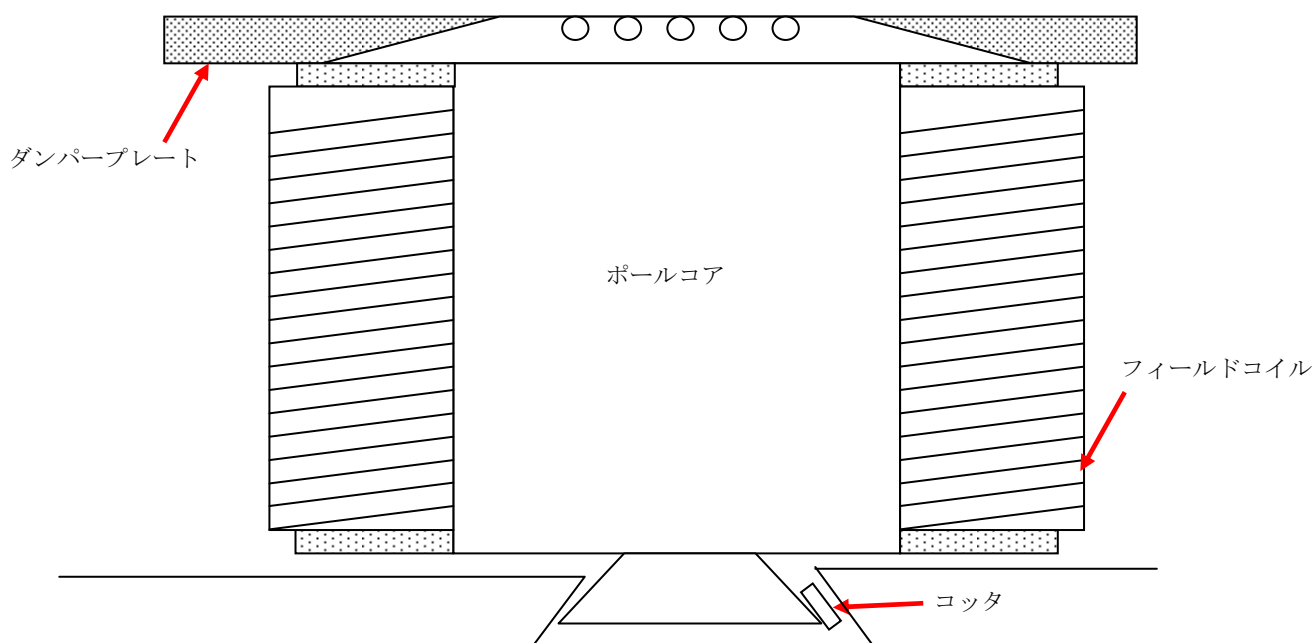


図3-2-4 ローターポール周辺図

(4) ローターリムサポート改造材料

発電機の中で回転しているスパイダーの外周に配置されているローターリムと呼ばれる部品は、64本のフィールドコイル（ポール）を支持している構造となっている。ローターリムは長期間の運転などにより、ローターリムとスパイダーを接続している部分にクラックなどの深刻な損傷が生じており、今後の運転は危険な状況である。このため、スパイダー及びスパイダーリムに係る接続部分の修理を行い、今後の運転に支障がないようにするものである。スパイダー部重量は約40t、ローター全体の重量は約450tである。

機材名	内容
1) スパイダー修理材料	コッタ（6本・鉄製）、そのほか
2) ローターリム用キー	キー（10個・鉄製）
3) ローターリムキー用ストッパー	
4) ローターリムキー用ストッパー	ストッパープレート（鉄製）
5) ディスタンスピース	調整用プレート（鉄製） 交換部品、機器類

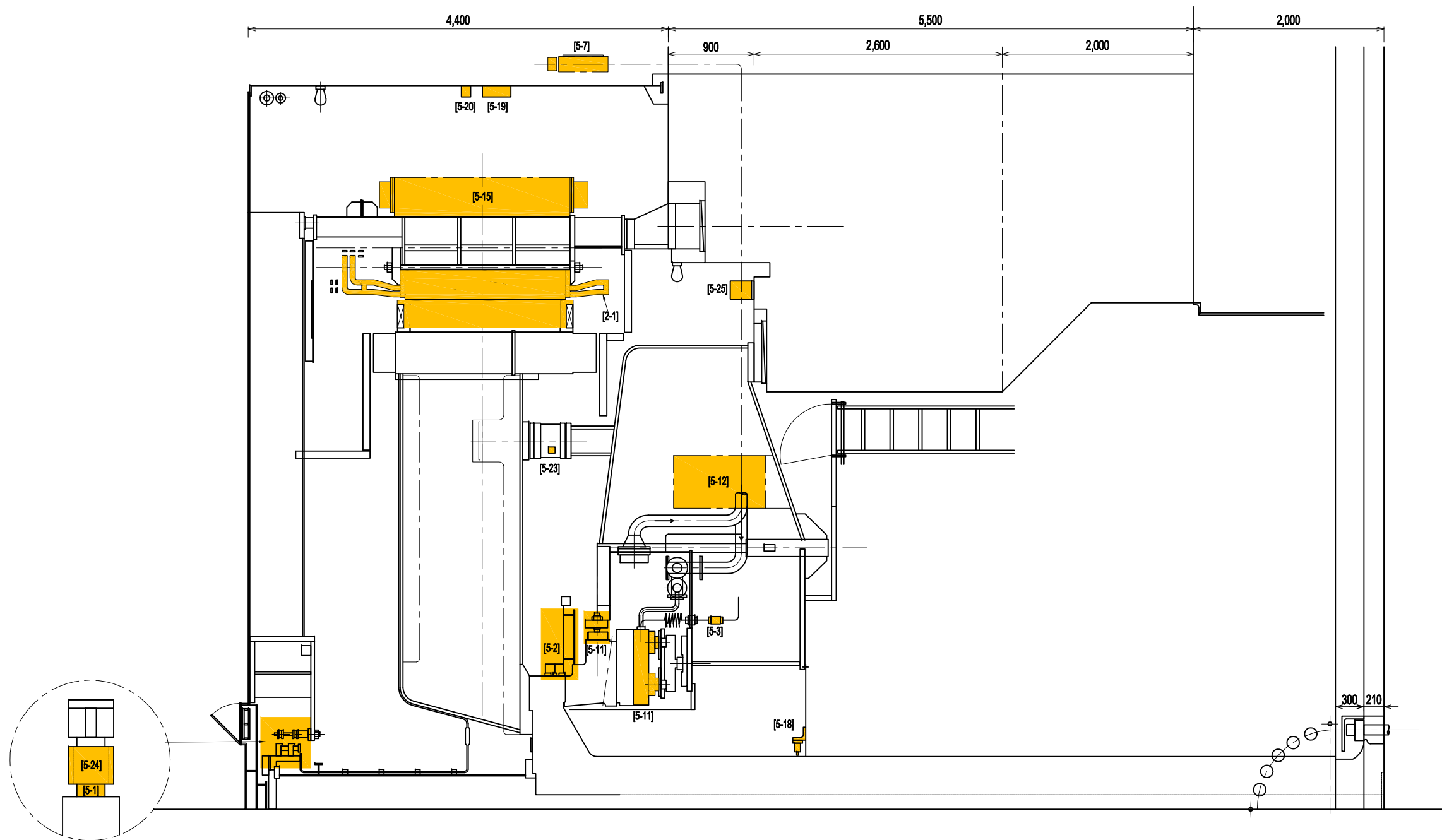
## (5) 改修用部品、機器類


機材名	数量	内容
1) カーボンブラシ	44個	
2) オイルデフレクタ	1組	温度継電器、リード線及びセンサー
3) フローコントロールバルブ	36個	
4) スラスト軸受け用測温抵抗体	1個	温度継電器、リード線及びセンサー
5) エアクーラ及び軸受け用温度継電器	12個	温度継電器、リード線及びセンサー
6) 軸受け用ダイヤル温度計	2個	温度計、リード線及びセンサー
7) 油面計	1個	油面計、リード線及びセンサー
8) 軸受け用組み立て用品	1組	
9) 機内配線材料	1組	
10) 据え付け材料 (ボルトナット)	1組	
11) スラスト軸受け及びガイドメタル	1組	
12) スラスト軸受け用高圧ポンプ	1組	高圧ポンプ、据付用フランジ、パッキン、バルブ、支持金物及び配管類一式
13) 軸受け用オイルクーラ	1組	オイルクーラ、据付用フランジ、パッキン、バルブ、支持金物及び配管類一式
14) オイル循環用ポンプ	1組	ポンプ、フランジ、パッキン、バルブ、支持金物及び配管類一式
15) エアクーラ	12組	エアクーラ、フランジ、パッキン、バルブ、支持金物及び配管類一式
16) ブレーキライナ (シュー)	16個	ブレーキ用ライナ及びシュー
17) オイルクーラ用ダイヤル温度計	2個	温度継電器、リード線及びセンサー
18) 回転検出器	1組	
19) 振動計及びモニタ	1組	振動継電器、取付材料、リード線及びセンサー
20) 発電機用ドアスイッチ	2個	
21) 冷却装置用水流継電器	2個	
22) 油流継電器	1個	油面継電器、取付材料、リード線及びセンサー
23) ブレーキ及びジャッキ用リミットスイッチ	8個	
24) カーボンブラシホルダ	44個	
25) スペースヒータ	12個	
26) エアクーラ用ダイヤル温度計	6個	温度計、取付材料、リード線及びセンサー
27) スプリングサポート for HITACH PIVOT SPRING	1組	

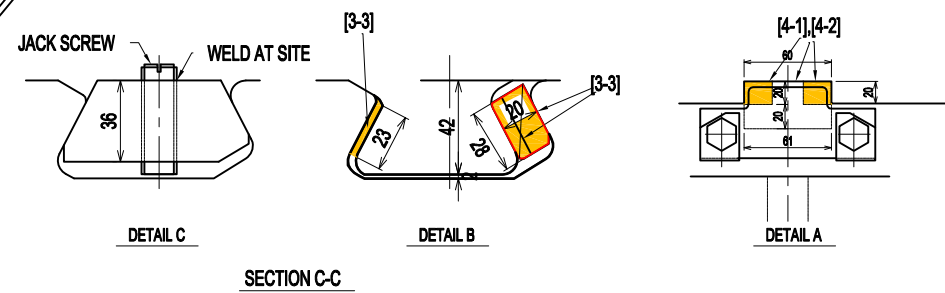
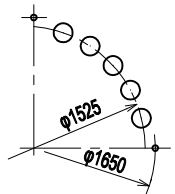
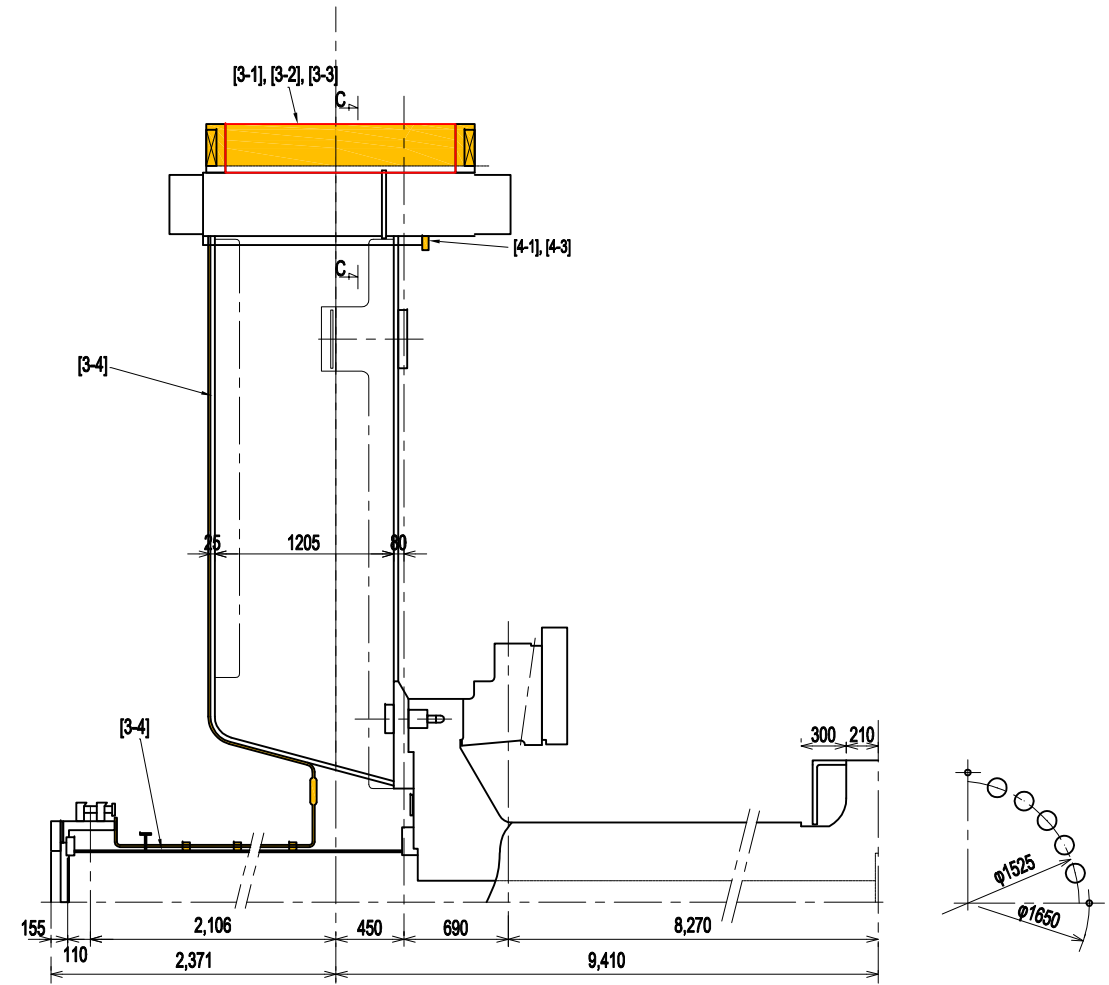
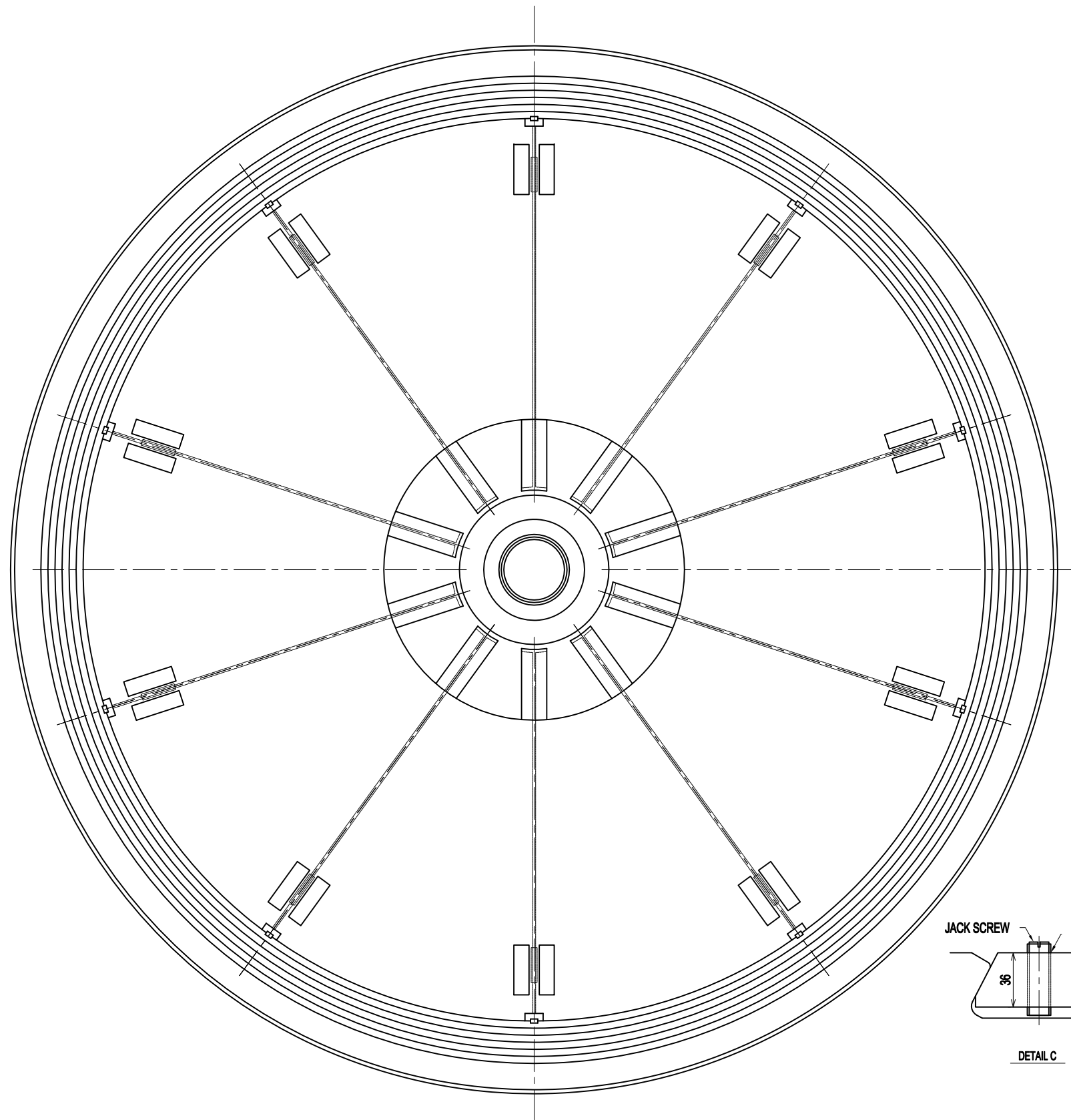
### 3-2-3 概略設計図

本事業にて対象となる施設及び機材の概略設計図を以下に示す。

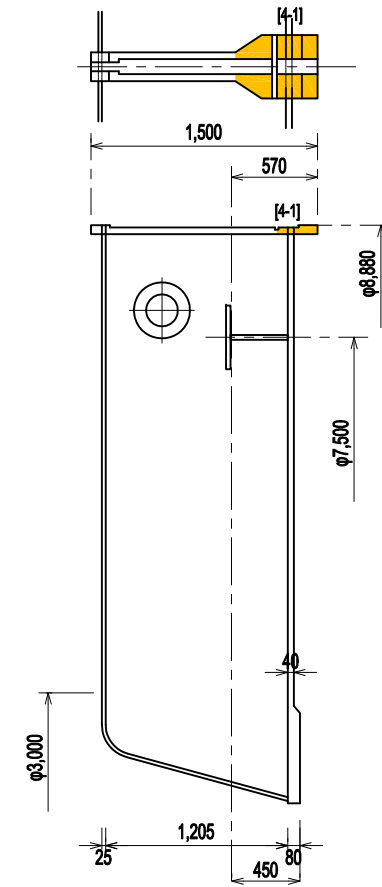
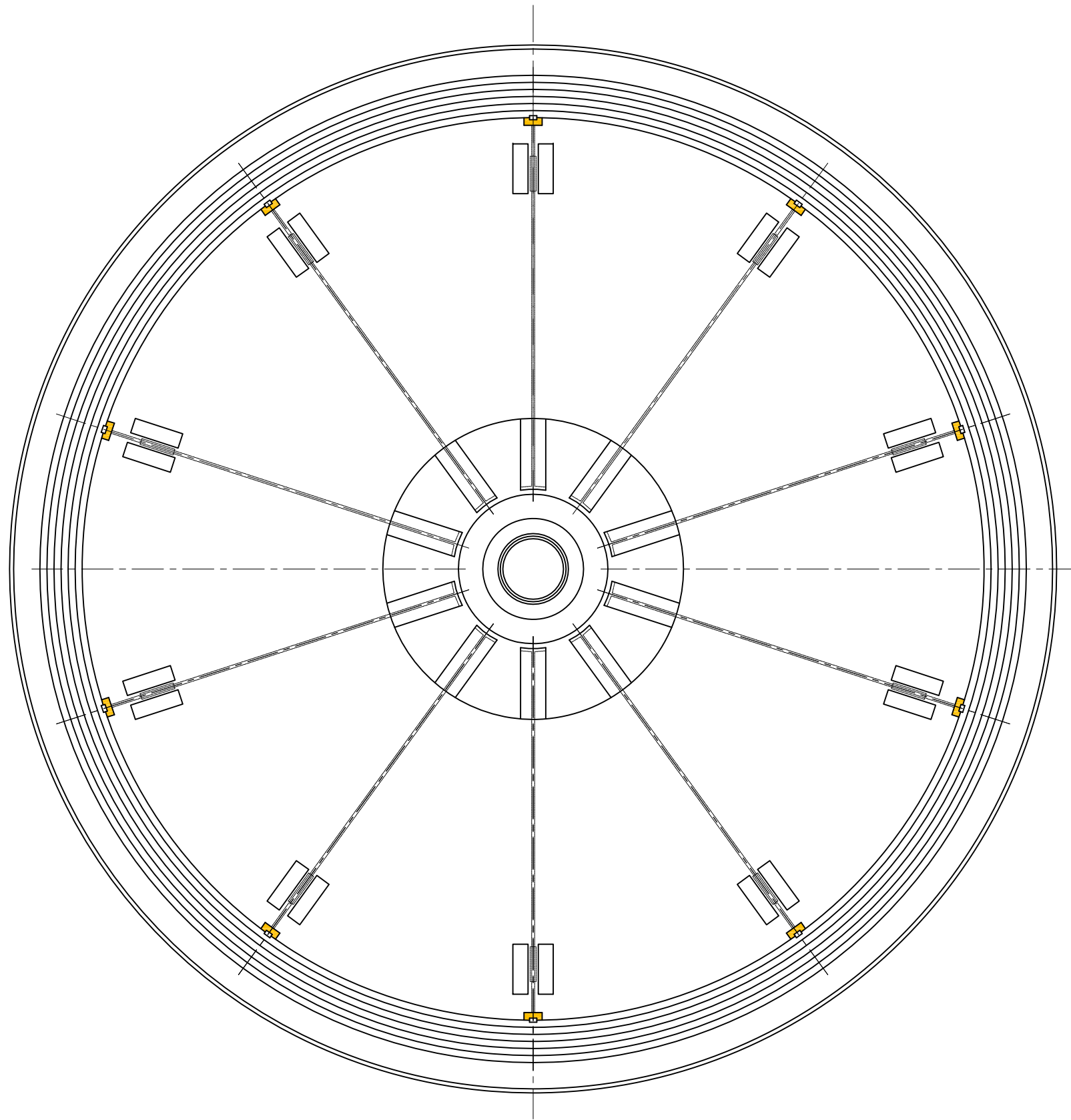
図面番号	名 称
1	Sectional Assembly
2	Assembly of Rotor
3	Rotor Spider
4	Assembly of Stator Coil
5	Assembly of Line and Neutral Lead
6	Stator Winding Diagram
7	Assembly of Field Coils
8	Assembly of Thrust and Lower Guide Bearing
9	Meter Panel
10	Oil Coolers
11	Air Coolers




THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title				DWG. No.
SECTIONAL ASSEMBLY				1
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
 YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. TOKYO, JAPAN				

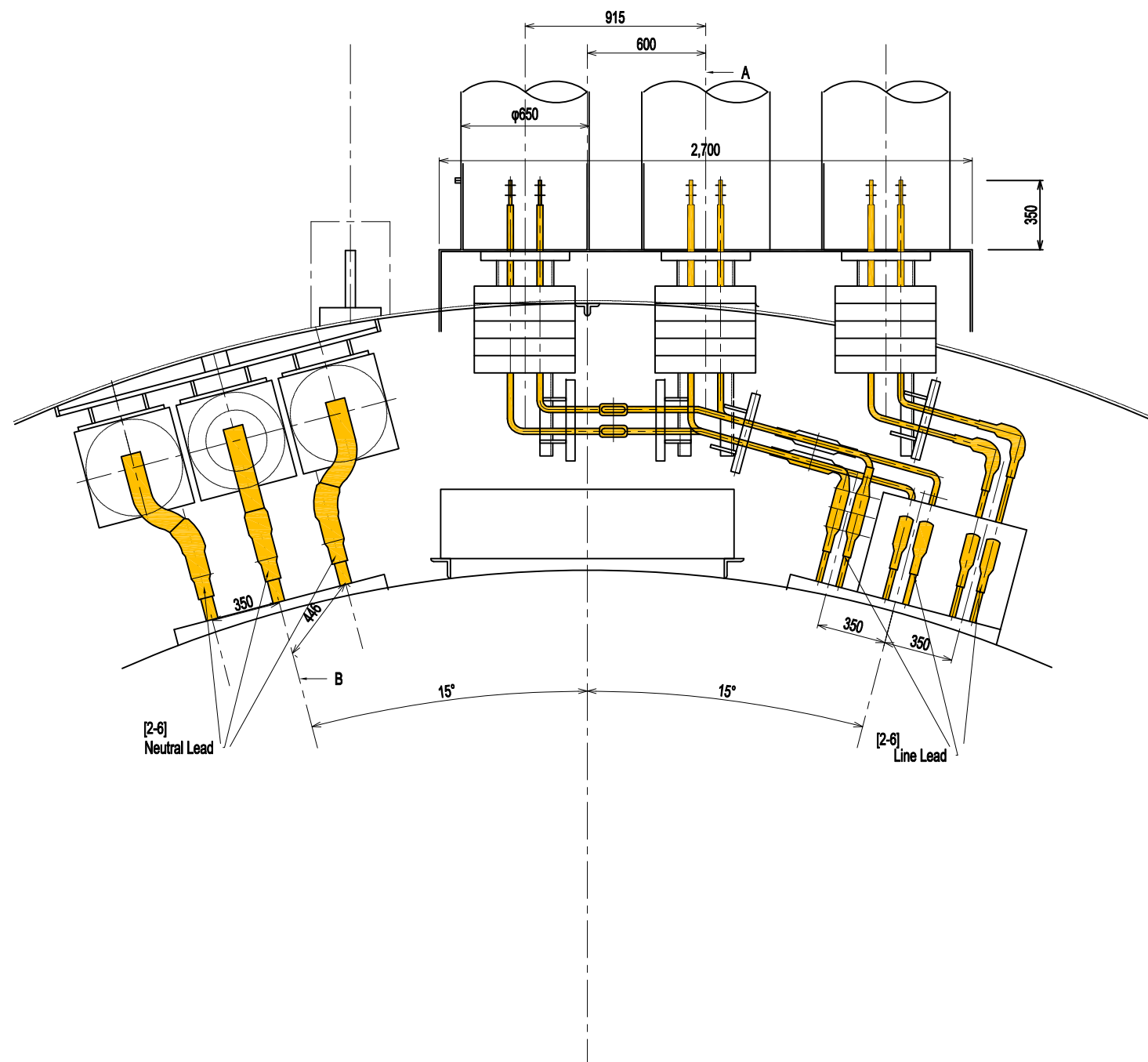
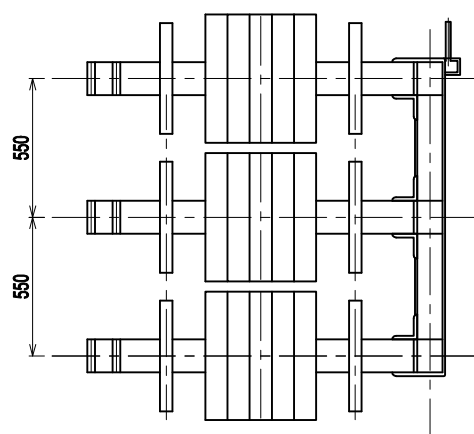
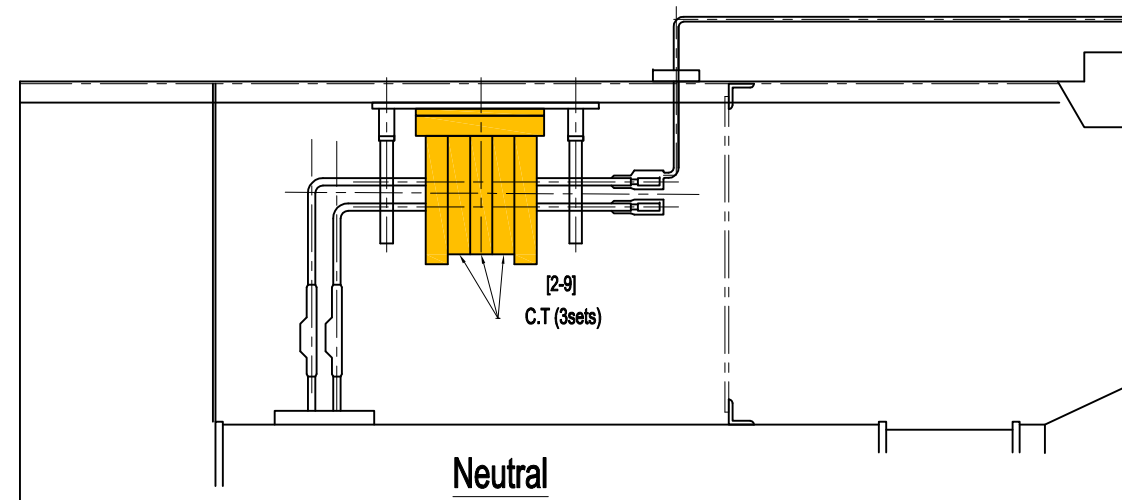
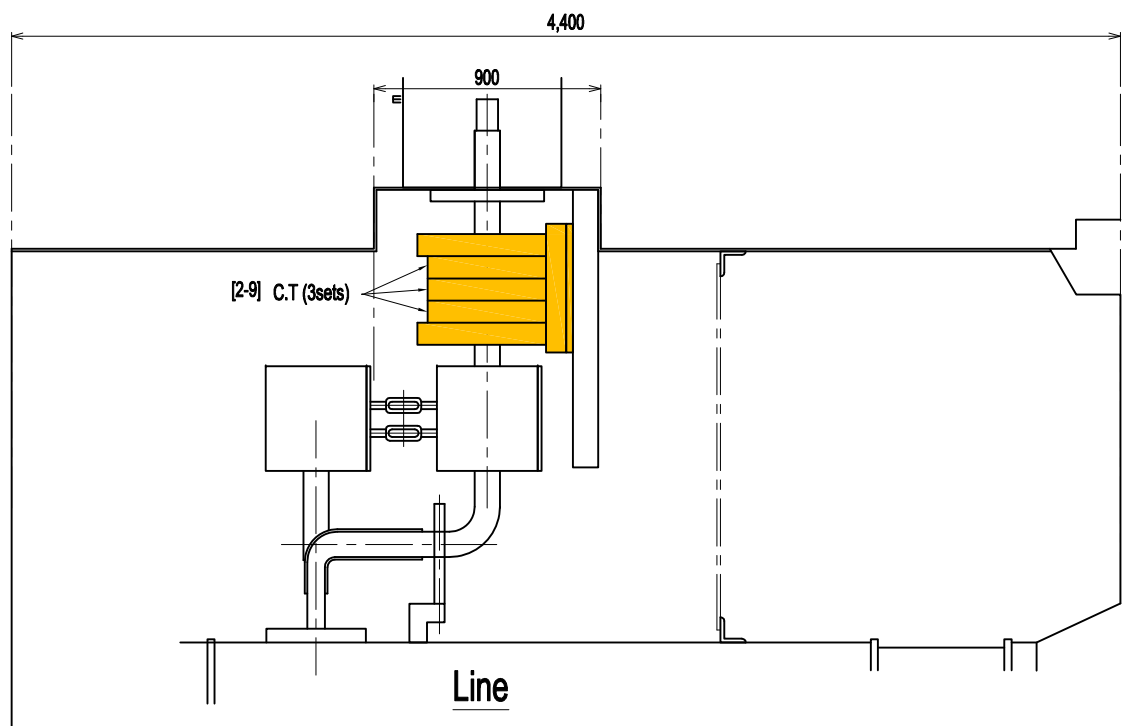


THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE	
ASSEMBLY OF ROTER				DWG. No.	
				2	
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION	
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka		
YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. TOKYO, JAPAN					



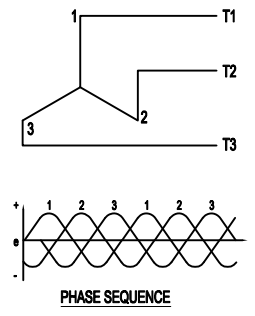
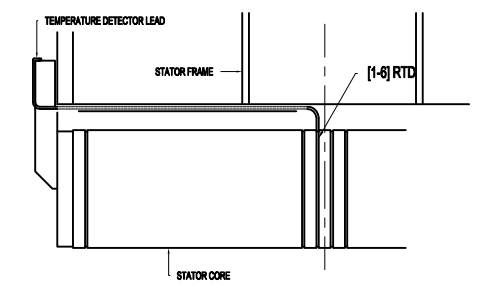
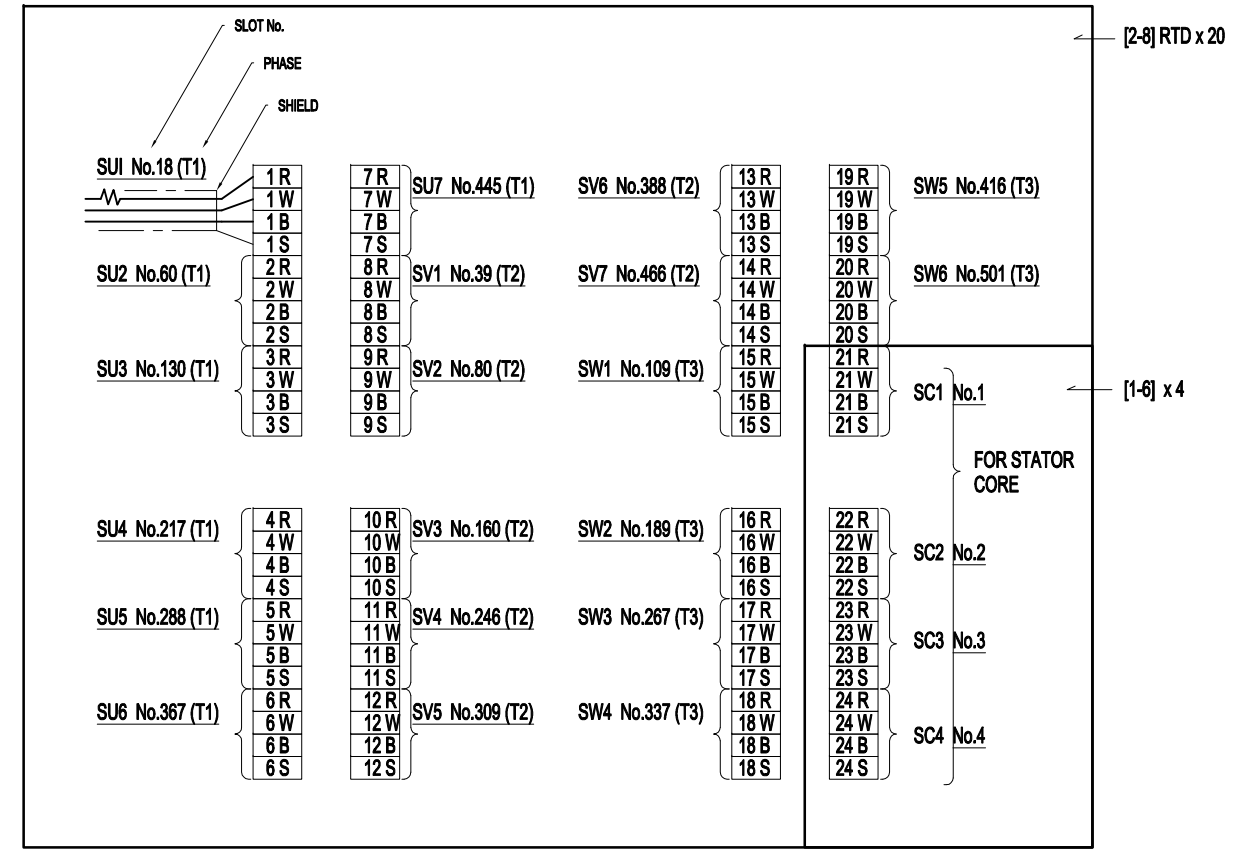
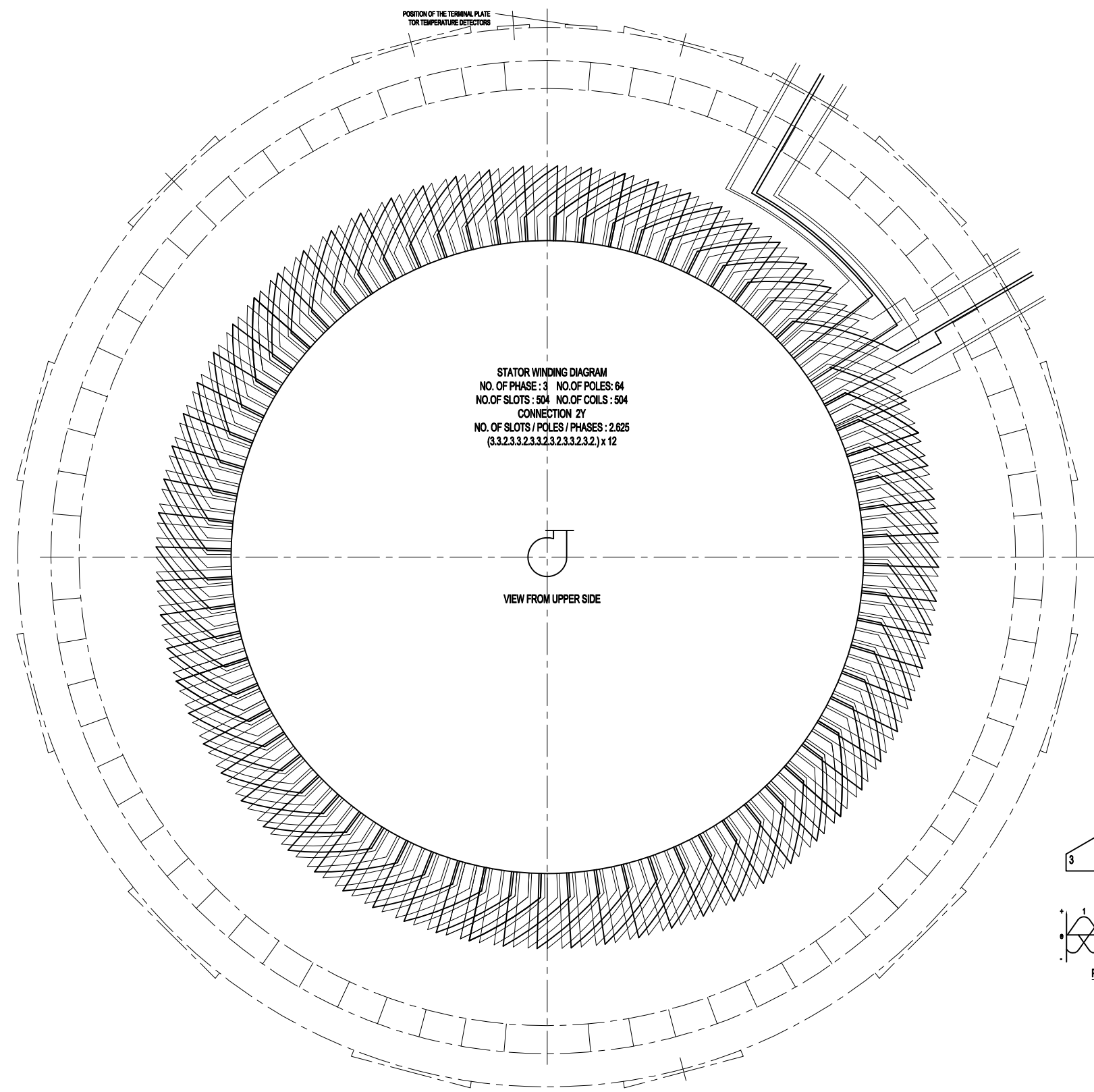
THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title <b>ROTER SPIDER</b>				DWG. No. <b>3</b>
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
 <b>YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.</b> TOKYO, JAPAN				





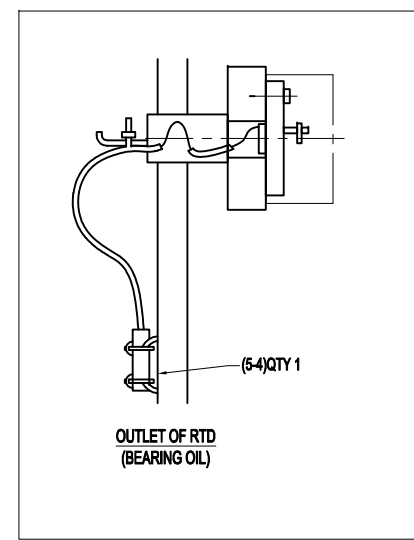
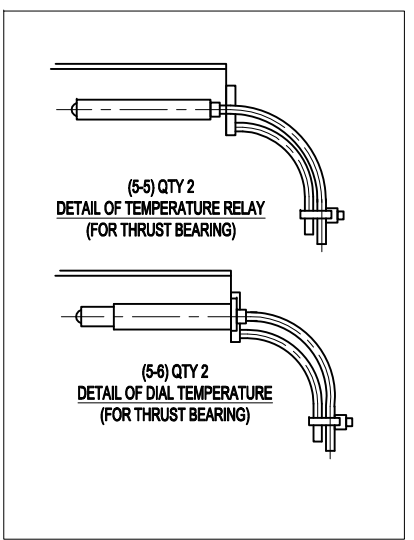
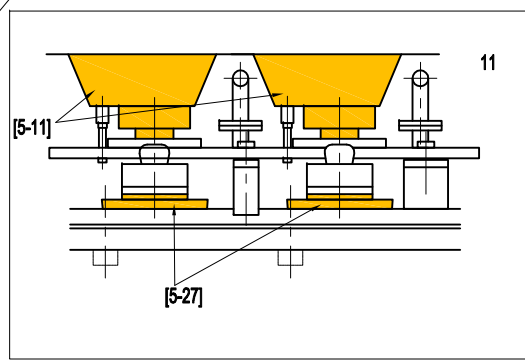
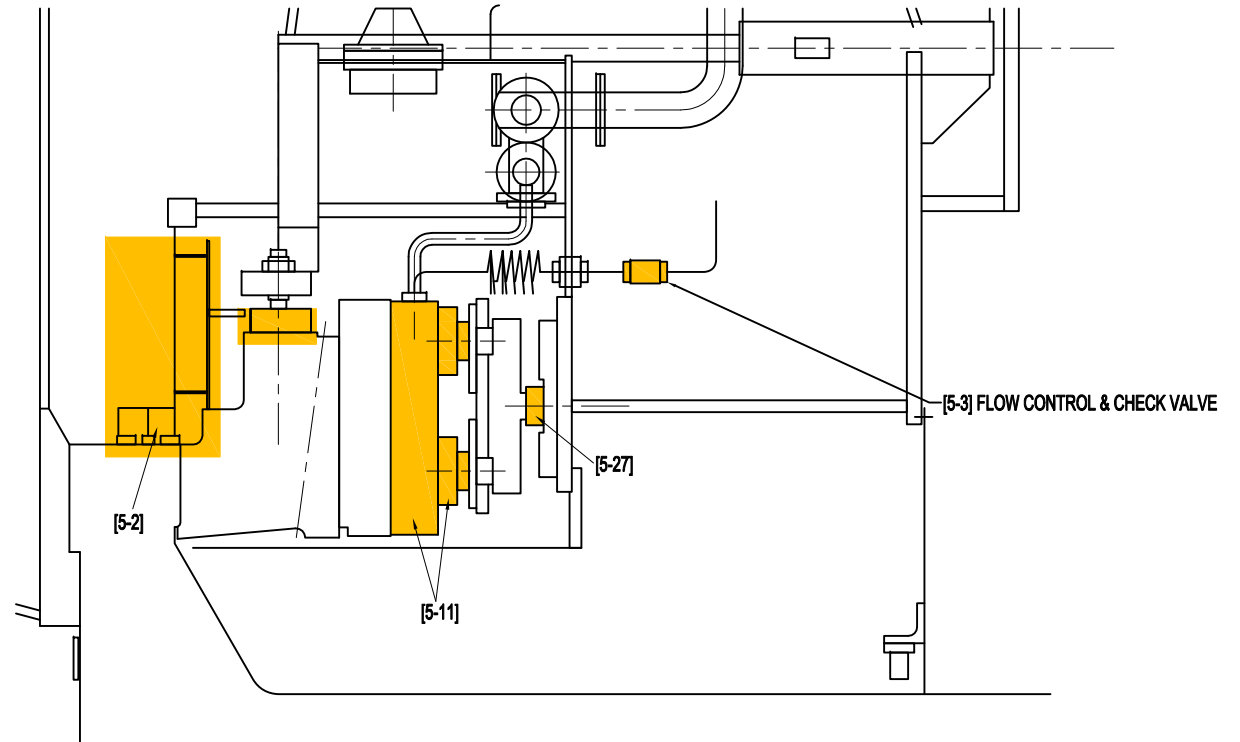
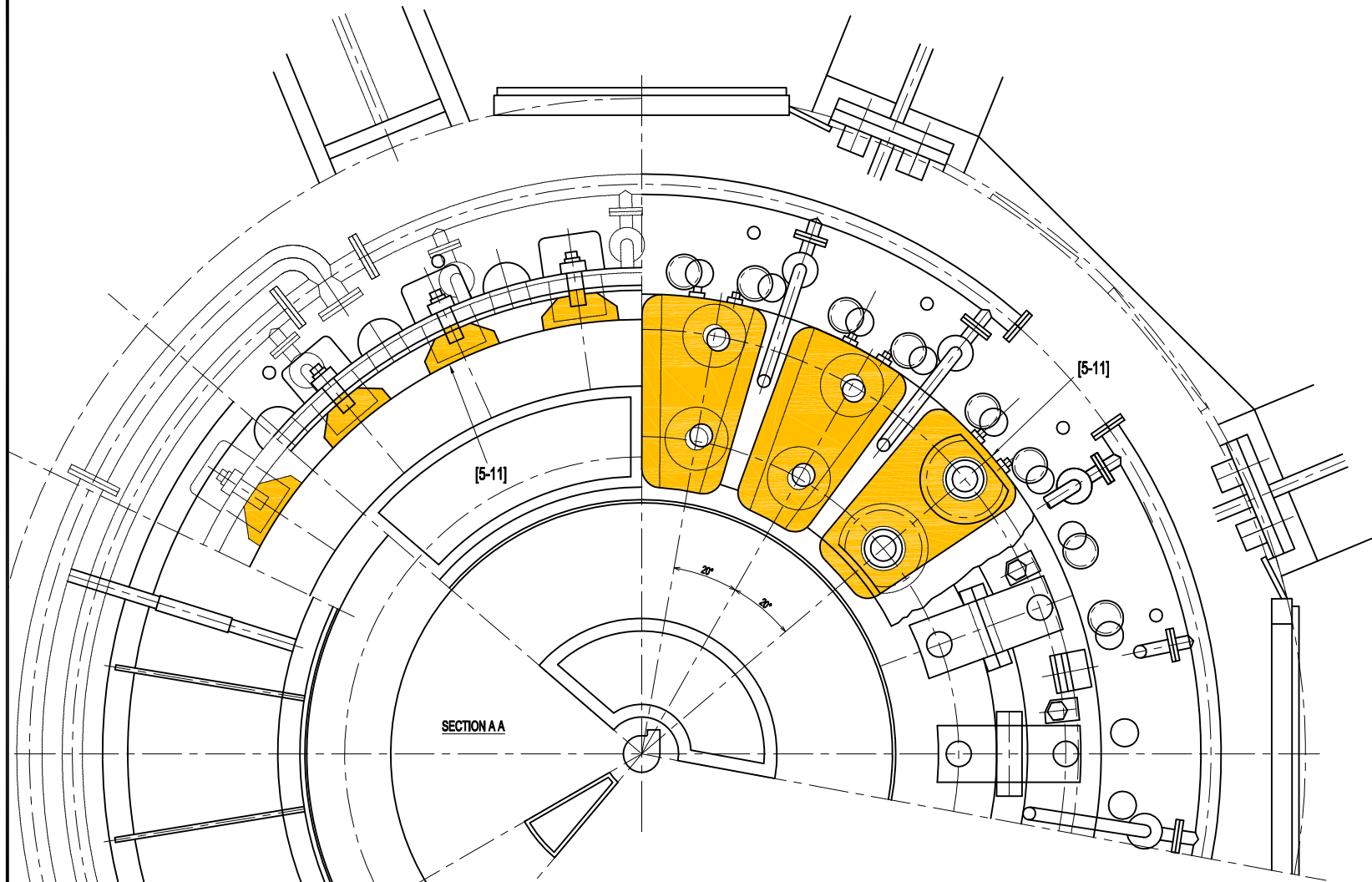
THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title <b>ASSEMBLY OF LINE AND NEUTRAL LEAD</b>				DWG. No. <b>5</b>
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
<b>yec</b> YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. TOKYO, JAPAN				



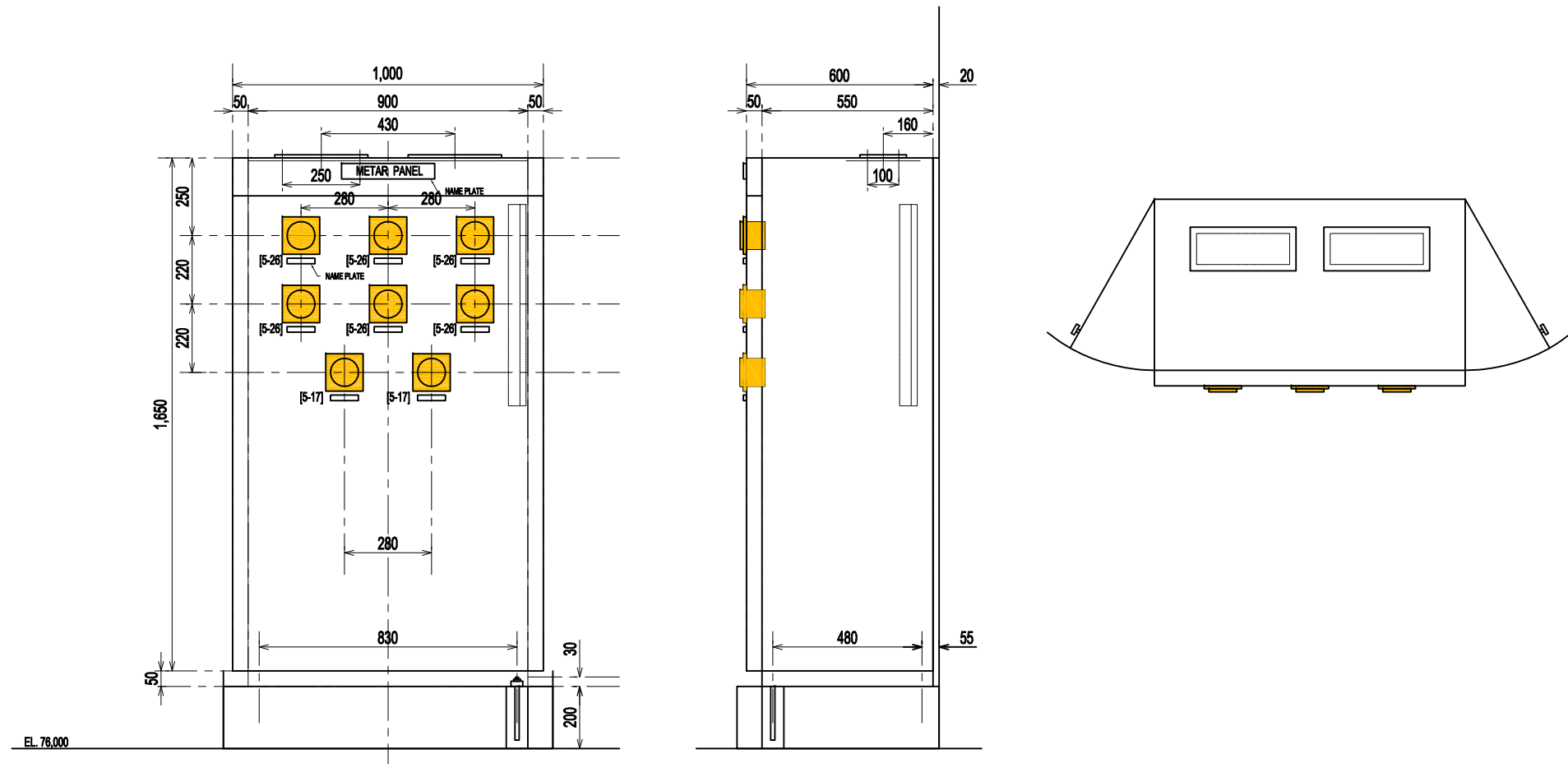



THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title <b>STATOR WINDING DIAGRAM</b>				DWG. No. <b>6</b>
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. TOKYO, JAPAN				

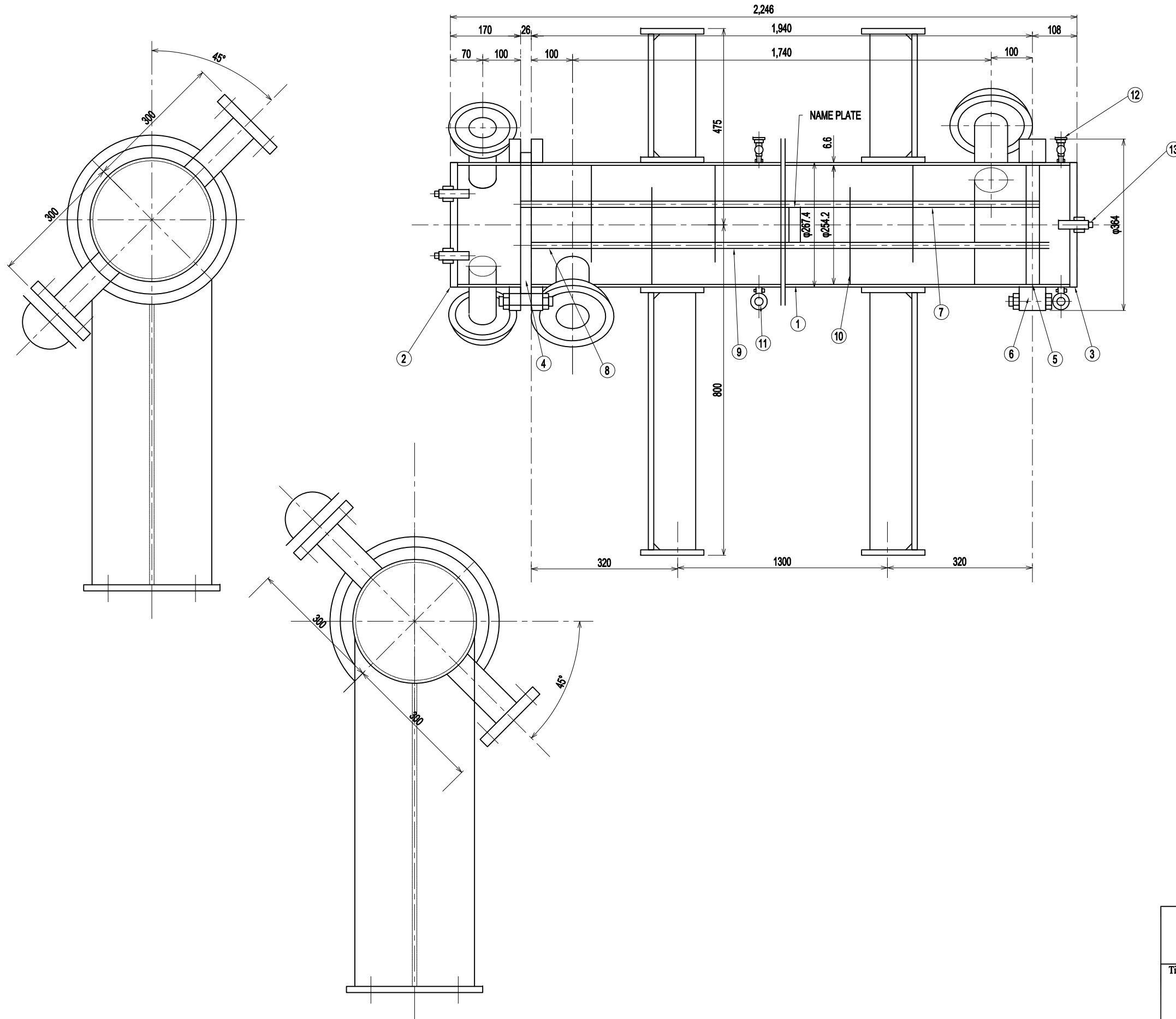





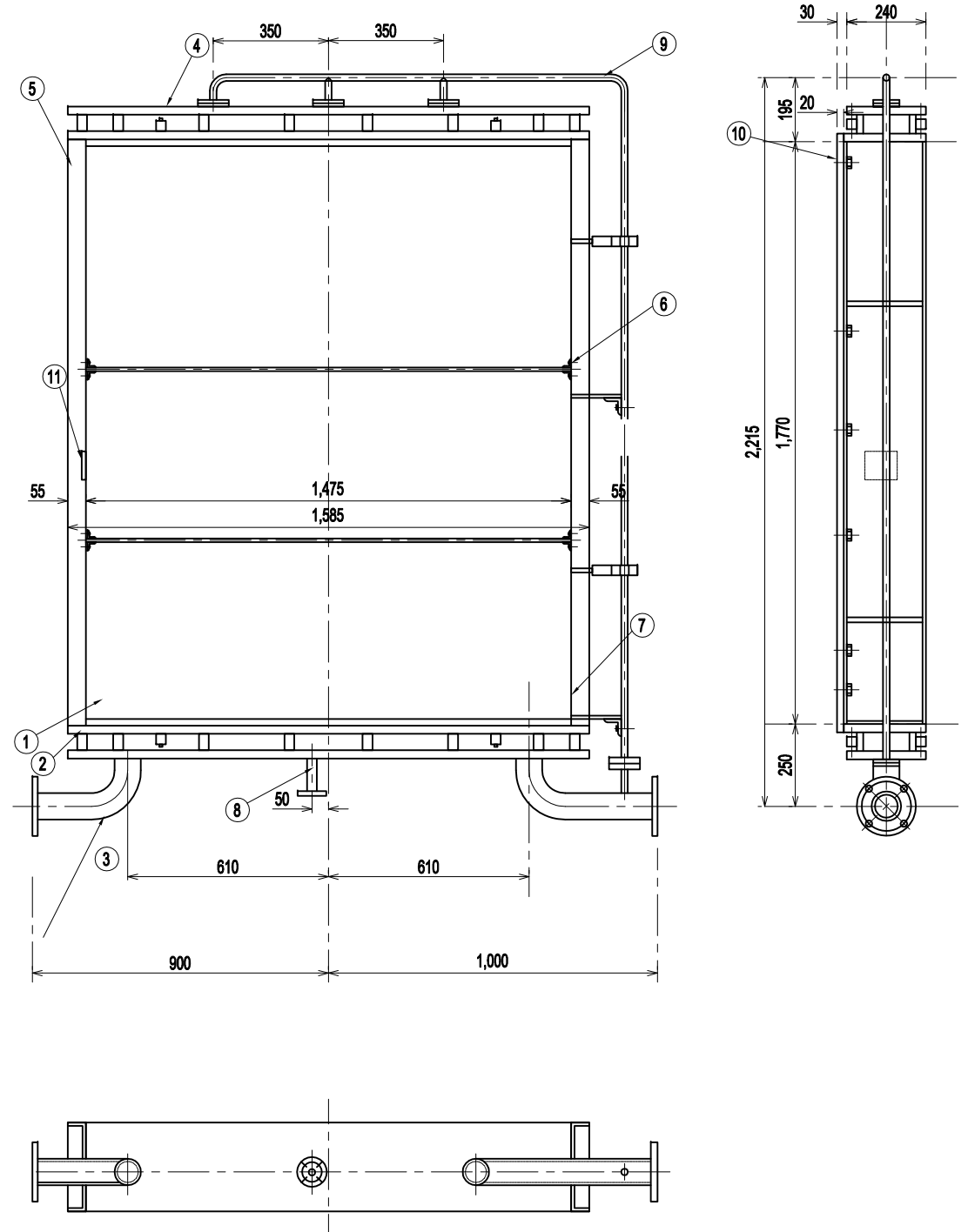
THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title <b>ASSEMBLY OF THRUST AND LOWER GUIDE BEARING</b>				DWG. No. <b>8</b>
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
<b>YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.</b> TOKYO, JAPAN				



THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				<b>SCALE</b>	
<b>METER PANEL</b>				<b>DWG. No.</b>	
				9	
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION	
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka		
 <b>YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.</b> TOKYO, JAPAN					



THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				SCALE
Title				DWG. No.
OIL COOLERS				10
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
 YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. TOKYO, JAPAN				



THE PROJECT FOR EMERGENCY REPAIR AND OVERHAUL WORKS FOR THE JEBBA HYDRO POWER STATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA				<b>SCALE</b>
<b>AIR COOLERS</b>				<b>DWG. No.</b>
11				
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
20th Feb. 2012	Ohsawa	Nakagawa	Tanaka	
<b>YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.</b> TOKYO, JAPAN				

### 3-2-4 施工計画／調達方針

#### 3-2-4-1 施工方針／調達方針

本事業は、我が国の環境プログラム無償資金協力のスキームに基づき実施される。既に両国政府による交換公文（E/N）並びに贈与契約（G/A）が取り交わされており、日本国政府により事業実施の承認がなされている。調達代理機関は日本国政府により、「ナ」国側へ推薦され、JHEPが本体契約（入札、資機材調達）を適正かつ円滑に履行されるように、本事業の本体業務を管理する。以下に本事業を実施に移す場合の基本事項及び特に配慮を要する点を示す。

#### (1) 事業実施主体

「ナ」国側の責任・監督機関は、FMOPであり、実施機関はJHEPとなる。また、本事業での機材据付け工事完了後も、JHEPが当該施設、設備、機材の運営・維持管理を担当する。

#### (2) 調達代理機関

調達代理機関は日本国政府により「ナ」国側へ推薦され、FMOP及びJHEPの受任者として本体契約（詳細設計、入札、資機材調達・据付工事）が適正かつ円滑に履行されるように本事業の本体業務を管理するとともに、「ナ」国側関係機関に代わって資金の管理を行う。

#### (3) コンサルタント

本事業の施設・機材の詳細設計、入札仕様書の作成、及び機材調達・据付工事を監理するため、調達代理機関は選定されたコンサルタントと設計監理契約を締結する。コンサルタントは本事業に係わる詳細設計、入札仕様書の作成と据付・調達監理業務を実施する。また、コンサルタントは調達代理機関の求めに応じて、入札資格審査と入札実施業務を補助することもある。

#### (4) 請負業者

我が国の無償資金協力の枠組みにしたがって、調達代理機関が実施する競争入札により選定された請負業者が、本事業の資機材の調達・据付け工事を実施する。

請負業者は本事業の完成後も、必要な予備品の供給、故障時の対応などのアフターケアが必要と考えられるため、請負業者は当該施設・設備の引き渡し後の連絡調整についても十分配慮する必要がある。

### 3-2-4-2 施工上・調達上の留意事項

#### (1) 調達先

改修対象設備である4号発電機は、本邦メーカー製の定格出力96.4MWの大型発電機設備である。「ナ」国にて、同規模の発電機を製作・製造できる重電メーカーはなく、「ナ」国内での調達は不可能である。このため、本事業における機材調達は本邦メーカーより行うこととなる。

#### (2) 施工計画上の留意点

- 1) 当該地は11月～4月が乾期、5月～10月が雨期である。雨期はニジュール川の水量が豊富になる。4号発電機改修工事による発電停止期間については、最後の有水試験の際には水量の確保が必要であり、河川水量に配慮し、ジェバダムの湛水量の確保など適切に工期を設定することが必要

要である。

- 2) 調達資機材は、ラゴス・アパパ港にて陸揚げした後、ジェバ発電所まで陸上輸送することとなるが、輸送経路の一部は舗装面にダメージを受けた悪路がある。このため、輸送経路や運搬能力に制約を受ける可能性があるため、輸送計画、工程計画上の留意が必要である。
- 3) 発電建屋内に設置している既設2基の225/50/15t天井走行クレーンは、ブレーキ、制御回路及び集電装置の故障により、現在、利用不能となっている。通常の維持管理作業はもとより、4号発電機の改修作業を行うためにも、このクレーンが必要なため、4号発電機の改修工事着手時までに、相手国政府により、このクレーンの復旧が必要となる。なお、ワイヤロープなどの部品は耐用年数を越えているため、改修時はこれらの部品の交換が必要である。
- 4) 既設部品のなかにはステーターフレームなど、アスベストを含む製品が存在している。コア分解時はコアの分割時に飛散する恐れがあるため湿式作業が必要となり、養生など十分な作業注意が必要となる。「ナ」国には規定が存在しないことから、我が国の規定（石綿障害予防規則）を適用し、呼吸用保護具、保護衣を装着し、湿潤化した環境で実施する。また、ワニスによりコイル表面に固着され、さらに外装テープに覆われている。コイル解体時にアスベスト部を破損する恐れがあることから、養生など十分な作業注意が必要となる。さらに内側に積層されている構造であり、外表面はワニスで覆われている。フィールドコイル解体する場合には飛散する恐れがあるため、養生など十分な作業注意が必要となる。

### 3-2-4-3 施工区分/調達・据付区分

我が国と「ナ」国側の施工負担区分のうち、発電機資機材の調達・据付工事・試験・調整を日本側で実施する。「ナ」国側は4号機改修に必要なクレーン修理、同工事の実施に必要な既設機材の撤去などを担当する。

なお、詳細な我が国と「ナ」国側の施工負担区分は、表3-2-2に示すとおりである。先方分担については、更に詳細を3-3に記載した。

表3-2-2 負担事項区分

No.	負担事項	負担区分		備考
		日本国側	「ナ」国側	
1	資機材置場の確保		○	
2	巻き線修理のための分解組み立て作業スペースなどの確保（発電機室建屋内）		○	
3	工事期間中の駐車場の確保		○	
4	発電所内外作業スペース、現場事務所など、及び室内外倉庫			
	電気工事			
	a) 電線の拡張工事		○	既設低圧線の拡張及び積算メータの据付（1次側まで）
	b) 受電盤の据付	○		必要に応じて
	水道工事			
	a) 水道（公共上水道）工事		○	
	排水工事			
a) 汚水排水工事（衛生汚水と雨水）		○	必要に応じて	
5	現場事務所の家具（机、椅子）	○		



No.	負担事項	負担区分		備考
		日本国側	「ナ」国側	
6	資機材の製造・調達	○		
7	資機材の輸送	○		
8	輸送、通関手続き、及び税の取扱い			
	(1) 「ナ」国までの資機材の海上輸送及び空輸の責任	○		
	(2) 積み下ろし港における免税措置及び通関手続き		○	
	(3) 積み下ろし港からサイトまでの資機材輸送	○		
	(4) 現地調達資機材に対する付加価値税の免税もしくは負担		○	
9	プロジェクトサイト仮設資材置き場及び現場事務所における現地工事期間中の資機材の適切な保管及び安全管理	○		
10	以下に示す許可の取得のための必要な措置： - 据付工事の際に必要な許可 - 制限地区への進入許可		○	左記の許可はプロジェクト実施前に取得する
11	資機材の据付	○		
12	工事期間中の一時的な停電作業		○	
13	完成検査及び設備と製品の初期操作指導及び維持管理に係る運用指導	○		「ナ」国側は訓練に参加する人員を選別すること
14	施設及び調達機材の運用・維持管理		○	
15	無償資金協力に含まれないそのほかの費用		○	
16	Banking Arrangementに基づく以下の手数料の支払い：			
	我が国の外国為替公認銀行における口座開設費用		○	一万円程度
	支払手数料の負担		○	事業費の0.1%程度

(注)：○印が施工区分を表す。

#### 3-2-4-4 施工監理計画/調達監理計画

我が国の無償資金協力制度に基づき、調達代理機関は概略設計の主旨を踏まえ、実施設計と施工監理を行うコンサルタントを雇用し、円滑な業務実施を図る。また、調達代理機関は、施工期間中の統括的な管理を行うとともに、着工時の現場確認、引渡し検査への立会等、事業進捗に伴う要所において確認作業を行う。このほか、調達代理機関は、工事の進捗に併せて、必要に応じ専門技術者を派遣し、請負業者が実施するそれら工事の監理を行う。さらに、必要に応じ、国内で製作される資機材の工場立会検査及び出荷前検査についても、専門技術者を派遣し、資機材の現地搬入後のトラブル発生を未然に防ぐように監理を行う。

##### (1) 施工監理の基本方針

調達代理機関は、本工事が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を管理し、契約書に示された品質を確保するとともに工事が安全に実施されるように、コンサルタントの協力の下、請負業

者を管理・指導することを基本方針とする。

以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

#### 1) 工程監理

請負業者が契約時に計画した工程と、その進捗状況との比較を以下の項目ごとに月及び週ごとに行い、遅れが出ると判断される場合は、請負業者に警告を出すとともに、その対策案の提出を求め、工期内に工事が完成するように指導する。

- ・ 工事出来高確認
- ・ 資機材搬入実績確認
- ・ 技術者、技能工、労務者などの歩掛りと実数の確認

#### 2) 品質管理

契約図書（技術仕様書、実施設計図など）に示された施設・機材の品質が、請負業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。品質の確保が危ぶまれるときは、請負業者に訂正、変更、修正を求める。

- ・ 資機材の製作図及び仕様書の照査
- ・ 資機材の工場検査結果の照査または検査への立会い
- ・ 資機材の据付要領書、現場試運転・調整・検査要領書及び施工図の照査
- ・ 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い

#### 3) 安全管理

請負業者の責任者と協議・協力し、建設期間中の現場での労働災害、事故を未然に防止するための監理を行う。現場での安全管理に関する留意点は以下のとおりである。

- ・ 安全管理規定の制定と管理者の選任
- ・ 建設機械類の定期点検の実施による災害の防止
- ・ 工事用車輛、建設機械などの運行ルートの方策と徐行運転の徹底
- ・ 労務者に対する福利厚生対策と休日取得の励行
- ・ 安全保護具の着用（アスベスト対策を含む）

#### 4) 資金管理

我が国と「ナ」国の間で取り交わされた交換公文に示されている本事業の事業実施に係る資金を、実施機関であるJHEPに代わって調達代理機関が管理する。当該資金は、E/N署名交換後、JICAから実施機関が開設した本邦銀行の口座に振り込まれる。その後、「ナ」国側と調達代理機関の間で調達代理機関契約が取り交わされた後、同資金は「ナ」国側の銀行口座から調達代理機関の本邦銀行口座に振り込まれる。各請負業者への支払いは契約条件にしたがって調達代理機関より適宜支払われる。

### (2) 計画実施に関する全体的な関係

施工監理時を含め、本事業の実施担当者の相互の関係は、図3-2-5に示すとおりである。

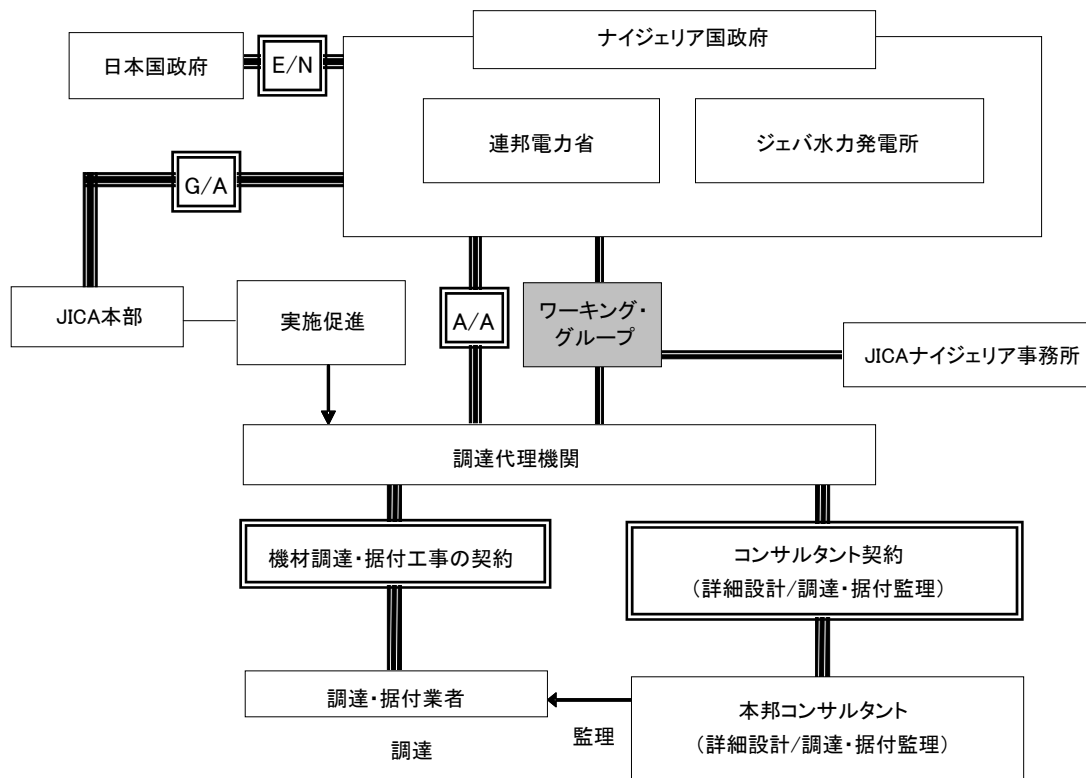


図3-2-5 事業実施関係図

### (3) 施工監督者

請負業者は調達代理機関との契約に基づき、機材の調達・据付工事を実施する。請負業者は、建設期間中の工程監理、品質管理、安全管理も担うこととなるが、調達代理機関が雇用したコンサルタントの施工監理要員が、当該請負業者を監督・指導する。

#### 3-2-4-5 品質管理計画

調達代理機関が契約したコンサルタントの施工監理要員は、契約図書（技術仕様書、実施設計図など）に示された施設・資機材の品質が、請負業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。品質の確保が危ぶまれる時は、調達代理機関と相談して、請負業者に訂正、変更、修正を求める。調達代理機関はコンサルタントの施工監理要員の業務履行状況を確認し、必要な指導を行う。

- ① 資機材の製作図及び仕様書の照査
- ② 資機材の工場検査立会い、または工場検査結果報告書の照査
- ③ 梱包・輸送及び現地仮置き方法の照査
- ④ 資機材の施工図及び据付要領書の照査
- ⑤ 資機材に係る工場及び現場における試運転・調整・検査要領書の照査
- ⑥ 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- ⑦ 完成図書の照査

3-2-4-6 資機材等調達計画

本事業に使用する工事用資機材及び消耗品などを除く、主要資機材は日本からの調達となる。日本から調達される主要資機材は表3-2-1のとおりである。

3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

本改修工事の引き渡し後、供与機材の効果的な運用を可能とするため、本事業で調達・据付される設備・資機材の運転・維持管理技術を、据付工事及び試運転期間中に、「ナ」国側カウンターパートに移転する。

3-2-4-8 実施工程

本事業は我が国政府により既に実施が承認されており、両国間で交換公文（E/N）並びに贈与契約（G/A）が取り交わされている。本調査が終了後、我が国の緊急無償資金協力制度に基づき、「ナ」国側実施機関であるJHEPと日本国政府が推薦した調達代理機関との間で調達代理契約（Agent Agreement：A/A）が締結され、本事業の実施が開始される。本事業の実施は大きく、①実施設計、施工監理コンサルタントの選定、②詳細設計、入札仕様書の作成、③請負業者選定の入札と工事契約、④資機材調達・据付工事の4段階からなる。

図3-2-6に事業実施工程表を示す。

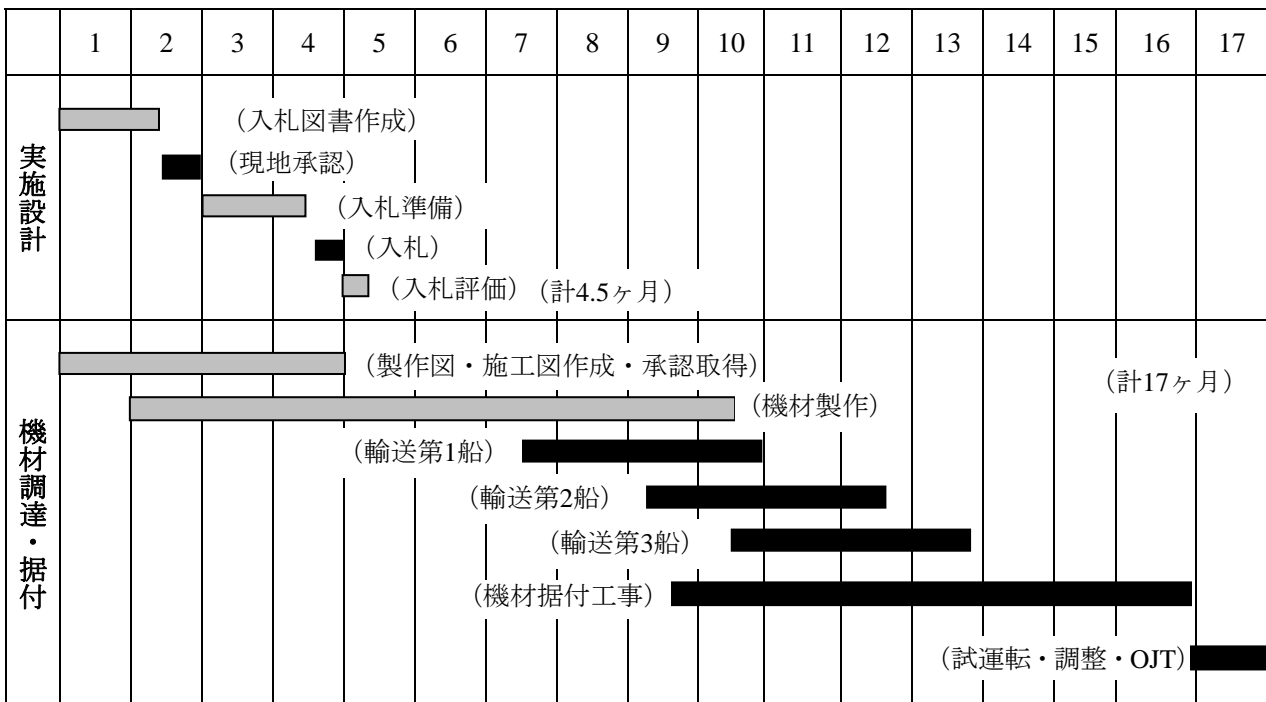


図3-2-6 事業実施工程表（案）

### 3-3 相手国側分担事業の概要

本事業を実施するに当たり、3-2-4-3「施工区分／調達・据付区分」に示す「ナ」国側負担事項区分（表3-2-2）に加えて、「ナ」国側が実施・負担する事項は以下のとおりである。

- ①本事業に必要な情報及びデータの提供。
- ②本事業の資機材調達及び据付工事を目的として派遣された日本人（または日本法人）への労働許可手数料（または事業税など）の免除（または負担）及び関連手続き。
- ③プロジェクトに従事する邦人または第三国からのプロジェクト従事者に対し、「ナ」国への入国並びに滞在に必要な便宜を供与すること。
- ④本事業の運転・維持管理技術を移転するための専門技師の任命と、建設工事期間中の工事確認と資機材の品質検査への立会い。
- ⑤発電所建屋の天井クレーン修理
- ⑥天井クレーンオペレータの確保
- ⑦相手国購入の励磁装置の据付・調整
- ⑧ローターリム修理用特殊工具
- ⑨据付工事用道具（吊道具及びワイヤー含む。詳細は添付資料に示した。）
- ⑩4号水車発電機の調速機のメンテナンス
- ⑪発電所内電源のメンテナンス
- ⑫シャフトシールのメンテナンス
- ⑬ガイドベーンサーボモータのメンテナンス
- ⑭無償資金協力により供与された施設機材を適切かつ効率的に運営・維持管理するために必要な予算と職員を確保すること。
- ⑮アスベストを含む廃棄物の適切な処理

### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

#### 3-4-1 基本方針

安定した水力発電所運営を行うためには、水車及び発電機などの設備の適切な運転・保守（O&M）及びそれらの周辺環境の保全が不可欠である。このため、各設備の事故発生率を低減させ、信頼性、安全性及び効率の向上をめざした、適切な予防保全と維持管理の実施が望まれる。

図3-4-1に水力発電所の維持管理に関する基本的な考え方を示す。これより、本事業で調達・据付けられる機材の維持管理は、予防保全を中心に実施する必要がある。

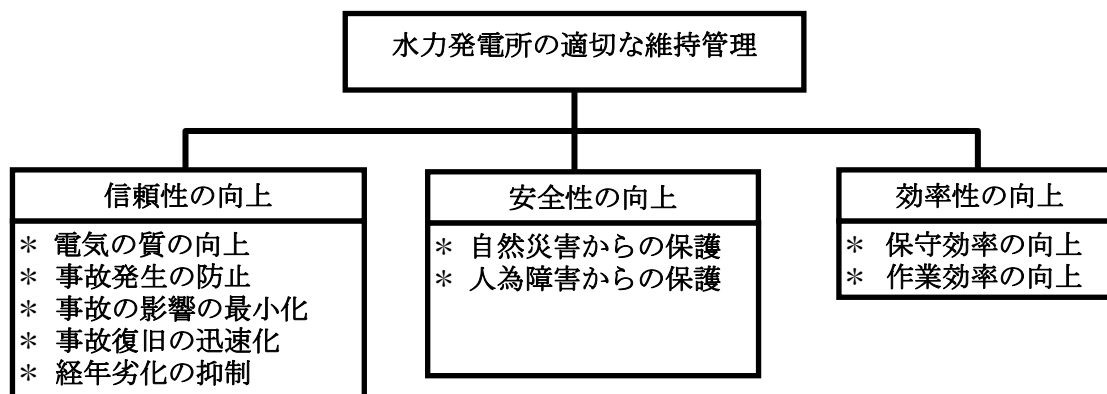


図3-4-1 水力発電所の維持管理の基本的な考え方

本事業においては、据付工事及び試験調整期間中に我が国の請負業者により派遣される技術者によって、当該水車及び発電機の運転・維持管理に関する実地訓練（OJT）を実施する計画である。併せて日本側から必要な予備品、試験器具、保守用工具及び運営・維持管理マニュアルを供与し、供用開始後の運営・維持管理体制について提案する事により、十分その効果を発揮することが可能である。

### 3-4-2 運営・維持管理体制

本事業実施後に運営・維持管理を担当するJHEPでは、PHCNが統括管理の下、適切な電力事業運営を行うための組織・人員体制が期待できる。

### 3-4-3 定期点検項目

#### 3-4-3-1 水車発電機の定期点検

本事業で調達・据付される発電設備の標準的な定期点検項目は、表3-4-1に示すとおりである。上記設備の点検は、①機器の異常発熱、異常音などを人間の五感により毎日点検する「巡視点検」、②各機器のボルトなどの締付け状態、絶縁物の表面汚損状態など、日常の巡視点検ではできない荷電部の点検を行う「普通点検」、及びガイドベーン機、軸受け調速機及び励磁装置などの機能点検及び計器類の精度維持を実施する「精密点検」に分類される。

なお、通常普通点検は1～2年に1度、精密点検は4年に1度程度実施される。また、計器、リレーなどの性能劣化、絶縁性能の劣化、接点の摩耗並びに特性が変化する部品は、普通点検及び精密点検時に、部品の特性と使用頻度を確認した上で、適宜交換することが望ましい。

表3-4-1 標準的な設備機器の定期点検項目

点検項目	点検内容（方法）	巡視点検	普通点検	精密点検
水車	ガイドベーン動作状態	○	○	○
	ガイドベーン回りの漏水状況、弱点ピンの状態		○	○
	継手部からの漏れ	○	○	○
	主軸受油面、給油量	○	○	○
	主軸受温度、冷却水量	○	○	○
	異常振動、異音	○	○	○
	温度計素子、継電器、配線などの異常		○	○
	ガイドベーンの開度と出力の関係		○	○
	振動測定		○	○
	主軸メタルの摩耗			○
	主軸スリーブの摩耗、封水部パッキンの摩耗の有無			○
	ランナ摩耗およびランナライナとのギャップの測定			○
	ガイドベーンのシャッター面およびガイドベーンとケーシングとのギャップ測定			○
	軸受ブッシュの摩耗状態			○
	圧油導入部の漏油、リターン機構の異常の有無			○
	ランナボス漏油の有無およびランナ用サーボモータ漏油の有無			○
	ガイドベーン開度とランナベーン開度			○
発電機	ローターハブ			

点検項目	点検内容（方法）	巡視 点検	普通 点検	精密 点検
	クラック			○
	ローター			
	ローターコイル			
	錆			○
	フィールドコイル			
	巻線の汚れ		○	
	絶縁抵抗	○		
	ダンパー巻線			
	放電跡			○
	端子の状況			○
	クラック			○
	接続用端子			○
	ファン			
	ボルト締			○
	エアギャップ			
	ギャップ差			○
	ステーター			
	ステーターコア			
	外見			○
	熱変化			○
	錆			○
	巻線			
	巻線の汚れ			○
	絶縁物の状況			○
	絶縁抵抗	○		
	コアダクト			
	ダクトの汚れ	○		
	ウェッジ			
	巻線の結束			○
	フレーム			
	ボルトのゆるみ			○
	ベアリング			
	ベアリング			
	ひび及び損傷		○	
	温度	○		
	オイルボックス			
	漏油	○		
	潤滑油			
	油面と汚れ	○		
	水の混入		○	
	シャフトシール			
	絶縁抵抗			○
	軸電圧	○		
	ブラケット			
	ボルトの緩み		○	

点検項目	点検内容（方法）	巡視 点検	普通 点検	精密 点検	
	振動	○			
	スペースヒータ				
	その他、可燃物などがないこと	○			
	オイルクーラ、エアクーラ				
	空気の状況		○		
	漏油		○		
	錆及び汚れ			○	
	パイプ				
	空気、水、油漏れの有無	○			
	オイルポンプ				
	漏油	○			
	フィルタ洗浄		○		
	オイルポンプの温度	○			
	オイルポンプの振動	○			
	モータの絶縁			○	
	異音	○			
	ブレーキ				
	シューの状況			○	
	コレクターリング				
	ブラシのスパーク	○			
	ブラシの圧力		○		
	ブラシの状況		○		
	コレクターリング表面			○	
	汚れ			○	
	その他				
	異音、振動	○			
	接栓部分		○		
	インターロック回路		○		
	保護リレー		○		
	ローター用ストッパー		○		
	スペアパーツの保管状況			○	
	調速機	調速機ポテンションメータの異常、コンバータへのほこりの付着	○	○	○
		調速機抵抗器の加熱、変色、断線	○	○	○
調速機復原機構のリンクピン、ワイヤーの遊び、伸び			○	○	
調速機ストレーナの目づまり				○	
調速機可動部の給油状態			○	○	
圧油装置	圧油装置ポンプの運転状態、異音異臭	○	○	○	
	圧油装置油面、油圧	○	○	○	
	圧油装置配管、ケーシングなどから漏油	○	○	○	
	圧油装置集油槽の冷却水量、油温	○	○	○	
	圧油装置ギヤポンプの摩耗、サイドギャップ		○	○	
	圧油装置ポンプおよびモータの軸受の摩耗		○	○	
	圧油装置パイロットバルブの摩耗およびラップ			○	
圧油装置油に異物の混入およびスラッジの有無			○		



点検項目	点検内容（方法）	巡視 点検	普通 点検	精密 点検
そのほかの 装置	潤滑油装置配管類からの漏油状態	○	○	○
	潤滑油装置集油槽油面リレー、リミットスイッチの動作状態		○	○
	潤滑油装置給油量、油面	○	○	○
	給水装置ストレーナの目づまり状態			○
	給水装置配管のつまり、漏水状態		○	○
	給水装置給水量、断流継電器の動作状態			○
	排水装置水位検出器の状態			○
	排水装置ポンプの加熱、振動、排水能力、各部給油状態	○	○	○

### 3-4-4 予備品購入計画

#### 3-4-4-1 予備品の分類

予備品は一般的に以下の用途に分類される。

- ① 消耗品 : 機材の消耗・劣化状況に応じて交換を必要とする部品
- ② 交換部品 : 機材の部品の破損などにより交換が必要となる修理用部品
- ③ 緊急予備品 : 機材の事故などにより発電停止につながる、緊急時に交換が必要となる機器

#### 3-4-4-2 予備品の対象設備と購入計画

同期発電機における消耗品、交換部品及び緊急予備品は、表3-4-2のとおりである。なお、交換部品の数は、1年を目安とした。ただし、予備品は今後「ナ」国が実施する6号機及び他の発電機の修理計画の中で購入の計画があることから、本事業では含まないこととする。

表3-4-2 消耗品、交換部品及び緊急予備品

品名	数量	消耗品	交換 部品	緊急 予備品	説明
コレクターリング	1本		○		励磁電流を励磁装置から発電機へ流すための接続用機具であり、5～10年程度で交換が必要である。
カーボンブラシ	90個	○			励磁電流をコレクターリングへ送るための励磁機側摺動端子でカーボンにより作られているため利用頻度により1年に1回程度交換が必要。
ブラシホルダ	2個		○		カーボンブラシを納める機具
予備コイル（上）	10本			○	ステーターコイル（コレクターリング側）
予備コイル（底）	5本			○	ステーターコイル（水車側）
ガイド軸受	22個			○	発電機用の軸受に使用されるガイドメタル
スラストライナー	2個			○	スラスト軸受部分に使用する隙間を調整するための金属の板
ブレーキシュー	8個	○			ブレーキ用摺動面
予備変流器	6個			○	電線の周囲に取り付け、計器用使用する電流を分割する機器
予備スラスト軸受	18個			○	スラスト軸受の交換時に準備する、予備用のメタル（ベアリング）
オイルリフタ	1個			○	起動用に使用するモーターポンプ
低圧フィルタ	50個		○		圧油配管の低圧側で使用する、圧油配管の低圧側で使用する、ごみ除去用フィルタ
高圧フィルタ	50個		○		圧油配管の高圧側で使用する、ごみ除去用フィルタ

### 3-4-4-3 予備品の予算処置

本事業では、最低限必要な1年分の消耗品、及び交換部品を相手国側にて調達する必要があるため、「ナ」国は本事業完了後の1年後までに、必要な追加消耗品及び交換部品の購入費用を予算化することが求められる。

### 3-4-4-4 試験器具及び保守用道工具

適正な維持管理のために必要な、試験器具及び保守用道工具を整備する必要がある。試験器具及び保守用道工具は、無償資金協力に含めないが、JHEPが自己調達することを想定して参考のために必要費目ならびに数量を表3-4-3に記載する。特に保守用道工具については、本事業により修理される発電機を運営維持管理するための保守用道工具が必要となる。

表3-4-3 維持管理に必要な保守用道工具

項 目	数量
1. 試験器具	
(1) ユニバーサルテスター	1 式
(2) 検相計	1 式
(3) 検電器	1 式
(4) 絶縁抵抗計 (メガー)	1 式
(5) 直流耐圧試験器 (0~100 kV DC 検電器含む)	1 台
(6) 簡易型接地抵抗計	1 台
(7) デジタル式マルチメータ	1 台
(8) クランプ式テスター	1 台
(9) そのほか	1 台
2. 保守用道工具	
(1) 圧縮器 (ダイス付き)	1 式
(2) 油圧ジャッキ	50 本
(3) 溶接機	5 台
(4) バーナ	5 台
(5) グラインダ	8 台
(6) チェンブロック	4 台
(7) スパイダー用吊具	1 台
(8) そのほか	1 式

### 3-5 プロジェクトの概略事業費

#### 3-5-1 協力対象事業の概略事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な事業費総額は、20.96億円（消耗品1年分を含む）となり、先に述べた日本と「ナ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、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。ただし、この額は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

#### (1) 日本側負担経費 **施工・調達業者契約認証まで非公表**

#### (2) 「ナ」国側負担経費 203,060,000 NGN (約 106.8 百万円)

「ナ」国側の負担事項内容、及び金額は以下に示すとおりである。

##### ① 天井走行クレーンの修理

ブレーキ、接点、保護継電器、コレクタ、モータ、ソレノイド、切り替えスイッチ、銅バーなどの部品交換と修理： 152,000,000 NGN (約80百万円)

ジェバ発電所のクレーンは、2基の天井走行クレーンが装備されている。それぞれの天井走行クレーンには、225 t、50 t 及び 15 t のクレーンが備え付けられている。現在、それぞれのクレーンは下記の故障が発生しており、発電所単独で修理を実施する業者の選定中である。

天井走行クレーン	クレーンの種類	状態
A	225 t	× 故障中
	50 t	× 故障中
	15 t	× 故障中
B	225 t	○ 稼働中
	50 t	△ 動作はするが、クレーンヘッドを吊るワイヤーのブレーキが壊れており、危険な状況。修理が必要である。
	15 t	× 故障中

本事業では4号発電機回転子を修理するが、最大重量は約450 tであり、この天井走行クレーンの稼働は必須であり、本事業での据付工事開始前には修理が完了していなければならない。

##### ② 励磁装置については、6号機分と合わせてすでに相手国で購入済みであり、本事業の実施に合わせて、本事業とは別工事となるが同時期に交換工事及び調整作業を実施： 15,200,000 NGN (約8百万円)

③ 所内用 AC 及び DC 電源 NFB は、既に製造中止であり補給が困難な状況である。予備品が少ない状況であり、特に実施までの間に不具合が生じないようメンテナンスを行う：	5,700,000 NGN	(約3百万円)
④ 水車シャフトシール及びサーボ類のメンテナンス (ボルト締め、シール交換など)：	3,800,000NGN	(約2百万円)
⑤ 据付工事期間中の天井クレーンオペレータ (10.5MM)：	5,460,000NGN	(約2.8百万円)
⑥ 消耗品 (1 年分)：	3,800,000NGN	(約2百万円)
⑦ 道工具類：	13,300,000NGN	(約7百万円)
⑧ 支払授權書 (A/P: Authorization to Pay) 手続き費用：	E/N額の0.1%程度 (約3,800,000NGN)	(約2百万円)

### (3) 積算条件

- ①積算時点：2011年8月
- ②為替交換レート：1 US\$=82.49円 (2011年2月から2011年7月までのTTS平均値)  
1 NGN=0.527円 (2011年2月から2011年7月までのTTS平均値)
- ③施工・調達期間：詳細設計並びに機材調達・据付の期間は施工工程に示したとおりである。
- ④そのほか：本事業は、日本国政府の無償資金協力のスキームによって実施される。

### 3-5-2 運営・維持管理費

JHEPは、運転開始以降これまでの26年間同発電所を継続的に維持管理しており、本事業で改修される発電機を含めたJHEPの供与開始後の運転・維持管理も担うことになる。なお、本事業は現在運用中の発電機の修理であり、新たな雇用は発生しない。

また、本事業で改修される発電機を健全に運用するためには、表3-4-2に示す予備品（消耗品及び交換部品）を常備する必要があり、必要に応じて予算化（約380万ナイラ/年）する必要がある。同発電所における最近5年間の修理・維持管理費は約9,800万ナイラであることから、本事業で改修される4号発電設備の維持管理費はJHEPの予算内で確保できると考えられる。本調査の結果、プロペラ水車のランナは摩耗が少なく良好な状況であることが想定されることから、維持管理を適切に行うことで今後も長期的な利用が期待できる。

現在、JHEPはMaintenance Management System (MMS)と呼ばれる教育制度を有しており、品質管理の他、スペアパーツ調達、技術継承、能力評価、技術研修を進めている。水力発電所は10年に一度程度、維持管理を行う職員により大掛かりな分解点検を行い、部品の摩耗度、振動状況、及び漏油などの評価を行うことで、事故の予防保全が可能である。JHEPは、このような制度を維持することで、現在の利益の出る体制を維持することが可能であり、オーバーホールの際に必要な費用を確保し、長期的な運用が可能である。

## 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 プロジェクトの前提条件

#### 4-1-1 事業実施のための前提条件

表3-2-2及び3-3に示す相手国分担事業が事業実施のための前提条件となる。当面、クレーン修理に係る業者契約の締結ならびに改修に必要な道工具類の購入が必要となる。

#### 4-1-2 プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件

- (1) プロジェクトの効果を発現・持続させるために「ナ」国側が取り組むべき課題は以下のとおりである。水車発電機の取水量が発電用として十分に確保されること
- (2) 維持管理に必要な人材の確保と予備品等の購入に必要な予算が確保されること
- (3) 発電収入が確保され、JHEPが財政的に健全な状態であること

### 4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

プロジェクトの効果を発現・持続させるために「ナ」国側が取り組むべき課題は以下の通りである。

#### (1) 工事着工前

- ① 本事業では4号発電機用回転子を修理するが、最大重量は約450 tであることから、現在故障している天井走行クレーンの稼働は必須である。従って、本事業での据付工事開始前には「ナ」国側で天井クレーンの修理を完了していなければならない。
- ② 「ナ」国側は、6号発電機で予定しているローターリム修理用特殊工具及び据付工事用道工具（吊道具及びワイヤー含む）を調達する必要がある。本事業では4号発電機用回転子を修理するが、最大重量は約450 tであることから、同ローターを釣り上げるための特殊工具及び修理用道工具の調達は必須であり、本事業での据付工事開始前には調達が完了していなければならない。
- ③ 「ナ」国側は、「ナ」国側負担工事に係わる予算計上を遅延なく行い、日本側工事開始前に必要な工事もしくはその準備を確実にを行う必要がある。
- ④ 「ナ」国側は、アスベストを含む部材の解体・撤去作業に関して、日本側工事開始前にナイジェリア環境庁より認証された検査官による検査と評価を受ける必要がある。

#### (2) 工事中および供用開始後

- ① 本事業で日本側が調達・据付を行う発電機工事工程にあわせて、「ナ」国側は、発電所運転停止等、「ナ」国側負担事項を確実にを行う必要がある。また、担当技術者を選定し、「ナ」国側の工程計画、要員計画、資機材購入計画等を策定のうえ、工事の円滑な推進を図る必要がある。
- ② 工事の際に撤去されるアスベストを含む廃棄物については、「ナ」国規制に従って適切に処理することが求められる。
- ③ ジェバ水力発電所の運転維持に係る支出は増大傾向にあることから、JHEPはこれまで通り十分な電力収入を確保し、自立した維持管理を継続していく必要がある。
- ④ 「ナ」国側は、安定した発電所運営体制を確保するため、発電用ダムの定期的な現場巡視点検を実施し、周辺の樹木伐採、ダムの安定的な運用と放水堰堤及びゲートなどの土木施設の事故にかかわる予防保全する必要がある。

- ⑤ 本事業で実施するOJTに参加する技術者の任命を速やかに行い、研修に参加させるとともに、研修に参加しなかった他の技術者への技術の水平展開を図る必要がある。
- ⑥ 本事業に必要な資機材及び派遣された日本人に対する免税措置と便宜供与等を行う必要がある。
- ⑦ 既設送電用変電所と本協力対象のジェバ発電所では異なる体制で運営されている。このため、事故時の対応など「ナ」国側は、常に情報を共有するなど、運営維持管理に当たって十分な連携をとる必要がある。

### 4-3 外部条件

プロジェクトの効果を発現・持続させるための外部条件は、以下の通りである。

- ・ 水力発電に関する政策が変更されない。
- ・ 料金徴収・予算措置が継続され、JHEPが健全な財務状況を維持する。
- ・ 適切な運営維持管理が持続的に行われる。
- ・ ダム・発電設備が十分に稼働する。

### 4-4 プロジェクトの評価

#### 4-4-1 妥当性

以下に示すとおり、本事業は「ナ」国の開発計画やエネルギー政策の実現に資するとともに、貧困層を含む一般国民に裨益するものであることから、協力対象事業の妥当性は高いと判断される。

#### (1) 裨益人口

本事業の実施により、「ナ」国の住民、約1億4,000万人に対する、安定した電力を供給することが可能となる。

#### (2) 公共福祉施設の安定した運営への貢献

学校、病院といった公共福祉施設への安定した電力供給に資する。本事業により電力設備の改善が図られ、最大発電電力の改善が図られることから、ピーク電力時の問題が緩和されることにより、利用時間の拡大などが可能となり国民の生活改善や経済発展に貢献するものである。

#### (3) 「ナ」国の開発計画に資するプロジェクト

「ナ」国政府が2010年に策定した国家開発政策「Nigeria Vision 20:2020」及びその実行計画「The First National Implementation Plan for NV20:2020」(2010-2013)では、電力セクターを重要課題に位置づけ、既存発電所の効率向上を推進することとしている。また、エネルギー源の石油への依存を軽減し、水力、天然ガス、太陽光などに多様化していく方針を掲げている。本事業では、機能の低下している既存ジェバ水力発電所4号機の発電能力を回復することにより、電力供給の改善と電力エネルギー源の多様化に一定の貢献をすることが可能となるため、「ナ」国開発計画における目標達成に資する。

#### (4) 我が国の無償資金協力スキーム

本事業は、主要な機材の調達国が日本であること、E/N期限内にプロジェクトが終了することなど、無償資金協力スキームの枠内で無理のない事業内容と工程計画を策定しており、特段の困

難なく実施可能である。また、事故により被害を受けた状態で運転を強いられている4号機の修理は、緊急性を有する内容であり、前述のとおり貧困層を含む「ナ」国国民への裨益が見込まれることから、我が国の無償資金協力スキームによる事業実施において妥当性が認められる。

(5) 我が国の技術を用いる必要性・優位性

改修対象設備である4号発電機は、本邦メーカー製の定格出力96.4MWの大型発電機設備である。「ナ」国にて、同規模の発電機を製作・製造できる重電メーカーはなく、また改修対象が本邦メーカー製の発電機であることから、本改修工事を本邦企業が実施する必要性・技術的な優位性が認められる。

4-4-2 有効性

本計画の実施により期待される効果は、以下のとおりである。

(1) 定量的効果

1) 最大出力

現在4号機は、振動などの問題で、ダムからの取水が増加した場合でも十分な発電が困難な状況にある。本事業により発電機の修理が完了し、各種コイル、スラスト軸受及びクーラなど各機器の温度等を監視するために必要なメータ類が更新されることから、安全に出力を得ることが可能となり、維持管理の負担が軽減される。なお基準値として、事故が発生した2009年以降の値として2010年の最大出力を採用した。

指標名	基準値 (2010年)	目標値(2016年)
最大出力 (MW)	45.9 MW (47.6%)	96.4 MW (100%)

2) 発生可能電力量

4号発電機は本事業によりローターコイル、ステーターコイル及びスラスト軸受など主要な部品を交換することで、運転中の振動などが軽減され継続した安定的な電力の供給が可能となる。即ち、4号発電機の年間発生電力量を定量指標として設定し、平均的にこの値が2009年の事故前のレベルを維持することをもって、改修による安定的な電力供給の回復を測ることとする。具体的には、事故前の10年間の年間発生電力量の平均値を目標値として設定し、完工後3年間の平均値をもってその達成度を測ることとする。(添付資料にジェバ水力発電所の発生電力量の推移を示す)

指標名	基準値 (1999年から2008年までの年平均)	目標値 (2014年から3年間の発生電力量より年平均を算出する)
年間発生電力量 (GWh/年)	226 GWh/年	226 GWh/年



### 3) 重大事故発生数

4号機は、2009年の事故によって3ヵ月間停止している。現在かろうじて運転している状態であるが、振動などの原因により故障による停止が想定される。一方、改修が行われた場合、1ヵ月以上の緊急停止は「0」回が期待できる。

指標名	基準値 (2010年以前)	目標値 (2014年以降)
重大事故発生数 (1ヵ月以上の運転停止を伴うもの)	1	0

### 4) 温暖化ガス排出削減量

2)項の発生可能電力量を元に計算した場合、温暖化ガス排出削減量は以下のとおりである。

	排出削減に寄与する電力量 (GWh/年)	ベースライン排出量 (tCO <sub>2</sub> /年)	プロジェクト排出量 (tCO <sub>2</sub> /年)	リーケージ (tCO <sub>2</sub> /年)	排出削減量の合計 (tCO <sub>2</sub> /年)
排出削減量	226	191,000	0	0	191,000

#### (2) 定性的効果 (プロジェクト全体)

現状と問題点	本事業での対策 (協力対象事業)	計画の効果・改善程度
「ナ」国では、発電設備の老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、地域の産業の発展を阻害している。	発電機のメータ、表示器等、修理	ダイヤル温度計などの修理が行われ、温度の管理が可能となり安定した運転が可能となり、事故防止が可能となる。その結果、安定した電力供給が行われることで、工業など地域の産業が活性化される。
「ナ」国では、送配電設備の老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、医療機関の安定した運営に影響を及ぼしている。	水車発電機のコイル、メタル等、修理	コイル及びメタル等の修理が行われることで振動が少なくなり、発電機が発生する電力の波形が安定する。その結果、病院、大学などに安定した電力供給が行われることで、これらの医療機関及び教育機関などに安定した運営、住民サービスの向上に寄与する。
「ナ」国では、発電設備の老朽化や過負荷のため頻繁に停電が発生し、地域住民の生活環境が悪化している。	発電機の修理	継続した電力供給が行われることで、「ナ」国民の生活環境が改善される。
ジェバ発電所は、故障が頻発しており部品の交換など維持管理費が増加することでJHEPの財務に負担となっている。	発電機の修理	水力発電所の機器が更新され、部品交換の頻度が減少し、維持管理費が減少する。