

添付資料

- | | |
|--------|----------------|
| 添付資料 1 | アーロン発電所 個別調査結果 |
| 添付資料 2 | ローガ発電所 個別調査結果 |
| 添付資料 3 | タケタ発電所 個別調査結果 |
| 添付資料 4 | ティラワ発電所 個別調査結果 |
| 添付資料 5 | イワマ発電所 個別調査結果 |
| 添付資料 6 | イエイワ発電所 個別調査結果 |

添付資料 1

アーロン発電所 個別調査結果

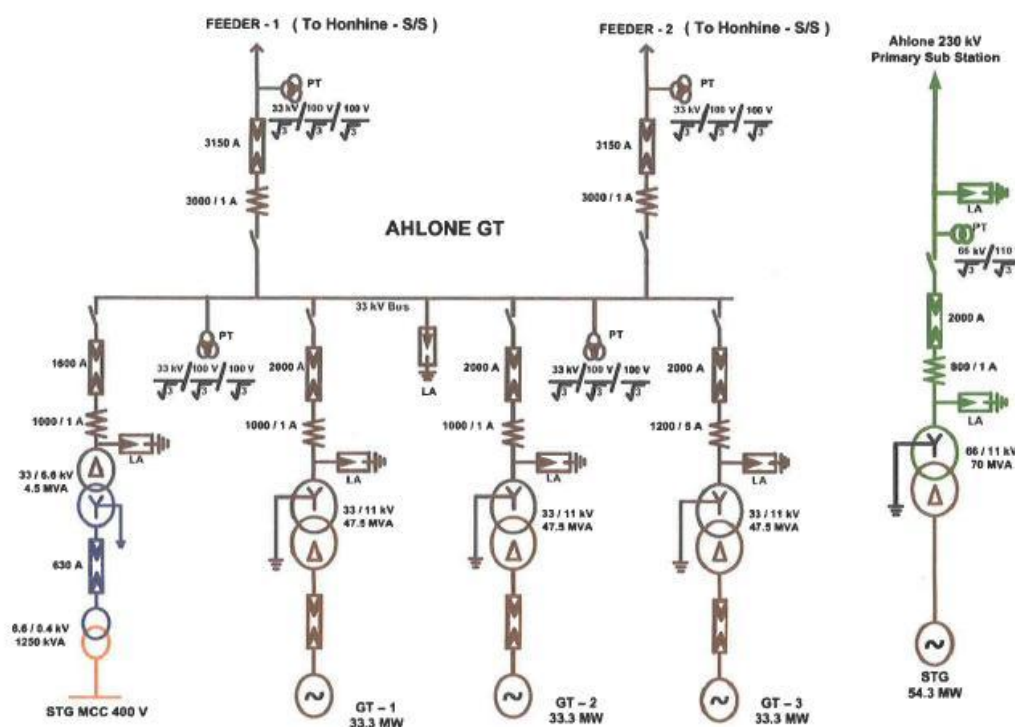
■ Ahlone (第1次現地調査：2018.9.4～9.6、第2次現地調査：2018.12.11～12.13)

(1) 発電所と運営体制の概要

a. 発電所の概要

所在地	No.39, Kannar Road, Ahlone Township, Yangon, Myanmar	
設備構成	GT: 3基、ST1基の3-3-1のコンバインドサイクル	
施工者	CCGT	丸紅- Kawasaki (Boiler(Kawasaki) , Turbine(ABB))
GT機種	機種	Frame6(GE) PG6541B
	出力容量	33.3MW
	運転開始	1995年2月16日、1995年4月11日、1995年5月29日
ST機種	機種	V-63(ABB)
	出力容量	54.3MW
	運転開始	1999年9月10日
発電所設備容量(構成)	154.2MW (3on1 CCGT)	
燃料	天然ガス (Yadana Gas)	
送変電設備との接続	隣接するアーロン変電所に送電 (#1,2,3GT:33kV, ST:66kV)	

Ahlone Power Station Single Line Diagram



図：アーロン発電所単線結線図

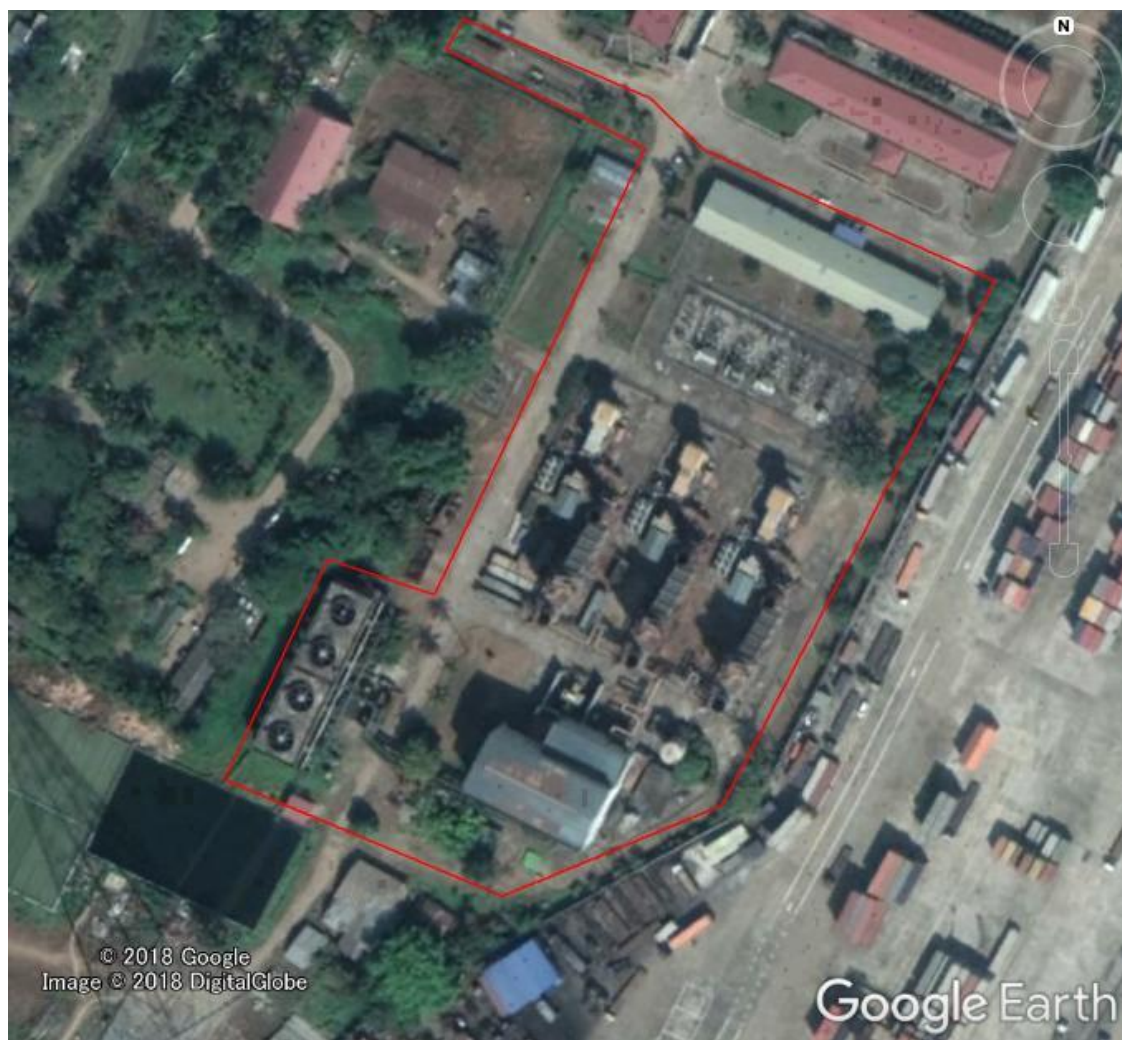
機器仕様

ガスタービン	
機種 : Frame6	PG6541B (GE) (大気温度 15℃、湿度 60%、大気圧 1013.25hPa)
	設計出力 : 38,340 kW
	設計熱消費率 : 11,460 kJ/kWh
	設計熱消費量 : 439,400 MJ/h
	設計排ガス流量 : 500.5 t/h
ガスタービン	形式 : 開放単純サイクル一軸式
	段数 : 3 段
	1 段静翼入口温度 : 1,104℃ (インターネット調べ)
	タービン排気温度 : 537℃ (インターネット調べ)
	回転数 : 5100rpm
燃焼器	形式 : リバースフロー多缶式燃焼器
	個数 : 10 個
圧縮機	段数 : 17 段
	出口圧力 : 12.0bar (GT-PRO 調べ)
発電機	型式 : T190-240 43MVA-3000rpm
排熱回収ボイラ	
基数	: 3 基
型式	: Kawasaki-Vogt natural circulation / Horizontal gas flow
GT 燃料	: NG
蒸気流量	: 67.3 t/h (1 基あたり)
蒸気圧力	: 42.9 ata (SH 出口。絶対圧)
蒸気温度	: 485 °C (SH 出口)
給水温度	: 54.5 °C
	バイパススタック有り
蒸気タービン	
蒸気タービン	製造者 : ABB
	出力 : 56.65 MW
	回転数 : 3,000 rpm
	設備数 : 1 台
	ロータ重量 : 16,617 Kg
	回転方向 : C. C. W
	蒸気圧力 : 43.16 bara (norm)
	蒸気温度 : 464 °C (norm)
	蒸気流量 : 216 t/h (max)
	排気圧力 (norm) : 0.12 bara
	排気流量 (max) : 216 t/h
発電機	型式 : 三相交流同機発電機
	容量 : 67,875 kVA
	力率 : 遅れ 0.80
	周波数 : 50 Hz
	回転数 : 3,000rpm
	電圧 : 11,000 V
	電流 : 3,563 A

復水器	
製造者	: EDI (Evaans Deakin Engineering)
種類	: 表面冷却型 (シェル&チューブ型)
蒸気流量 (norm/max)	: 216t/h
器内圧力	: 0.12 (norm) /0.14 (max) bara
器内温度	: 50 (norm) /60 (max) °C
復水器冷却水流量	: 4,165kg/s
冷却水入口温度	: 42.8°C
冷却水出口温度	: 51.8°C
表面積	: 6,013m ²
細管数	: 9,786 本
復水器長	: 7,700 mm
空重量	: 135,000 kg
運転重量	: 249,450 kg
水処理装置	
処理能力	: 120 m ³ /day
型式	: 二段階逆浸透装置
投入薬品	: 塩素処理 (NaOCl) 凝集処理 (FeCl ₃) 還元、PH 調整 (SBS) PH 調整 (H ₂ SO ₄)
脱塩水設計値	: 導電率 10 μ S/cm 以下 シリカ 0.5 ppm 以下
燃料設備	
1) 燃料ガス性状 (Yadana ガス)	メタン : 69.8801mol% エタン : 1.0106mol% プロパン : 0.1694mol% i-ブタン : 0.0184mol% n-ブタン : 0.0279mol% i-ペンタン : 0.0065mol% n-ペンタン : 0.0037mol% NEO-ペンタン : 0.0214mol% HEXANE AND HEAVIER : 0.0211mol% CO ₂ : 4.1294mol% N ₂ : 24.727mol% H ₂ S : 0.0021mol% H ₂ O : 0.0011mol%
2) 送出条件	
ガスステーション	最高温度 : 45°C 最低温度 : 22°C 最高圧力 : 35barg 最低圧力 : 27barg 最大流量 : 54,000Nm ³ /h
GT入口	最高温度 : 45°C 最低温度 : 20°C 最高圧力 : 30barg 最低圧力 : 18barg 最大流量 : 18,000Nm ³ /h

b. 発電所のレイアウト

- ① 水質・潤滑油・制御油・燃料管理等に伴う化学分析室は設置されていない。
- ② 水質については、ボイラ水冷却系統故障のため高温ボイラ水を2時間大気温度で冷ましてから測定を行っている（pH, 電気伝導率）。測定結果に基づき、化学担当者が1回/日の頻度で薬品注入量の指示を出している。
- ③ 川の水は塩分を含むため、現在は井戸水を水処理して使用している。



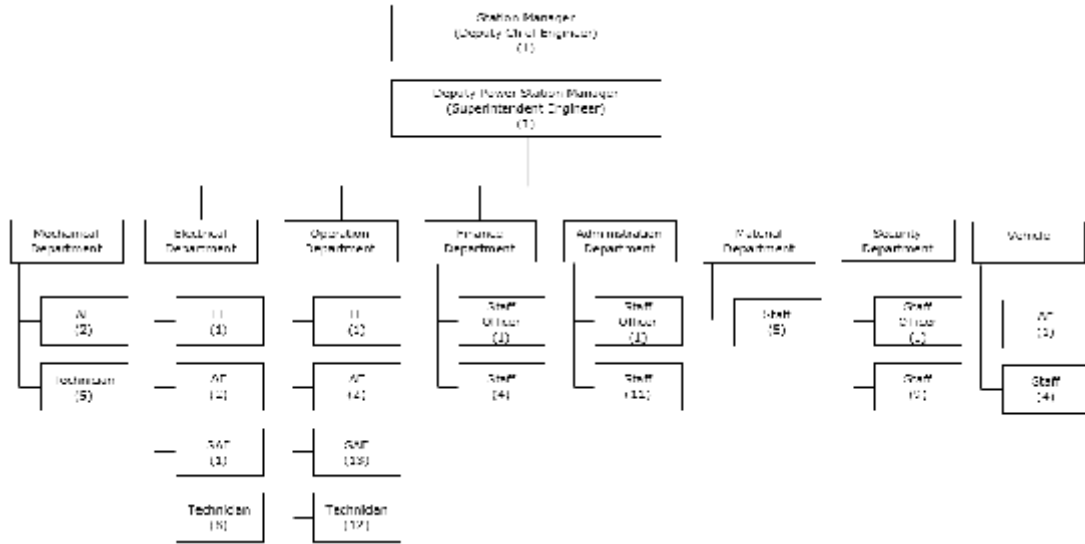
図：アーロン発電所構内配置図



故障した常設計器

c. 発電所組織、教育体制

- z 職員数は、所長以下 計 90 名
- z 全ての運転員は、2013～14 年に Ethos による数日間の訓練を受けた。
- z Executive Engineer が自身の教育資料を用いて OJT を行った。
- z 公的資格や社内資格はない。
- z 運転員の経験や CV を考慮してプラントマネージャーが運転員の技量を判断する。



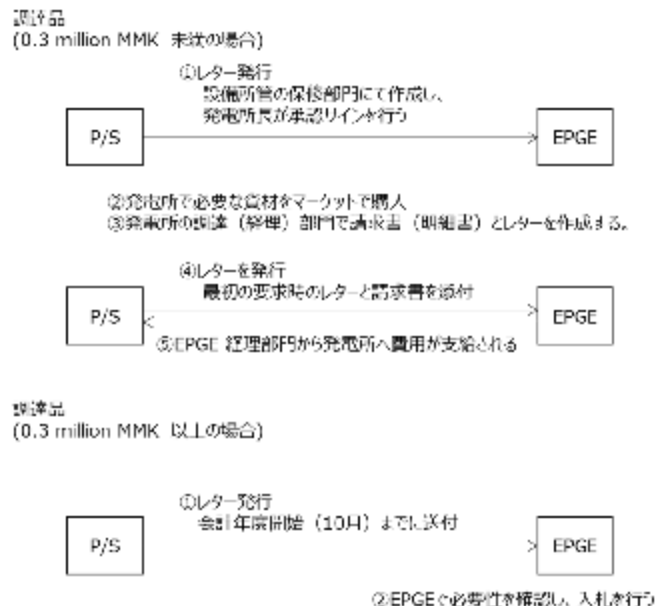
図：アーロン発電所組織図

d. O & Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

- z ルールは、殆ど成文化されていない。
- z ユニットの起動停止方法、運転管理値は、設備メーカーが作成したマニュアルを使用している。

e. 部品等の資機材調達手続き

- z 必要な物品については、発電所の調達部門が EPGE にリストを提出して要求する。
- z 資機材調達手続きの流れは図のとおり。ただし EPGE が全ての予算管理を実施しているため、所長決裁権限範囲である 0.3millionMMK 以下であっても EPGE の承認が必要になる。



図：資機材調達手続きの流れ

(2) 日常運営

a. 運営体制

- z 2シフト（8:30～17:30、17:30～8:30）4班制で運営。1シフト8～10人。
- z 引継ぎにはログブックを使用する。
- z 運転員は1時間毎に巡回点検+運転データを採取している。
- z 保守要員は朝と夕方に巡回点検を実施している。
- z 火曜日と木曜日に発電所の清掃を実施している。

b. 発電に係る定量的記録

- z GT・STの出力、燃料ガス消費量、その他パラメータを1時間毎に記録し、日単位で整理している。また出力と燃料ガス消費量をローガ発電所に報告している。
- z 隣接するTTCLのIPP発電所の出力も記録している。
- z グラフ化等の運転データの利用方法について規定はなく、エクセルデータ化やグラフ化を実施していない。
- z 日々の運転記録、保守記録は発電所内でのみ利用され、他発電所への共有はしていない。日報、月報、年報はEPGEに送られる。

定量的記録

発電量月報

燃料ガス消費量月報

c. O&Mの実施状況の記録

- z STは2018年3月以降毎週金曜日に24時間ターニングを実施している。
- z 毎週土曜日にオンラインで翼洗浄を実施している。
- z 保守記録はログシートに記録している。
- z 運転日誌、日常保守記録を作成している。
- z Operatorから不具合発生の報告を受けた時は、Maintenance Engineerが機器の状態を確認して、Plant Managerに報告する。

- z 報告は口頭に加えて文書でも実施される。
- z 不具合の修繕方法は **Engineer** が判断する。
- z 電動機の絶縁抵抗など、必要に応じて不具合箇所の確認試験を実施している。

d. スペアパーツの管理

- z 予備品は倉庫に保管し、予備品リストで管理している。棚卸しは 1 回/年で実施している。シリアル番号での管理は実施されていない。
- z 予備品を使用する際は **EPGE** の承認が必要である。
- z プラント運転に必要な部品の種類、数量について、発電所から **EPGE** に要求する。
- z **Fr6** ローター（旧品・未整備・防錆なし）×2 本、**Fr5** ローター×1 本（旧品・整備・防錆なし）を保管している。
- z ローガ発電所と予備品の融通を行っている。
- z 発電機ローター: 予備ローター→アーロン#2GT→ローガ#1GT で、現在ローガにて保管中。
- z **HRSG : 2005~2007** 年にチューブバンドルを総取替→取外品のエコの 2 列をローガで使用した。

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- z 不具合を見つけた際は、機械チーム、電気チーム、プラントマネージャーに連絡する。プラントマネージャーが対策を指示する。不具合の記録はログシートにまとめられる。
- z 不具合管理システムはない。
- z 不具合のある機器の点検周期は必要に応じて発電所で変更できる。
- z 不具合機器と同種の機器の確認（水平展開）を実施する。ベアリングクリアランスや圧縮機ブレード損傷の可能性を疑うものの、原因特定はできない。
- z 冷却ファンの不具合等小規模の不具合ならプラントマネージャーやエンジニアが対策を決める。
- z **GT** の停止が必要な場合、**EPGE** への報告に基づき **EPGE** が対策を決定する。
- z 制御系の深刻な問題を除き、不具合について **OEM** に問い合わせることはない。
- z **OEM** への問い合わせは **MD** が行う。
- z 不具合等でわからないことがあった場合は、各発電所の **Engineer** が集まりディスカッションを行い、方法を検討する(ユニオンミーティング)。

f. 環境管理の実施状況

- z 環境管理は実施されていない。

g. 発電所の入構管理の実施状況

- z 守衛室が入構許可証、ログシートを用いて入構管理を実施しているが、管理システムはない。

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- z 定期保守の項目については、**EPGE** が前回記録等を見て決定する。#3GT 振動大の時は **EPGE** が発電所に工事範囲の提出を要求した。
- z 電力需要を加味して **EPGE** が定期検査時期を決定する。発電所は **EPGE** に定検工程を連絡し、**EPGE** の承認を得る。

b. 定期点検等の実施状況、実施頻度、実施手法

- z **EPGE** が必要な人員を確保する。必要に応じて他発電所から要員を確保する。
- z メーカーが定検に参加した場合は報告書が提出される。直営で定検を実施した場合は記録を残していない。
- z 発電所から **EPGE** へ送付される週報を手がかりとしている。
- z クリアランス計測は実施するものの、その記録は残さないため事故発生時に原因特定が困難な状況にある。
- z 必要な部品については **EPGE** が調達する。
- z プラントマネージャーと機械マネージャーが取外機器の処置を決定する。

z ローガ発電所長が VT で処置を決める。

c. 継続的な改善への取組

z 定検実施に必要な工具は発電所で保有している。

z 定検で不具合を見つけた場合、発電所から EPGE ヘレターを提出する。OEM への連絡は EPGE が行う。

z 全ての判断は **Managing Director** が決定する。

z 2013 年の本格定検にて制御装置更新 (MarkV→Ethos)、翼洗浄装置追加、燃料弁電動化を実施した。

z #1GT は起動時に弁がハンチングするとの情報あるが、詳細については不明である。

4. Maintenance Record for Gas Turbine , Steam Turbine and HRSG

Sr. No	Machine No.	Date of Commercial Running	Combustion Inspection		Hot gas Path Inspection		Major Inspection	
			Date	Running hours	Date	Running hours	Date	Running hours
1.	Gas Turbine No(1)	19 th , Feb, 1995	1 st , May,1996	8685	-	-	18 th , Dec, 2005	90299
			12 th , Jun,1999	36514	-	-	21 st , Nov,2010	120773
			15 th , Jan,2002	57772	-	-	22 nd , Nov,2013	145585
			24 th , Jun,2007	100364	-	-	-	-
			31 st , May,2009	114850	-	-	-	-
Total			5 times			3 times		
2.	Gas Turbine No(2)	11 th , Apri, 1995	18 th , Apri,1996	8633	-	-	11 th , Jan,2005	72685
			3 rd , Jun,1999	35105	-	-	9 th , Sept,2009	106008
			20 th , May,2010	43884	-	-	11 th , Aug,2010	107928
			30 th , Apri,2011	113987	-	-	3 rd , Oct,2013	129071
			28 th , Oct,2011	118001	-	-	-	-
Total			5 times			4 times		

7

4. Maintenance Record for Gas Turbine , Steam Turbine and HRSG

Sr. No	Machine No.	Date of Commercial Running	Combustion Inspection		Hot gas Path Inspection		Major Inspection	
			Date	Running hours	Date	Running hours	Date	Running hours
3.	Gas Turbine No(3)	1 st , Jun, 1995	16 th ,Jun,1996	8837	11 th , Jan, 2006	83157	25 th , Mar, 2001	45300
			23 rd , Jun,1999	34182	-	-	3 rd , Mar,2008	92193
			20 th , Mar,2004	68461	-	-	1 st , Feb,2014	136250
			11 th , Mar,2007	89470	-	-	July,2016 - Rotor Replacement (from Hwangga)	-
			21 th ,Apri,2011	113726	-	-	-	-
Total			5 times		1 time		3 times	
4.	Steam Turbine	10 th ,Sept,1999	Sand blasting on Rotor and stator Blades (Date: 22 nd , Apr, 2005; Running hrs = 46062 hrs)					
			Replacement of Condenser Tubes (Date: 9 th , Feb, 2006; Running Hours = 50556) control system upgrade 2015. Apr. 2016.3 143945.4 hr.					
5.	HRSG (1)	Ditto	Replacement of Tube Bundle (all) (Date: 21 th , Dec, 2006)					
6.	HRSG (2)	Ditto	Replacement of Tube Bundle (all) (Date: 1 st , May, 2005)					
7.	HRSG (3)	Ditto	Replacement of Tube Bundle (all) (Date: 19 th , Jan, 2007)					

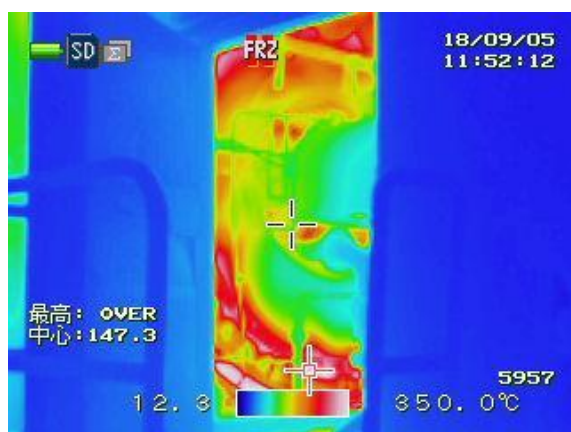
8

図：アーロン発電所点検記録

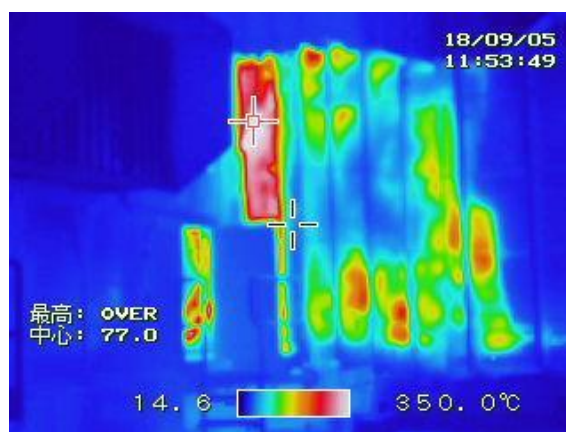
d. 機器設備の状況

現場点検により認められた不具合

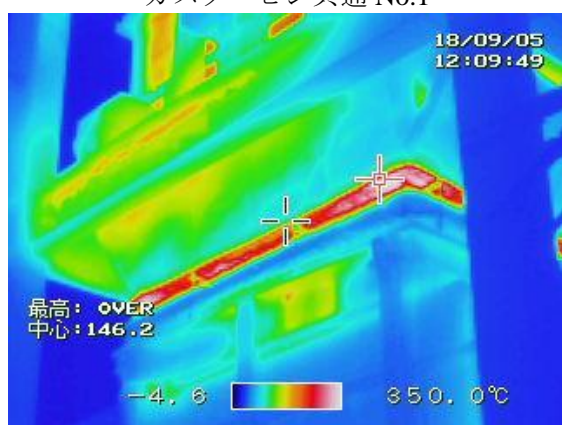
No	ガスタービン共通不具合 (#1GT, #2GT, #3GT)
1	排ガスシール漏れ
2	GT 排ガスダクト過熱
3	バイパススタックエキスパンション部ガス漏れ
4	潤滑油装置近傍油溜まり



ガスタービン共通 No.1



ガスタービン共通 No.2



ガスタービン共通 No.3



ガスタービン共通 No.4

No	HRSRSG 共通不具合 (#1HRSRSG, #2HRSRSG, #3HRSRSG)
1	水、蒸気配管保温外れ
2	給水流量制御弁腐食
3	ブローダウンタンク外装板腐食
4	スプレー制御弁腐食
5	ボイラ水質サンプリング装置故障
6	マンホール開放状態
7	予備チューブ屋外保管



HRSG 共通 No.1



HRSG 共通 No.2



HRSG 共通 No.3



HRSG 共通 No.4



HRSG 共通 No.5



HRSG 共通 No.6

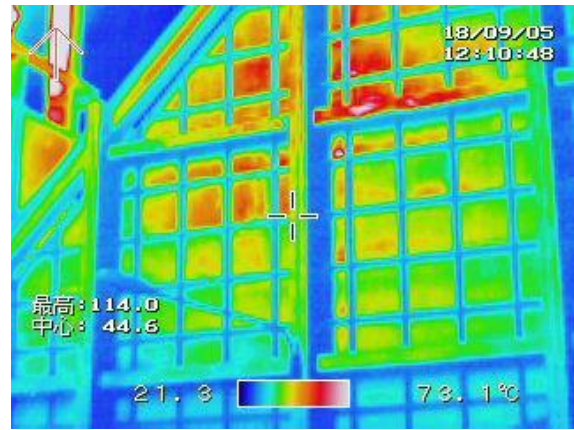


HRSG 共通 No.7

No	#2GT 不具合
1	励磁器側軸受振動大(水平方向)
2	ダイバータダンパ閉止不良

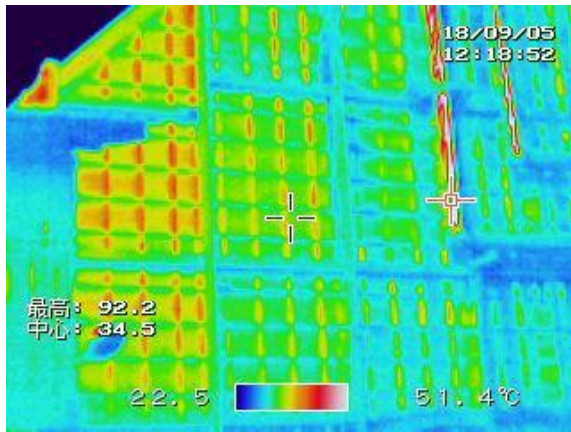


#2GT No.1



#2GT No.2

No	#3GT 不具合
1	ダイバータダンパ閉止不良



#3GT No.1

No	#1HRSG 不具合
1	抜管後ボイラチューブ残置
2	ドラム周り制御ケーブル残置
3	ボイラトップ手摺損傷



#1HRSG No.1



#2HRSG No.2



#1HRSG No.3

No	#3HRSG 不具合
1	ボイラ内部への保温材飛散



#3HRSG No.1

No	蒸気タービン不具合
1	タービントップ油にじみ



蒸気タービン No.1

No	BOP 不具合
1	ガスステーション ストレーナ液面計下部フランジ部ガス漏れ
2	ガスステーション サイクロンセパレータ液面計下部フランジ部ガス漏れ
3	ガスステーション 逆止弁出口フランジ部ガス漏れ

No	BOP 不具合
4	冷却塔寄付階段腐食
5	冷却塔コンクリートはがれ
6	冷却塔ケーブルトレイ変形
7	純粋タンク出口ポンプ封水漏れ大
8	主油タンク周り油溜まり
9	復水器点検架台腐食
10	セパレータ他復水器真空ポンプ系統切り離し
11	コントロールセンタ盤内クモの巣発生
12	制御用空気圧縮機故障



BOP No.1



BOP No.2



BOP No.3



BOP No.4



BOP No.5



BOP No.6



BOP No.7



BOP No.8



BOP No.9



BOP No.10



BOP No.11



BOP No.12

z 簡易診断による劣化位置及び程度の特
 定

Ø 水質測定結果

純水タンク出口で実施 結果良好

測定値	現地盤指示	装置仕様
5.91	EE	4.8

pH 測定結果



水質測定風景

測定値	現地盤指示	装置仕様
1.793	1.19	-

電気伝導率測定結果(mS/m)

Ø 振動測定結果

#1,2,3GT で振動測定実施 一部常設計器と指示値の乖離あり。

また、#2GT 励磁器側水平方向はトリップ値を超過している。

警報値：12.7mm/s トリップ値：25.4mm/s

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ahlone 発電所		
対象機器	#1GT		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	Frame6(GE) PG6541B	容量	38,340 kW (@15°C)
回転数	5100 rpm (GT) 3000 rpm (GEN)	運転開始	1995.2
発電機形式	T190-240 43MVA		
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 5日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイレゾリューションアライザ VA-10 00280204	
#1 軸受台	V	52 μm (13.95 mm/s)	
	H	42 μm (11.27 mm/s)	
	A	33 μm (8.86 mm/s)	
Exciter	V	40 μm (6.28 mm/s)	
	H	25 μm (3.93 mm/s)	
	A	42 μm (6.60 mm/s)	

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ahlone 発電所		
対象機器	#2GT		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	Frame6(GE) PG6541B	容量	38,340 kW (@15°C)
回転数	5100 rpm (GT) 3000 rpm (GEN)	運転開始	1995.4
発電機形式	T190-240 43MVA		
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 5日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイレゾリューションアライザ VA-10 00280204	
#1 軸受台	V	25 μm (6.71 mm/s)	
	H	30 μm (8.05 mm/s)	
	A	25 μm (6.71 mm/s)	
Exciter	V	90 μm (14.14 mm/s)	
	H	170 μm (26.70 mm/s)	
	A	52 μm (8.17 mm/s)	

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ahlonc 発電所		
対象機器	#3GT		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	Frame6(GE) PG6541B	容量	38,340 kW (@15℃)
回転数	5100 rpm (GT) 3000 rpm (GEN)	運転開始	1995.5
発電機形式	T190-240 43MVA		
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 5日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン機 バイメーションマイグ- VA-10 00280204	
#1 軸受台	V	35 μm (9.39 mm/s)	
	H	15 μm (4.03 mm/s)	
	A	27 μm (7.25 mm/s)	
Exciter	V	15 μm (2.36 mm/s)	
	H	40 μm (6.28 mm/s)	
	A	44 μm (6.91 mm/s)	



振動測定風景

Ø 電流測定結果

#3GT No.2 排気フレーム冷却ファンで実施 異常なし

◆電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定		
発電所	Ahlonc 発電所		
対象機器	#3 GT 排気フレーム冷却ファン		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式		容量	30 kW
極数	2	製造番号	752163000002
回転数	2955 rpm	定格電圧	400V
定格電流	52 A	絶縁種別	F種
製造者	LEROY SOMER	製造年月日	
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 5日	
測定器具	種類	HIOKI 3285	
	製造番号	80523503	
	校正日	2009.8	
測定値 (A)	A相	19.0 A	
	B相	20.5 A	
	C相	20.6 A	



電流測定風景

Ø 絶縁抵抗測定結果
B 復水ポンプで実施 異常なし

◆電動機 絶縁抵抗測定			
記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Ahlone 発電所		
対象機器	B-復水ポンプ		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式	全閉外扇	容量	110kW
極数	4	製造番号	K11R315S4 TWS
回転数	1480 rpm	定格電圧	400V
定格電流	195A	絶縁種別	
製造者	VEM motors	製造年月日	1998.5
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 5日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500V×φ	
	製造番号(型式)	YOKOGAWA MY40-01	
	校正日	2017.8	
環境	天候	曇り	
	温度(℃)	29.7℃	
	湿度(%)	75%	
測定値	MΩ	8.3 MΩ	
判定値 1MΩ以上			



絶縁抵抗測定風景

Ø 潤滑油診断
ガスタービン潤滑油を採取し、日本に持ち帰り分析実施

■ サンプルング日：2018.12.12 サンプルング者：関西電力 佐藤 MHPS 平岡

■ 分析日：2018.2.12 分析者：かんでんエンジニアリング

油脂名：Michang (韓国) -TURBINE OIL VG32

項目	単位	管理基準値		分析値	評価
		管理値	出展		
酸価	mgKOH/g	≤0.3	JIS K2213	0.07	ü
動粘度	mm ² /s (40℃)	28.8~35.2	JIS K2213	31.94	ü
水分	%	≤0.1	ASTM 4378-01	0.003	ü
汚染度	Mg/100ml	≤10	一般的なメーカ 管理値	0.6 メッシュ 0.8 μm	ü

ü：分析結果は判定基準内であり、劣化は確認できない。



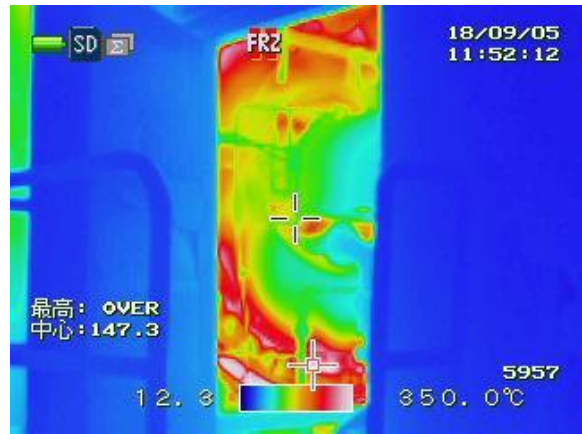
潤滑油サンプリング風景
採取場所：#3GT 圧力計取出部

◆考察

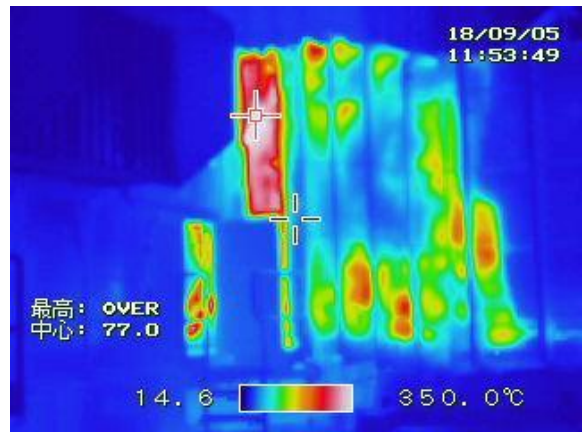
全項目が管理値内であり、潤滑油性能の劣化していないと考えられる。

Ø 漏洩検査結果

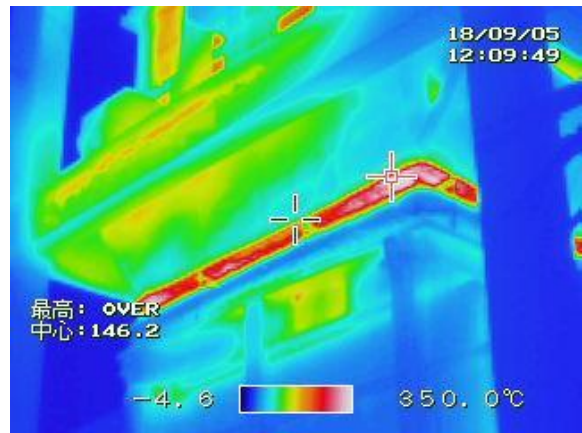
サーモグラフィにて運転中機器（GT, HRSG）のガス漏れ、蒸気漏れ、機器の発熱等の確認を実施したところ、GT 排気ダクトの過熱、バイパスダンパのガス漏れ他が確認された。



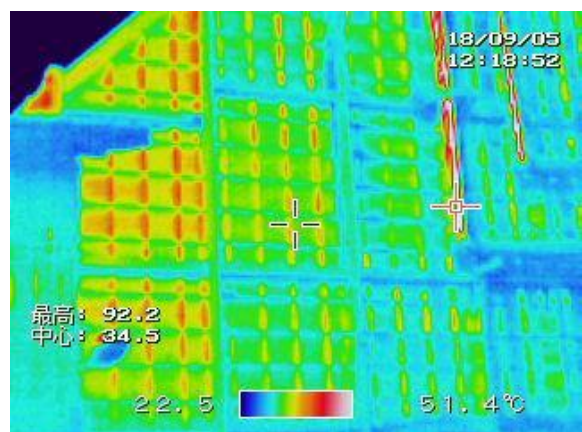
GT 排気シールガス漏れ (#1, 2, 3 GT)



GT 排気ダクト過熱 (#1, 2, 3 GT)



バイパススタック伸縮継手ガス漏れ (#1, 2, 3 HRSG)



バイパスダンパガス漏れ (#2, 3 HRSG)

- z ポータブルガス検知器により、NGステーションのガス漏れ診断を実施。
ストレーナ液面計フランジ部他よりガス漏れを確認。



ストレーナ液面計フランジよりガス漏れ

逆止弁出口フランジよりガス漏れ

※ストレーナ液面計フランジからは爆発下限界を超えるガス漏洩が検出された。

o ユニット性能診断

コンバインドプラントの熱効率は理論的には以下のように計算される。

$$\eta_C = \eta_G + (1 - \eta_G) * \eta_B * \eta_S \quad \dots \text{式 A}$$

ここで、各変数の定義および計算式は以下のとおりである。

η_C : Thermal Efficiency of GTCC

$$= \frac{3600}{\frac{\text{NG 発熱量 LHV[kJ/kg]} \times \text{合計 NG 流量 [kg/h]}}{\text{合計 GT 出力[kW]} + \text{ST 出力[kW]}}}$$

(*)式 A は、その他の損失 (GT-HRSG ダクト損失、HRSG-ST 主蒸気管損失等) を含まないため、今回の GTCC 効率の計算にはこちらを用いる。

η_G : Thermal Efficiency of Gas Turbine

$$= \frac{3600}{\frac{\text{NG 発熱量 LHV[kJ/kg]} \times \text{NG 流量 [kg/h]}}{\text{GT 出力 [kW]}}}$$

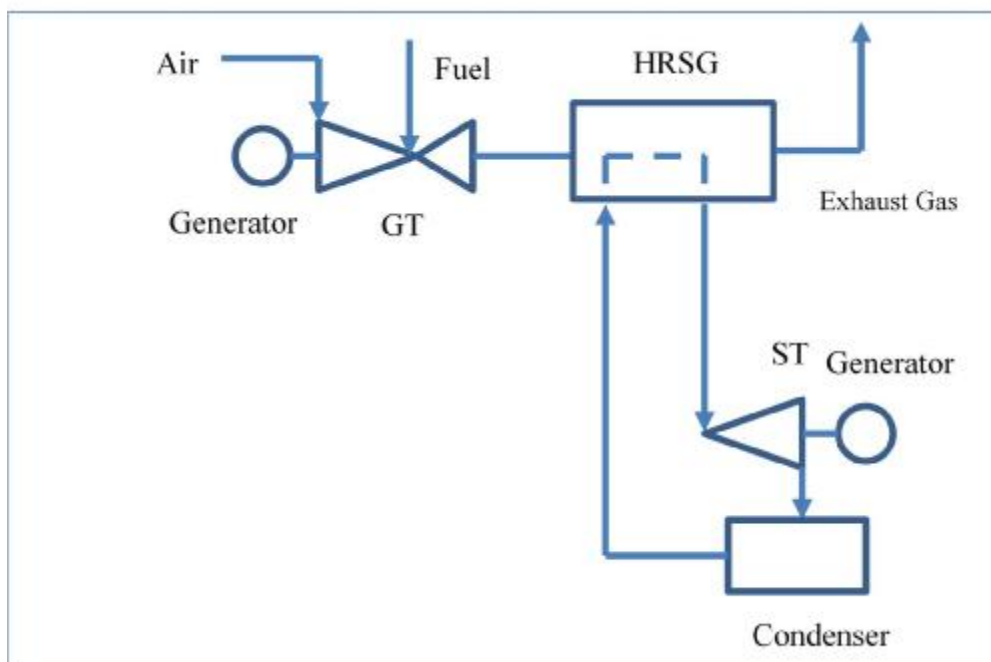
η_B : Thermal Efficiency of Boiler(HRSG)

$$= \left(1 - \frac{\text{熱損失}}{\text{入熱量}}\right) \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{(\text{HRSG出口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{大気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{排ガス流量 [kg/h]} \times \text{定圧比熱 [kJ/kg}\cdot\text{K]}}{(\text{HRSG入口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{大気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{排ガス流量 [kg/h]} \times \text{定圧比熱 [kJ/kg}\cdot\text{K]}}\right) \times 100$$

η_S : Thermal Efficiency of Steam Turbine

$$= \frac{3600}{\frac{(\text{ST 入口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{ST 排気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{蒸気流量 [kg/h]}}{\text{ST 出力 [kW]}}}$$



現時点での調査結果概要は以下の通り。(LHV、出力・効率：発電端、使用燃料：Yadana ガス)
 ※雨季により部分負荷であったため評価できなかった。(以下は部分負荷での値)

項目		設計(新)	実測(2017.1)		実測(2018.9)		
運転モード		全負荷	部分負荷		部分負荷		
		3-3-1	2-2-1		GT単独運転		
大気温度		30℃	30℃		25℃		
プラント出力	gross	157MW	59MW		68MW		
	net	154MW	-		-		
プラント効率	gross	46.3%	32.3%		22.6%		
	net	45.5%	-		-		
ユニット	全体		#2	#3	#1	#2	#3
GT出力		35.0MW/基	26.7MW	27.0MW	19.9MW	23.1MW	25.0MW
ST出力		51.9MW	16.8MW		-		
GT効率		31.0%	22.9%	23.3%	21.5%	23.1%	23.1%
HRSG効率		74.3%	48.0%	47.5%	-		
ST効率		30.8%	25.0%		-		
燃料消費量		43.35t/h	11.19t/h	12.08t/h	11.89t/h	12.83t/h	13.90t/h

(4) 予知保全

a. データ採取状況

- ① 中央制御室で採取されるデータはログシートに記載。現地で採取されるデータ(1時間毎)は次のとおり。
潤滑油レベル、潤滑油圧力、GT 油冷却用冷却水入口・出口温度、変圧器油レベル、変圧器油温度、燃料ガス高圧供給圧力、SRV 圧力、GCV 圧力、吸気フィルタ差圧
- ② 予知保全の取り組みは行っておらず、管理システムも導入されていない。

b. 運転データの蓄積・分析

- ① 油温度が上昇した場合、エクセルとグラフを利用して運転データを解析する。
- ② 運転データを他の発電所に送付することはない。ローガへの FAX 及び電話は行う。
- ③ 運転データは中央制御室のロッカーに保存している。
- ④ Ethos の制御装置では、運転データを CSV データとして保存できるものの活用していない。

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

- ① 分析データを EPGE に報告し、必要な保守を要求する。例えば、潤滑油温度上昇の場合、冷却器の清掃を要求する。

d. その他、O & Mに係る関連情報

- ① ケーブルの不具合のため、GT 潤滑油冷却水温度を中央制御室で監視できない。また GT 吸気フィルタ圧力も中央で監視できるようにしたいとの要望があった。
- ② 1時間データ、日報、月報、年報を自動化したいニーズがあった。
- ③ 現状発電所で認識している不具合は、次のとおり。
#1GT 振動高、#1,2,3HRSG チューブ漏れ、#1GT ガス制御弁起動時ハンチング

添付資料 2

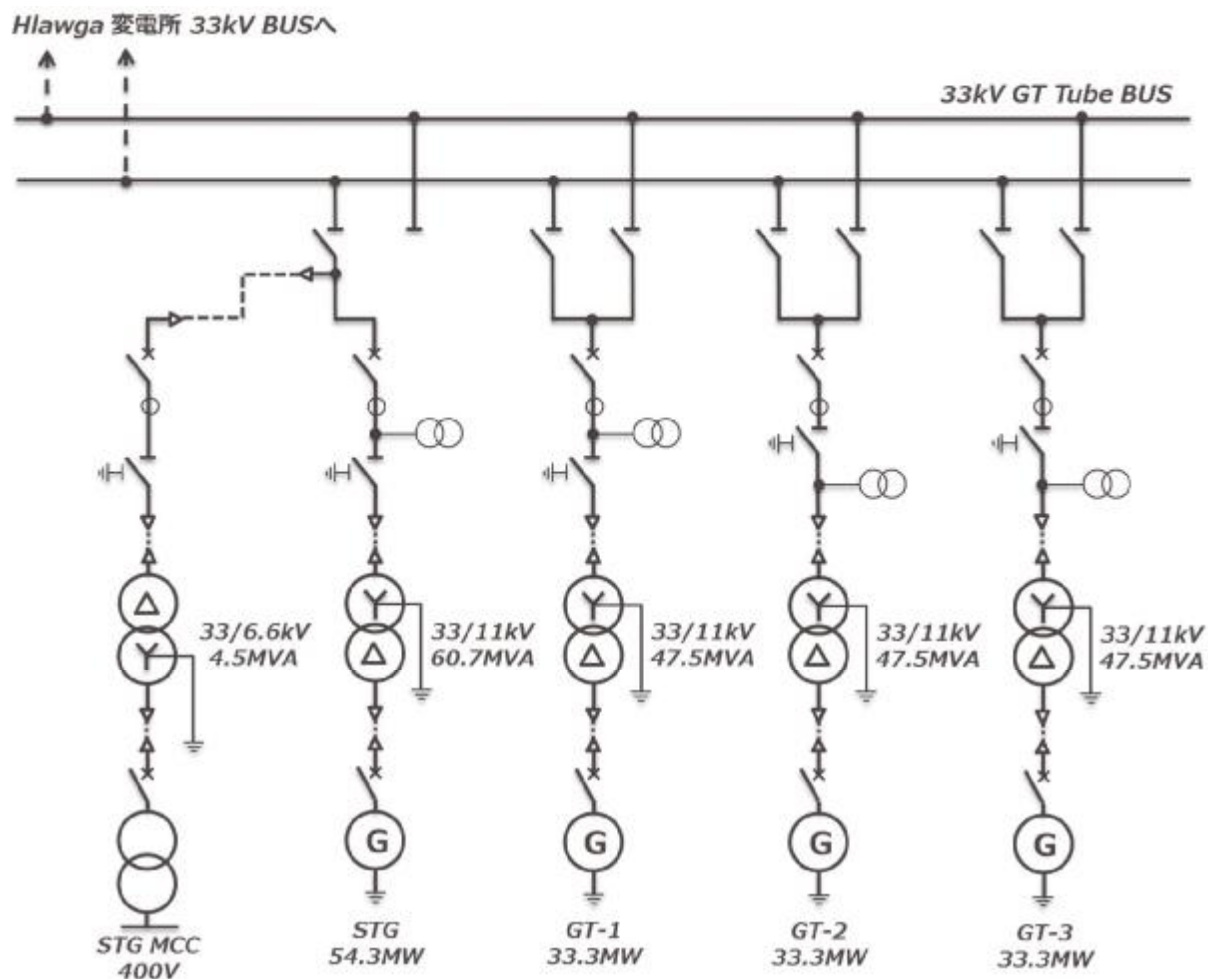
ローガ発電所 個別調査結果

■Hlawga（第1次現地調査：2018.9.1, 9.3 第2次現地調査：2018.12.4, 12.5, 12.13）

(1) 発電所と運営体制の概要

a. 発電所の概要

所在地	161/2mile, Pyay Road, Mingaladon, Yangon, Myanmar	
設備構成	GT: 3基、ST1基の3-3-1のコンバインドサイクル	
施工者	CCGT	丸紅- Kawasaki (Boiler(Kawasaki) , Turbine(ABB))
GT機種	機種	Frame6(GE) PG6541B
	出力容量	33.3MW
	運転開始	1995年5月11日、1996年1月19日、1996年2月23日
ST機種	機種	V-63(ABB)
	出力容量	54.3MW
	運転開始	1999年5月1日
発電所設備容量(構成)	154.2MW (3on1 CCGT)	
燃料	天然ガス (Yadana Gas ・ Zawtika Gas)	
送変電設備との接続	隣接するローガ変電所 (33kV) に送電	



図：ローガ発電所単線結線図

機器仕様

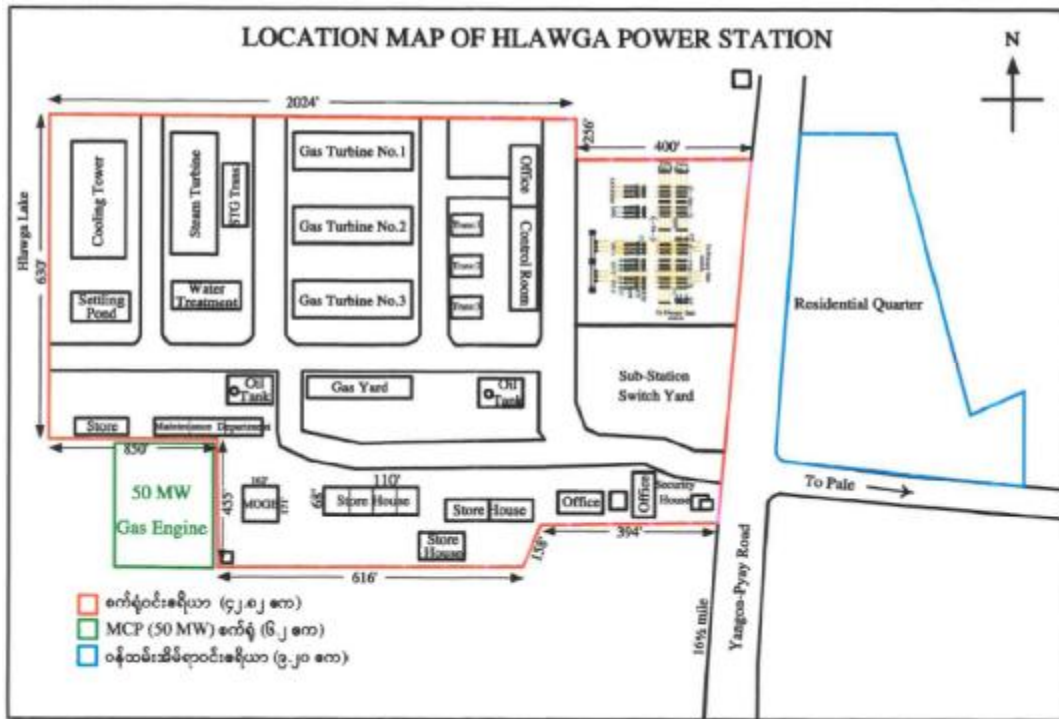
ガスタービン	
機種	Frame6 PG6541B (GE) (大気温度 15°C、湿度 60%、大気圧 1013.25hPa)
	設計出力 : 38,340 kW
	設計熱消費率 : 11,460 kJ/kWh
	設計熱消費量 : 439,400 MJ/h
	設計排ガス流量 : 500.5 t/h
ガスタービン	形式 : 開放単純サイクルー軸式
	段数 : 3 段
	1 段静翼入口温度 : 1,104°C (インターネット調べ)
	タービン排気温度 : 537°C (インターネット調べ)
	回転数 : 5100rpm
燃焼器	形式 : リバースフロー多缶式燃焼器
	個数 : 10 個
圧縮機	段数 : 17 段
	圧縮機出口圧力 : 12.0bar (GT-PRO 調べ)
発電機	GEC ALSTHOM 型式 : T190-240 43MVA-11kV-3000rpm
	力率 : 遅れ 0.80
排熱回収ボイラ	
基数	: 3 基
型式	: Kawasaki-Vogt natural circulation / Horizontal gas flow
GT 燃料	: NG
蒸気流量	: 67.3 t/h (1 基あたり)
蒸気圧力	: 42.9 ata (SH 出口。絶対圧)
蒸気温度	: 485 °C (SH 出口)
給水温度	: 54.5 °C
バイパススタック	: 有り
蒸気タービン	
蒸気タービン	製造者 : ABB
	出力 : 56.65 MW
	回転数 : 3,000 rpm
	設備数 : 1 台
	過速度トリップ値 : 3,300 rpm
	ターニング回転数 : 50 rpm
	タービン一次危険速度 : 2.300 rpm
	ロータ重量 : 16,617 Kg
	回転方向 : C. C. W
	蒸気圧力 : 43.16 bara (norm)
	蒸気温度 : 464 °C (norm)
	蒸気流量 : 216 t/h (max)
	排気圧力 (norm) : 0.12 bara
	排気流量 (max) : 216 t/h
発電機	MEIDENSHA 型式 : TIC-AFT 三相交流同機発電機
	容量 : 67,875 kVA
	力率 : 遅れ 0.80
	周波数 : 50 Hz
	極数 : 2
	回転数 : 3,000rpm
	電圧 : 11,000 V
	電流 : 3,563 A

主要変圧器	
ガスタービン	蒸気タービン
製造者 : ALSTHOM	製造者 : MEIDEN
型式 : TTHR V	型式 : BORSD-A
容量 : 47.5MVA	容量 : 56/70MVA
電圧 : 33/11kV	電圧 : 33/11kV
冷却方式 : ONAF	冷却方式 : ONAF/ONAF
復水器	
製造者 : EDI (Evaans Deakin Engineering)	
種類 : 表面冷却型 (シェル&チューブ型)	
蒸気流量 (norm/max) : 216t/h	
器内圧力 : 0.12 (norm) /0.14 (max) bara	
器内温度 : 50 (norm) /60 (max) °C	
復水器冷却水流量 : 4,165kg/s	
冷却水入口温度 : 42.8°C	
冷却水出口温度 : 51.8°C	
表面積 : 6,013m ²	
循環水通路数 : 2	
細管径 : 25.4×1.47 mm 25.4×0.87 mm	
細管数 : 9,786 本	
復水器長 : 7,700 mm	
空重量 : 135,000 kg	
運転重量 : 249,450 kg	
冷却塔	
容量 : 15,340 m ³ /h	
湿球温度 : 37.8°C	
出口温度 : 42.8°C	
入口温度 : 49.8°C	
ファン数 : 4 台	
構造 : 鉄筋コンクリート、コンクリート壁	
充填材 : 硬化ポリ塩化ビニル	
水処理装置 (純水装置)	
処理能力 : 120 m ³ /day	
型式 : 二段階逆浸透装置	
投入薬品 : 塩素処理 (NaOCl)	
凝集処理 (FeCl ₃)	
還元、PH 調整 (SBS)	
PH 調整 (H ₂ SO ₄)	
脱塩水設計値 : 導電率 10 μ S/cm 以下	
シリカ 0.5 ppm 以下	
燃料設備	
1) 燃料ガス性状 (Yadana ガス)	メタン : 69.8801mol%
	エタン : 1.0106mol%
	プロパン : 0.1694mol%
	i - ブタン : 0.0184mol%
	n - ブタン : 0.0279mol%
	i - ペンタン : 0.0065mol%
	n - ペンタン : 0.0037mol%
	NEO - ペンタン : 0.0214mol%

HEXANE AND HEAVIER : 0.0211mol%	
(Zawtika ガス)	CO ₂ : 4.1294mol%
	N ₂ : 24.727mol%
	H ₂ S : 0.0021mol%
	H ₂ O : 0.0011mol%
	メタン : 91.786mol%
	エタン : 0.401mol%
	プロパン : 0.111mol%
	i-ブタン : 0.035mol%
	n-ブタン : 0.021mol%
	i-ペンタン : 0.01mol%
	n-ペンタン : 0.007mol%
	HEXANE AND HEAVIER : 0.031mol%
	N ₂ : 7.531mol%
	2) 送出条件
ガスステーション	最高温度 : 45℃ 最低温度 : 22℃ 最高圧力 : 35barg 最低圧力 : 27barg 最大流量 : 54,000Nm ³ /h
GT入口	最高温度 : 45℃ 最低温度 : 20℃ 最高圧力 : 30barg 最低圧力 : 18barg 最大流量 : 18,000Nm ³ /h

b. 発電所のレイアウト

- ・水質・潤滑油・制御油・燃料管理等に伴う化学分析室は設置されていない。
- ・潤滑油は、タンクレベルのチェックのみで交換基準、交換時期等は特に定めていない。
- ・水質については、常設計器の故障によりポータブル計器にて水質のチェックを行っていた。(pH, 電気伝導率)
但し、計器の定期的な校正は実施できていない。



図：ローガ発電所構内配置図



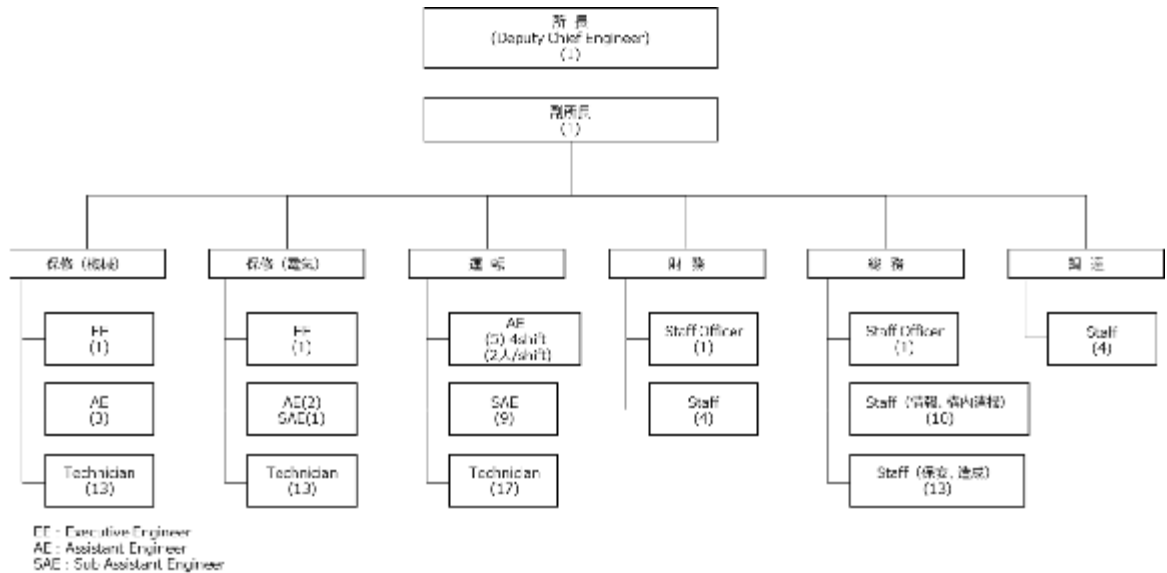
損傷した常設計器



使用しているポータブル測定器

c. 発電所組織、教育体制

- 職員数は、所長以下 計 100 名
- 新規配属者等の教育は基本的に OJT にて実施している。
- 数人は Pounlong 訓練センターにて教育を受けたことがある。
- 操作、監視のスキルについては、所長が判断する。



図：ローガ発電所組織図

- ・担当部署と役割は以下のとおり。

表：部門の役割

部 門		役 割
保 修	機 械	機械設備の保守 機器状態確認、補修、水補給、油補給、振動測定
	電 気	電気設備の保守 変圧器、開閉所、蓄電池、保安照明等 状態確認・保守
運 転	AE	運転管理
	SAE	GT、STG、ボイラーの運転・監視
	Technician	BOP運転・監視 日常機器点検、記録採取
財 務		給与・賃金管理、予算管理、給与・年金支給管理
総 務	庶 務	庶務管理
	情 報	公式データの記録・報告、機器データの記録
	清 掃	制御室、打合室、執務室の清掃・管理
	保安・造成	正門、入出門、取水部の保安、管理
調 達	調達計画	機材調達、管理、月例報告

d. O & Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

- ・ルールは、殆ど成文化されていない。
- ・ユニットの起動停止方法、運転管理値は、設備メーカーが作成したマニュアルを使用している。

e. 部品等の資機材調達手続き

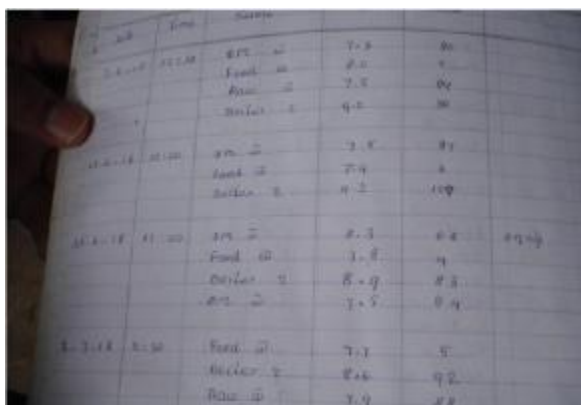
- ・必要な部品、薬剤・潤滑油等の消耗品については、発電所の調達部門がEPGEにリストを提出して要求する。

- ・潤滑油については、**EPGE** で一括購入して、各発電所に配分している。発注する際に、仕様要求はするが、メーカーは指定しないためメーカーは変わることがある。(現在は韓国-**Michang** 製)
- ・**200** ドル以上の部品については使用リストに数量と金額を記載し、**EPGE** に対して請求を行い、**EPGE** が調達する。
- ・納入された物品の品質管理 (確認) は特に実施していない。

(2) 日常運営

a. 運営体制

- ・2シフト4班制で運営。1シフト8人。(水処理装置の運転はオペレーション部門に所属)
- ・運転員は1時間毎に点検を実施し、運転データを採取している。(中央制御室記録、現地記録) 保守部門は朝と夕方の2回点検実施している。
- ・水質については、ポータブル計器にて日1回測定を行い、週1回程度手書きの記録を残している。



水質管理ログ・ブック

測定項目：pH、電気伝導率

測定場所：原水 (原水タンクのオーバーフロー)

純水 (純水装置出口)

ボイラ給水 (給水ポンプ出口)

給水 (サンプリング装置ブロー)

測定者：メンテナンス部門化学担当

b. 発電に係る定量的記録

- ・燃料ガスの圧力、使用量、GT・STのMW、MWhを1時間毎に記録し、日単位で整理している。また、日報、月報、年報を**EPGE**に提出しているが、記録したデータに基づく熱効率管理等は実施していない。
- ・ヤンゴン管内の発電所の日々のデータ (MW, MWh, ガス圧力, ガス使用量) は、ローガ発電所で集約して、**EPGE**に**FAX**で報告している。

定量的記録

図：EPGE 本部への月報

Gas Power Plant Daily hourly Generation Situation of Tond STG (Type I)

No.	Station Name	Power Generation					Total (MW)	Total (MWH)	Power reserve (PS)	Gas usage (MMCFD)	20.8.2018 Power
		GT.1	GT.2	GT.3	GT.4	GT.5					
၁	Hawka (Hawka)	22.0	22.0				44.0	60.8	915	23.616	
၂	Yuzma (Yuzma)	0					0	0	0	0.000	
၃	Yuzma (Yuzma) 2nd		30				30	30	29.656		
၄	Ahlong (Ahlong)	16	16	16			48	410	28.052		
၅	Tha Keta (Tha Keta)										
၆	Thilawa (Thilawa)										
၇	UREC	၅၇.၇၇					၅၇.၇၇	၇၁.၂	၂၀၇	၂၇.၇၆	
၈	M.C.P	Phase-I ခေတ် (၂၆) ခေတ် + Phase-II ခေတ် (၂) ခေတ်					၂၈	၂၈	၂၈	၆.၀၅၂	
၉	U.P.P	ခေတ် (၂၆) ခေတ်					၂၆	၂၆	၂၆	၂၆.၀၅၅	
၁၀	Toyo Thai	၅၄.၅၆	၅၅.၇၇				၁၁၀.၃၃	၅၆၀	၅၆.၀၅၅		
၁၁	Max Power	ခေတ် (၂၆) ခေတ်					၂၆	၂၆	၂၆	၂၆.၀၅၆	
စုစုပေါင်း							၄၃၇.၃၀	၅၆၅.၅၇	၅၆၅.၅၇		
၁၂	Hyang Chaung	၈.၇၆					၈.၇၆	၇၇	၇.၀၅၇		
၁၃	Shwepyithar		၈.၀				၈.၀	၈၆၇	၈.၀၅၈		
၁၄	Thilawa										
၁၅	Thilawa (World Bank) Thilawa								၄.၀၆၀	F.S.N.L	
၁၆	Myanmar Lighting		၅၅.၅၂	၅၅.၅၂	၅၅.၅၂	၅၅.၅၂	၂၇၆.၀၈	၅၀၅	၅၀.၀၆၇		
၁၇	Myanmar (90 MW)	(V.Power) Phase I ခေတ် (၂၆) ခေတ် + Phase II ခေတ် (၂၆) ခေတ်					၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂ MWh
၁၈	Myanmar (103.04 MW)	(Aggregate) ခေတ် (၂၆) ခေတ်					၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂ MWh
၁၉	Myanmar (133 MW)	(V.Power) ခေတ် (၂၆) ခေတ်					၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂	၅၂.၇၂ MWh
၂၀	Sembcorp	၅၀.၀၆	၅၀.၀၆				၁၀၀.၁၂	၅၀၄	၅၀.၃၂		
Regional Stage							၅၀၀.၄၇	၅၀၀.၄၇	၅၀၀.၄၇	၅၀၀.၄၇	
Yangon + Regional Stage							၇၈.၂၇	၇၈.၂၇	၇၈.၂၇	၇၈.၂၇	၇၈.၂၇

図：ヤンゴン管内発電所の運転記録（日々データ）

c. O & Mの実施状況の記録

- 日々の点検で見つかった不具合内容、補修実績、点検清掃実績等は、メンテナンスログブックに手書きで記載し、プラントマネージャーに報告している。
- 事故・不具合状況の詳細は記載されておらず、「〇〇損傷、部品交換、修理済み」といった記載が多い。
- 運転日誌はオペレーションログブックに記載している。

d. スペアパーツの管理

- ・ 予備品は倉庫に保管し、予備品リストで管理している。棚卸しは 1 年/回実施している。
- ・ 新品、使用済み（要修理品）が混在している。また、高温部品についてはシリアル管理による寿命管理が実施できておらず、適正な管理が実施できていない。
- ・ 予備品の発電所間での融通は **EPGE** の承認があれば可能となる。



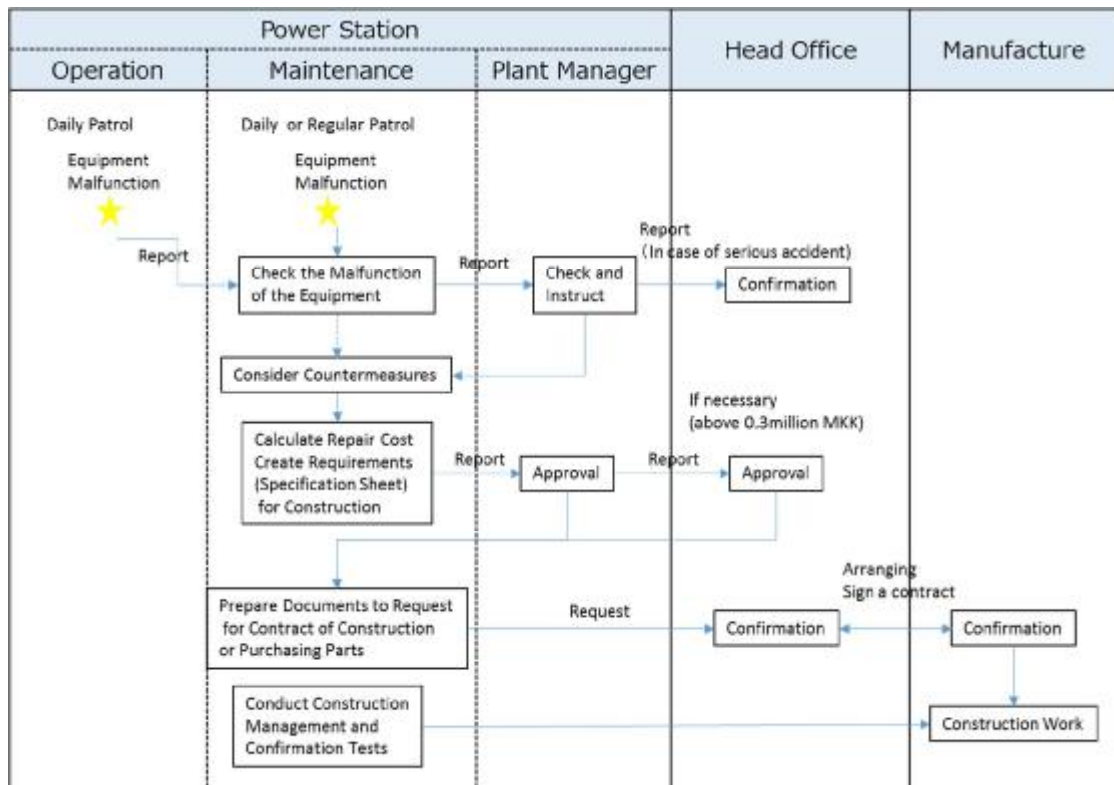
ガスタービン動翼（使用済み品）



I G V（新品）

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- ・ 記録については、c. 項「O&M の実施状況の記録」のとおり。
- ・ 補修作業フローは、以下のとおり。



図：補修作業フロー

- ・ 不具合発生（事故）時には、部門責任者が発電所長に連絡し、所長が処置の判断を行う。
- ・ プラント停止判断については、以下のとおり。
通常時：**EPGE** の **MD** もしくは **Chief Engineer** が判断する。
緊急時：発電所長が判断する。
(休日・夜間等所長不在時は、メンテナンス部門の責任者が判断する)

- ・ 発電所直営で修理するのが難しい場合は、所長が **EPGE** に文書で外部委託するよう要請する。
- ・ **EPGE** は、予算と必要性を考慮して、実施可否を判断する。
- ・ 隔離が必要な場合は、看板を設置して注意喚起している。
- ・ 不具合に対する応急対策、恒久対策は過去の経験を基に決めている。
- ・ 不具合発生時は他機への水平展開についても考慮する。
- ・ 発電所直営作業の場合は、**EPGE** の許可が **1** 日で取得できるため、**2~3** 日後には作業を開始できるが、外部委託する場合は、**EPGE** へ文書で要請するため、承認に **1** ヶ月程度、外注先選定に **2~3** ヶ月かかる。工事が入札となった場合はさらに時間を要する。
- ・ 修繕方法、費用、工事期間等は、エンジニアの過去の経験により決定している。
- ・ 修繕工事は、技術的な承認と財務的な承認が必要となる。
- ・ **EPGE** に報告する事故速報（レター）の記載内容については、以下の関西電力が使用している様式の記載内容とほぼ同じ内容であることを聞き取りにより確認した。

Information Sharing required
 Information Sharing not required

Accident Preliminary Report (The Report) · In-House Preliminary Report

Creation Date _____

Reference Number _____

Name of Power Plant		
Subject		
Occurrence Date and Time		
Outside Influence	Influence on Third Party	Presence or Absence
	Victims	Presence or Absence (death , injury)
	Outside Report	Presence or Absence (Firefighting · Police)
	Necessity of Accident Report Required or not	[Grounds for Judgment]
Influence on Plant Operation		
Request to Headoffice Support		Presence or Absence
Status of Occurrence (Discovery) as of :		
Measure Details after Discovery		
Surrent Situation		
Follow-up Report Schedule		Presence or Absence Schedulede at :
Remarks	Consideration	※Human Error Analysis Required or not ※Roll out other unit in Power Plant Presence or Absence
	Cause of Accident (Probable Cause)	
	Manufacturer's Name, Specification etc.	
Filled in by		

図：事故速報（様式）

f. 環境管理の実施状況

- ・ 排気ガスに関する測定・記録等は、実施していない。

g. 発電所の入構管理の実施状況

- ・ 来客の入構管理は管理簿、セキュリティーカードで実施しているが、管理システムはない。
- ・ 所員は、従業員カードで入構管理を行っている。



セキュリティーカード



ローガ発電所 守衛室

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- ・ 定期保守の項目については、**EPGE** が発電所と調整しつつ決定する。
- ・ **EPGE** が、発電所が報告する運転時間を基に、定期検査時期を決定する。
- ・ 定期検査の種別及び期間は、発電所にて決定する。
- ・ **ST**、**HRSG** 等については、メーカーの推奨点検周期にあわせて点検を計画する。
- ・ **BOP** に関しては、基本的に事後保全となっている。
- ・ 点検を計画するものの、予算の関係で **EPGE** 等から承認を得られずに、定期的な点検ができていないのが実情となっている。

b. 定期点検等の実施状況、実施頻度、実施手法

- ・ **EPGE** が必要な人員を発電所の要求に応じて確保する。
- ・ **Hlawga** 発電所長は、**EPGE Deputy Chief Engineer** を兼任しヤンゴン地域の火力発電所の機械系の取り外し部品を確認し、再使用の可否を判断している。
- ・ 必要な部品については、発電所からレターを発行し、**EPGE** に要求する。
- ・ 過去、制裁により **GE** 等から部品を購入できない状況があり、他社(**Wood Group**, **TSL**)製部品を購入したことがある。
- ・ 制裁により、**OEM** に連絡できなかった時期がある。

c. 継続的な改善への取組

- ・ 定期点検後、発電所が報告書を **EPGE** に提出し、**EPGE** がその内容を基に、次回の範囲等を検討する。
- ・ 現在発電所には必要な工具の約 **7** 割程度を保有しており、残りの **3** 割は他発電所から借用する。
- ・ 発電所スタッフが教育のために、他発電所の定期点検に派遣される場合がある。
- ・ **Fr 6** は直営にて定期検査を実施した経験がある。アップグレード工事は制御装置含め **GE** にて実施された。取り外し部品に関してはシリアル管理・運転時間管理等はされておらず、放置されている状態にある。
- ・ 取り外し品は **EPGE** が定期的に補修可否の調査を依頼し、補修を実施している。
- ・ 予備 **GT** ローター**1** 本、発電機ローター(損傷) **1** 本が現地保管中である。

Running Hours & Last Date of Major Overhaul				
Sr. No	GT	Total Running Hours (29.8.2018)	Last Date of Major overhaul	(29.8.2018) Running hours after Major Overhaul
1.	GT No.1	154517	12.3.2014	21153
2.	GT No.2	172363	27.2.2016	21244
3.	GT No.3	148884	21.11.2013	10803
4.	STG	145561	4.8.2016	14255

図：ローガ発電所 2018.8.29 現在累積運転時間

GTs & STG's Maintenance History																
Sr. No	Name	Machine No.	Design Capacity (MW)	Commissioning Date	Combustion Inspection			Hot Gas Path Inspection			Major Overhaul			Steam Turbine Maintenance		
					Date		Firing Hours	Date		Firing Hours	Date		Firing Hours	Date		Firing Hours
					From	To		From	To		From	To		From	To	
1	Hlowgu	1	Gas Turbine (33.3)	5.11.1995	18.1.1999	23.1.1999	27590				8.2.2001	12.8.2002	45388			
					12.6.2007	14.6.2007	83395				1.6.2006	28.6.2006	77982			
					26.11.2008	27.11.2008	94950				23.7.2011	10.9.2011	114273			
					7.9.2012	9.9.2012	123624				4.12.2013	12.3.2014	133364			
		2	Gas Turbine (33.3)	19.1.1996	5.1.1999	14.1.1999	25257				3.7.2001	16.7.2002	46258			
					8.6.2007	9.6.2007	86318				1.3.2006	1.4.2006	77829			
					23.10.2008	24.10.2008	97713				11.11.2010	15.1.2011	109703			
					1.5.2010	3.5.2010	103592				24.1.2016	27.2.2016	151119			
		3	Gas Turbine (33.3)	23.2.1996	13.12.1998	25.12.1998	24230				12.2.2004	4.7.2004	67908			
					11.11.2007	11.11.2007	89285				9.9.2009	3.4.2010	101835			
											9.8.2013	21.11.2013	129281			
		Steam Turbine (54.3)	1.5.1999										27.2.2004	6.3.2004	40914	
															19.2.2016	4.8.2016
		Boiler (1.2.3)											2.11.2010	18.1.2011		

図：ローガ発電所定検実績

	Last Date of Major Overhaul			MI時 運転時間
	実施日	施工業者	新品取替え部品	
#1-GT	2013.12.5 ~ 2014.3.12	Wamar Engineering (仏)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼器ノズル (GE) ・燃焼器ライナー (GE) ・トラピン (GE) ・GT2段ノズル (MJB) ・GT3段ノズル (GE?) ・GT1段バケット (GE) ・GT2段バケット (GE) ・GT3段バケット (GE) 	133,364h
#2-GT	2016.1.25 ~ 2016.2.27	GE	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼器外筒 (GE) ・燃焼器ライナー (GE) ・燃焼器フロースリーブ (GE) ・トラピン (GE) ・ローター (GE) ・圧縮機動静翼 (GE) ・GT1段ノズル (GE-Up Grade) ・GT2段ノズル (GE) ・GT3段ノズル (GE-Up Grade) ・GT1段バケット (GE) ・GT2段バケット (GE) ・GT3段バケット (GE-Up Grade) ・GT1段シュラウド (GE-Up Grade) ・GT2段シュラウド (GE) ・GT3段シュラウド (GE) ・GT制御装置Mark5→Mark6e 	151,119h
#3-GT	2013.8.9 ~ 2013.11.21	Wamar Engineering (仏)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼器ノズル (GE) ・GT2段ノズル (GE) ・GT1段バケット (GE) ・GT2段バケット (GE) ・GT3段バケット (GE) ・GT1段シュラウド (GE) ・GT2段シュラウド (GE) ・GT3段シュラウド (GE) 	129,281h

図：至近のメジャー点検実績

d. 機器設備の状況

(a) 現場点検により認められた不具合

No	ガスタービン共通不具合 (#1GT, #2GT, #3GT)
1	起動装置廻り油にじみ
2	GT ケーシングガス漏れ
3	ケーブルトレンチ上蓋損傷
4	CO2 消火装置劣化
5	吸気フィルター自動洗浄装置故障
6	燃料系統計器故障 (ガス流量、圧力)
7	ガスタービン現地計器類不良
8	主要変圧器現地計器類劣化
9	主要変圧器シリカゲル劣化
10	ガスタービンエンクロージャ劣化



ガスタービン共通 No.1



ガスタービン共通 No.2



ガスタービン共通 No.3



ガスタービン共通 No.4



ガスタービン共通 No.5



ガスタービン共通 No.6



ガスタービン共通 No.7



ガスタービン共通 No.8



ガスタービン共通 No.9



ガスタービン共通 No.10

No	HRSG 共通不具合 (#1HRSG, #2HRSG, #3HRSG)
1	ブローダウンタンク腐食損傷
2	ケーシング下部過熱外面焼付き (断熱材不良)
3	伸縮継手劣化
4	バイパスダンパシール空気ファン故障
5	サンプリング装置および計器損傷
6	ドラム水面計故障
7	給水流量制御弁腐食
8	配管・弁保温材劣化
9	HRSG 現地計器、発信器類不良
10	薬品注入ポンプ液漏れ、注入配管閉塞気味



HRSG 共通 No.1



HRSG 共通 No.2



HRSG 共通 No.3



HRSG 共通 No.4



HRSG 共通 No.5



HRSG 共通 No.6



HRSG 共通 No.7



HRSG 共通 No.8



HRSG 共通 No.9



HRSG 共通 No.10

No	#1GT 不具合
1	油ポンプ電動機動力ケーブル端末処理不良
2	排気ガスダクト、伸縮継手漏れ
3	起動装置、ガスタービンベース油にじみ
4	起動装置廻り油系統漏れ
5	タービン3段ホイールスペース温度上昇
6	排気フレーム冷却ファン故障 or フィルタ詰まりによる2台運転（通常1台運転）
7	潤滑油温度高め
8	#1 軸受、#2 軸受振動計不良
9	No.2 火炎検出器不良
10	ガバナ指令不良
11	<p>その他警報多数</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ No.1 排気フレーム冷却ファン出口圧力低 ・ EOP 起動指令 ・ 制御油圧低 ・ ブリード弁ポジション不良



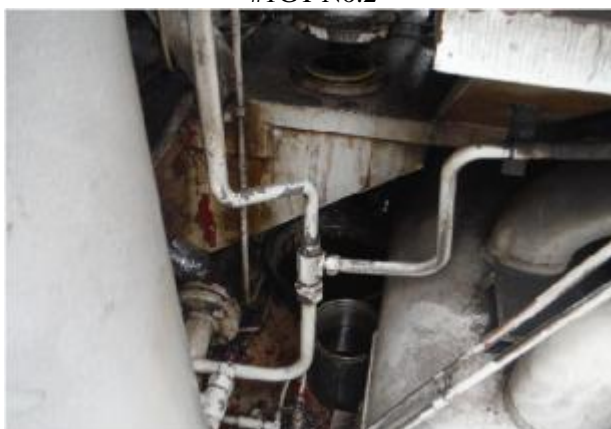
#1GT No.1



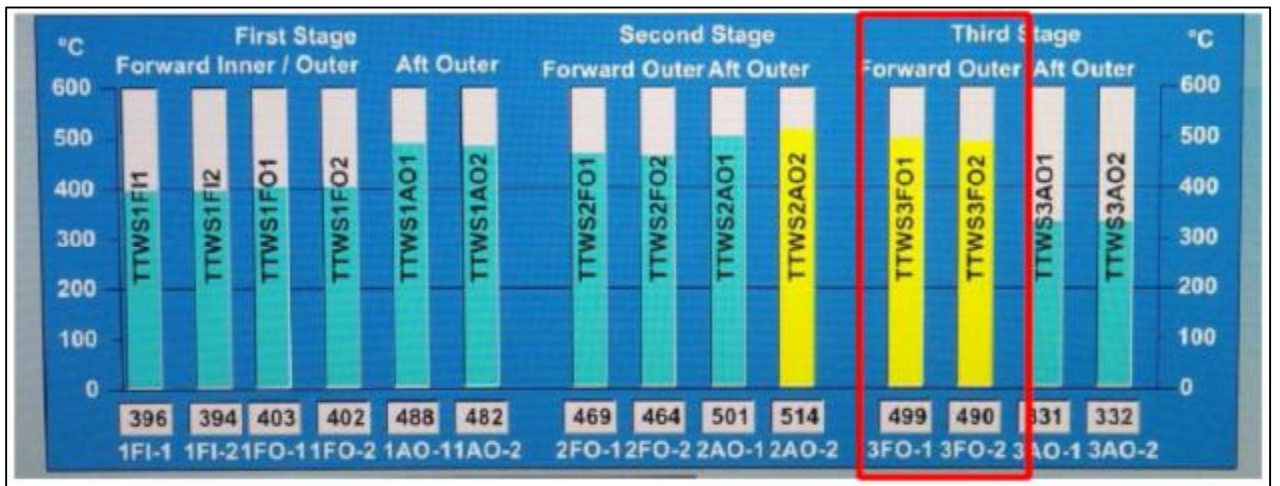
#1GT No.2



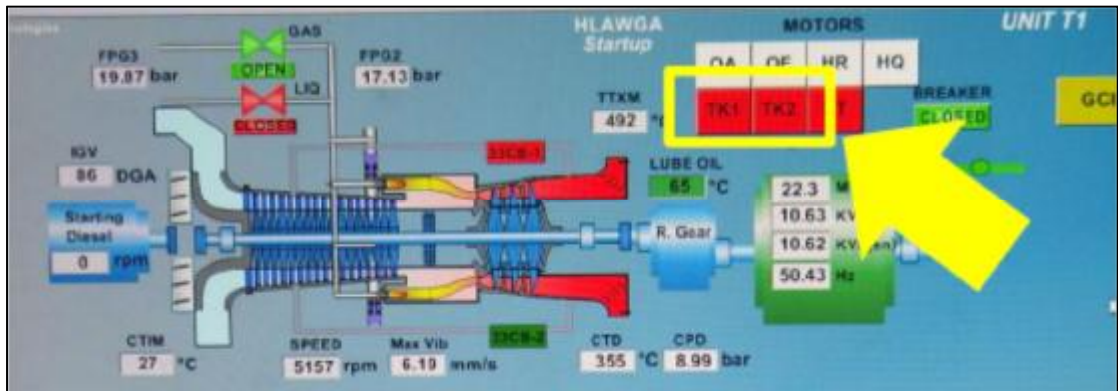
#1GT No.3



#1GT No.4



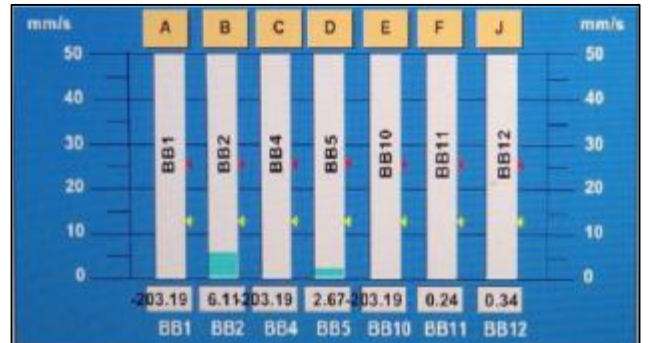
#1GT No.5



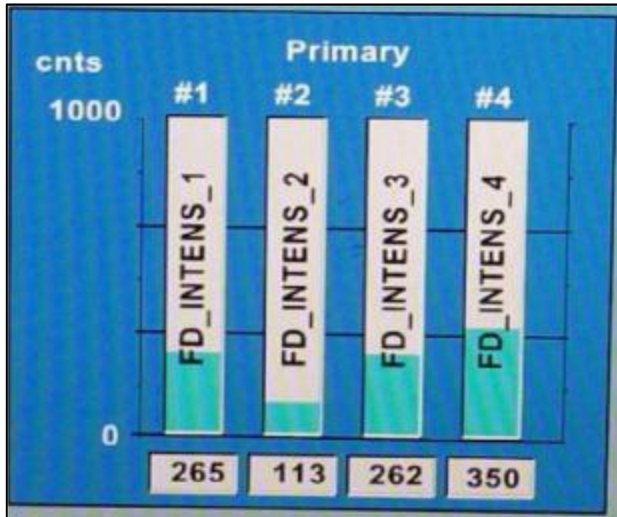
#1GT No.6



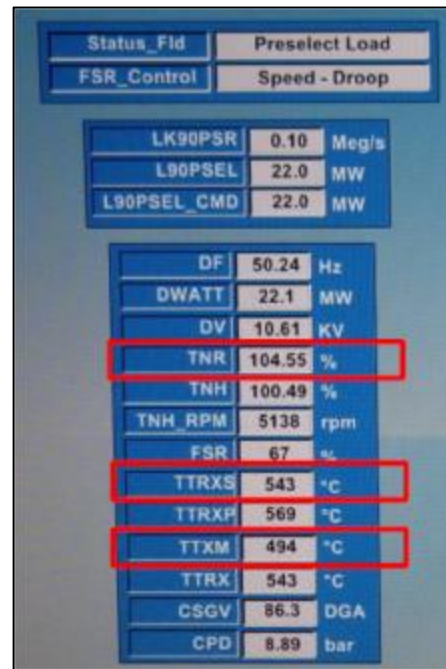
#1GT No.7



#1GT No.8



#1GT No.9



#1GT No.10

No	#2GT 不具合
1	排気ガスダクト、伸縮継手漏れ
2	起動装置、ガスタービンベース油にじみ
3	ガバナ指令不良
4	その他警報多数 <ul style="list-style-type: none"> ・吸気フィルタ故障 ・IGV 開度不良 ・ブリード弁強制開信号



#2GT No.1



#2GT No.2

Status_Fld	Preselect Load	
FSR_Control	Speed - Droop	
LK90PSR	0.10	Meg/s
L90PSEL	22.0	MW
L90PSEL_CMD	22.0	MW
DF	50.19	Hz
DWATT	22.0	MW
DV	10.65	KV
TNR	104.26	%
TNH	100.36	%
TNH RPM	5132	rpm
FSR	65	%
TTRXS	583	°C
TTRXP	581	°C
TTXM	471	°C
TTRX	568	°C
CSGV	86.0	DGA
CPD	9.01	bar

#2GT No.3

No	#3GT 不具合
1	燃料ガス系統ストレーナ取外し中
2	起動装置部品取外し中
3	発電機地絡のため拔出し、点検中
4	長期停止による起動装置廻り汚れ



#3GT No.1



#3GT No.2



#3GT No.3



#3GT No.4

No	#1HRSG 不具合
1	ボイラチューブ漏れ
2	SH スプレ制御弁フランジ漏れ
3	マンホール締付けボルト本数不良
4	ドラム水面計取り出し配管フランジより蒸気噴出
5	節炭器空気抜き弁（電動弁）取外し中



#1HRSG No.1



#1HRSG No.2



#1HRSG No.3



#1HRSG No.4



#1HRSG No.5

No	#2HRSG 不具合
1	ブロー弁（手動弁）グラウンドより蒸気噴出
2	SH スプレ制御弁フランジ漏れ
3	マンホール締付けボルト本数不良



#2HRSG No.1



#2HRSG No.2



#2HRSG No.3

No	#3HRSG 不具合（停止中により不具合確認できず）
1	HRSG 出口弁・出口逆止弁シート漏れ（#1,2HRSG より蒸気逆流）

No	蒸気タービン不具合
1	主油タンク排気油分離装置フィルタ詰まり及びガス漏れ
2	主油タンク廻り油にじみ
3	タービンベース廻り油にじみ
4	計器類故障
5	発電機ベース廻り油にじみ
6	端子台カバー開放（放置）



蒸気タービン No.1



蒸気タービン No.2



蒸気タービン No.3



蒸気タービン No.4



蒸気タービン No.5



蒸気タービン No.6

No	BOP 不具合
1	A/B 真空ポンプカップリングカバーなし
2	A/B 真空ポンプ入口弁（電磁弁）不良
3	冷却塔コンクリート劣化
4	B 冷却塔ファン故障により取外し中
5	復水ポンプ廻り油にじみ
6	A/C 給水ポンプグラウンド漏れ大
7	B 給水ポンプカップリング取外し中
8	制御用空気圧縮機故障（2基とも停止中）
9	制御用空気乾燥器故障（停止中）
10	薬品注入装置劣化（NH ₃ 、Na ₂ SO ₃ ）
11	淡水取水ポンプ室水没



BOP No.1



BOP No.2



BOP No.3



BOP No.4



BOP No.5



BOP No.6



BOP No.7



BOP No.8



BOP No.9

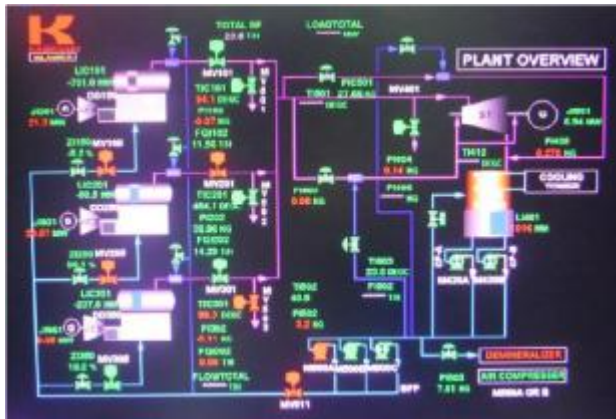


BOP No.10

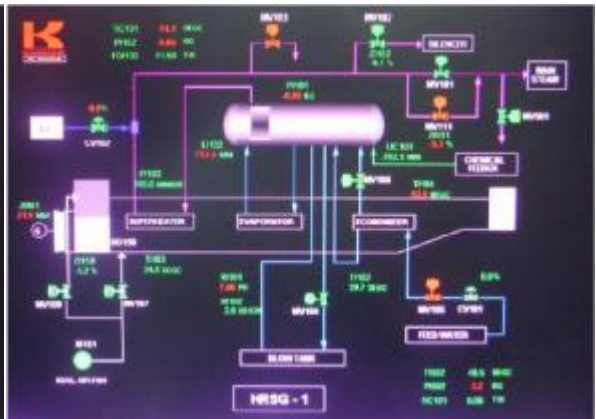


BOP No.11

No	電気・計装関係不具合
1	中央 CRT 表示不良多数。(蒸気タービン) 例) No.2GT 出力 (JI931) …GT 側 CRT では 22.0MW 表示に対して 20.57MW 表示 No.3GT 出力 (JI961) …GT 停止中だが 0.05MW 表示 主蒸気圧力 (PI302) …No.3HRSG 停止中だが-0.11kg 表示
2	正常に動作しない電動弁、計器等が多数。(再掲) CRT 内赤表示は、計器不良



電気・計装関係 No.1



電気・計装関係 No.2

(b)簡易診断による劣化位置及び程度の特

- 発電機の振動診断結果
蒸気タービン発電機で振動測定実施。(予定)
- 水質診断結果 (Hlawga 水処理方法：りん酸塩処理)

ü 現地にて測定

(日本への持ち帰り診断が困難である項目についてポータブル測定器にて測定)

■測定日：2018.9.3 測定者：関西電力 佐藤 藤原

項目・基準	pH	溶存酸素 (参考)	電気伝導率 (参考)
測定箇所	ミ国 6.3	—	関電 ≤0.3
純水装置出口	6.64(29.5℃)	0.47 mg/L	5.90 ms/m(29.6℃)

■測定日：2018.9.3 測定者：関西電力 佐藤 藤原

項目・基準	pH	溶存酸素 (参考)	電気伝導率
測定箇所	JIS 9.8~10.7(25℃)	—	JIS ≤40(25℃)
ボイラ水 #2HRSG	10.14(38.1℃)	0.30 mg/L	12.18 ms/m(38.1℃)



pH 測定



溶存酸素測定



電気伝導率測定

ü 持ち帰りにて測定

(現地診断が困難である項目について、日本に持ち帰り分析実施)

■ サンプルング日：2018.12.4 サンプルング者：関西電力 佐藤 MHPS 平岡

■ 分析日：2018.12.20 分析場所：関西電力 南港発電所

項目・管理値	シリカ	塩化物イオン	リン酸イオン	鉄 (参考)	濁度 (参考)
測定箇所	JIS ≤10	JIS ≤10	—	—	—
ボイラ水 (#2-HRSG)	3.3 mg/L	4.5 mg/L	0 mg/L	12 μg/L	0 ms/m

ü 水質管理状況 (聞取り)

- ・ 純水装置、ボイラ水サンプルング装置の常設計器が故障しているため、手動 (ポータル計器) で pH、導電率を測定している。
- ・ 化学担当 (Expert) が平日は 9:00 に計測している。
- ・ 土日は、担当が休みのため実施していない。
- ・ 水質管理基準値は、建設時のメーカー図書を参考とし、発電所独自に管理基準は定めていない。
- ・ 図書の中に、薬品注入量-pH カーブがあるが、実際には使用していない。
- ・ pH、導電率が管理基準値から外れた場合は、薬品濃度を少し調整する (pH-薬品注入量のカーブは関係なく、経験により調整する)。
- ・ 現在、給水、ボイラ系統への薬品注入ポンプの軸でのリークが多く、限定的 (起動時) にしか運転していない。



現地サンプルング場所

u 考察

- ・ 測定値では、直ちに処置が必要な状態ではなかったが、リン酸イオン測定値、水質管理聞取り結果よりリン酸の注入は適切に出来ていない。
- ・ また、Na₂SO₃ (亜硫酸ナトリウム) の注入も適切でない可能性がある。
- ・ ボイラ水の溶存酸素測定値より、ボイラ入口給水の溶存酸素が高い可能性がある。
- ・ ボイラ給水の pH 調整にアンモニア、脱酸素剤に亜硫酸ナトリウム、ボイラ水の pH 調整にリン酸を使用するプラントだが、試料中に亜硫酸イオン、リン酸イオンが検出されなかったことから、アンモニアで高 pH が維持されていると推測する。
- ・ 高 pH による腐食に注意が必要な設備箇所の管理がされているか調査が必要である。
- ・ pH については基準値内にあるののやや高い傾向があるが、濁度もなく、設備に見合った水処理がなされているものと思われる。

○ 振動測定結果

A/C 給水ポンプ、B 復水ポンプで振動測定実施。一部管理値を超過している。

記録名称	振動測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	F6 GTCC A-給水ポンプ		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	多段遠心ポンプ	容量	48 kgf/cm2
回転数	2980 rpm	製造番号	RW08432-01 1/3
モータ定格電流	24.3A	モータ定格電圧	6,600V
製造者	EBARA	製造年月日	2010
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 1日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ H"イ"レーションアライザ- VA-10 00280204	
ポンプ軸受 (フリー側)	V	20 μm	
	H	50 μm	
	A	37 μm	
ポンプ軸受 (カップリング側)	V	35 μm	
	H	70 μm	
	A	20 μm	
モータ軸受 (カップリング側)	V	15 μm	
	H	15 μm	
	A	14 μm	
モータ軸受 (フリー側)	V	20 μm	
	H	40 μm	
	A	35 μm	
振動基準値 (JIS B 8301): 35μm			

記録名称	振動測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	F6 GTCC C-給水ポンプ		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	多段遠心ポンプ	容量	48 kgf/cm2
回転数	2980 rpm	製造番号	RW08432-01 3/3
モータ定格電流	24.3A	モータ定格電圧	6,600V
製造者	EBARA	製造年月日	2010
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 1日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ H"イ"レーションアライザ- VA-10 00280204	
ポンプ軸受 (フリー側)	V	15 μm	
	H	35 μm	
	A	25 μm	
ポンプ軸受 (カップリング側)	V	25 μm	
	H	40 μm	
	A	30 μm	
モータ軸受 (カップリング側)	V	30 μm	
	H	60 μm	
	A	20 μm	
モータ軸受 (フリー側)	V	18 μm	
	H	40 μm	
	A	50 μm	
振動基準値 (JIS B 8301): 35μm			

記録名称	振動測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	F6 GTCC B-復水ポンプ		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	遠心ポンプ	容量	304 m3/h
回転数	1,485 rpm	製造番号	1238606/01-3
モータ定格電流	195A	モータ定格電圧	400V
製造者	APOLO	製造年月日	1998
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 1日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ H"イ"レーションアライザ- VA-10 00280204	
ポンプ軸受 (ポンプ側)	V	35 μm	
	H	45 μm	
	A	35 μm	
ポンプ軸受 (モータ側)	V	35 μm	
	H	50 μm	
	A	-	
モータ軸受 (カップリング側)	V	23 μm	
	H	40 μm	
	A	70 μm	
モータ軸受 (フリー側)	V	30 μm	
	H	60 μm	
	A	55 μm	
振動基準値 (JIS B 8301): 54μm			



振動測定風景

Ø 電流測定結果
B復水ポンプで実施。 異常なし

記録名称	電動機 電流測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	F6 GTCC B-復水ポンプ		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 藤原 悠平		
電動機仕様			
型式	全閉外扇	容量	110kW
極数	4	製造番号	K11R315S4 TWS
回転数	1480 rpm	定格電圧	400V
定格電流	195A	絶縁種別	
製造者	VEM motors	製造年月日	1998.5
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 1日	
測定器具	種類	HIOKI 3285	
	製造番号	80523503	
	校正日	2009.8	
測定値 (A)	A相	169.8 A	
	B相	164.8 A	
	C相	165.1 A	



電流測定風景

Ø 絶縁抵抗測定結果
#3GT潤滑油クーラファン (No.2, No.3) で実施。
No.3 ファンにて絶縁不良確認。

記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	#3GT FIN FAN cooler #3		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 藤原 悠平		
電動機仕様			
型式	全閉外扇	容量	7.5kW
極数	8	製造番号	K11R315S4 TWS
回転数	720 rpm	定格電圧	400V
定格電流	16.6A	絶縁種別	F種
製造者	ELECTROMO	製造年月日	
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 3日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500V×ガ	
	製造番号(型式)	YOKOGAWA MY40-01	
	校正日	2017.8	
環境	天候	雨のち曇り	
	温度(℃)	27.3℃	
	湿度(%)	51%	
測定値	MΩ	0.026 MΩ	
判定値 1MΩ以上			

記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Hlawaga 発電所		
対象機器	#3GT FIN FAN cooler #2		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 藤原 悠平		
電動機仕様			
型式	AFIS 180 LS V5	容量	11 kW
極数	8	製造番号	704211 02FB16
回転数	724 rpm	定格電圧	400V
定格電流	27A	絶縁種別	F種
製造者		製造年月日	
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 3日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500V×ガ	
	製造番号(型式)	YOKOGAWA MY40-01	
	校正日	2017.8	
環境	天候	雨のち曇り	
	温度(℃)	27.3℃	
	湿度(%)	51%	
測定値	MΩ	4.95 MΩ	
判定値 1MΩ以上			



絶縁抵抗測定風景

○ 潤滑油診断

蒸気タービン潤滑油を採取し、日本に持ち帰り分析実施

■ サンプルング日：2018.12.4 サンプルング者：関西電力 佐藤 MHPS 平岡

■ 分析日：2019.2.12 分析者：かんでんエンジニアリング

油脂名：Michang（韓国）-TURBINE OIL VG46

項目	単位	管理基準値		分析値	評価
		管理値	設定根拠		
酸価	mgKOH/g	≤0.3	JIS K2213	0.08	ü
RPVOT(RBOT)	分	100	一般的なメーカー管理値	410	ü
動粘度	mm ² /s(40°C)	41.4~50.6	JIS K2213	47.22	ü
水分	%	≤0.1	ASTM 4378-01	0.0041	ü
汚染度	Mg/100ml	≤10	一般的なメーカー管理値	0.3 (メッシュ 0.8 μm)	ü

ü：分析結果は判定基準内であり、劣化は確認できない。



潤滑油サンプルング風景

採取場所：潤滑油ストレナブロー系統

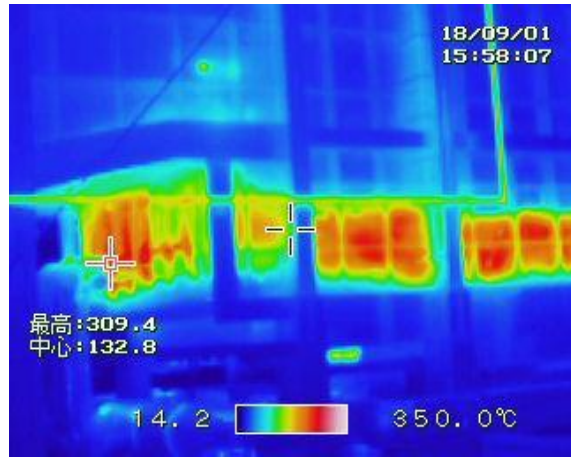


◆ 考察

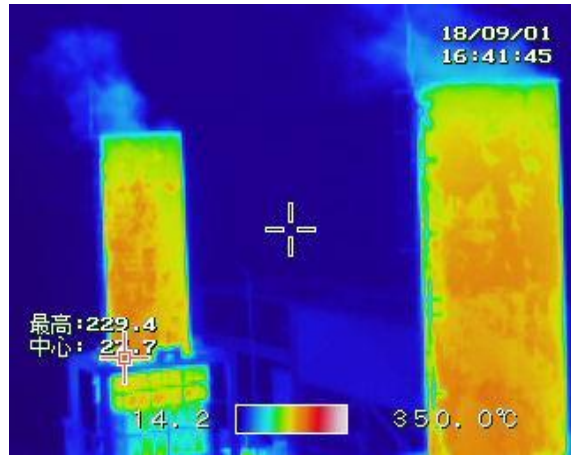
全ての項目が管理値内であり、潤滑油の性能低下は認められない。

○ 漏洩検査結果

サーモグラフィにて運転中機器（GT, HRSG）のガス漏れ、蒸気漏れ、機器の発熱等の確認を実施したところ、HRSG ケーシングの過熱、バイパスダンパのガス漏れが確認された。



HRSG ケーシング下部過熱 (#1HRSG, #2HRSG)



バイパスダンパガス漏れによりバイパススタック過熱 (#1HRSG, #2HRSG)



サーモグラフィによる漏洩診断風景

ポータブルガス検知器により、NGステーションのガス漏れ診断を実施したところ、ストレーナ出入口フランジ部よりガス漏れが確認された。



ストレーナ出入口フランジよりガス漏れ



ガス漏洩診断風景

※フランジはボルトによる締め付けがされておらず、前後弁で隔離されている状況であった。
(前弁 or 後弁のシート漏れ)

Ø ユニット性能診断

コンバインドプラントの熱効率は理論的には以下のように計算される。

$$\eta C = \eta G + (1 - \eta G) * \eta B * \eta S \quad \dots \text{式 A}$$

ここで、各変数の定義および計算式は以下のとおりである。

ηC : Thermal Efficiency of GTCC

$$= \frac{3600}{\frac{\text{NG 発熱量 LHV[kJ/kg]} \times \text{合計 NG 流量 [kg/h]}}{\text{合計 GT 出力[kW]} + \text{ST 出力[kW]}}}$$

(*)式 A は、その他の損失 (GT-HRSG ダクト損失、HRSG-ST 主蒸気管損失等) を含まないため、今回の GTCC 効率の計算にはこちらを用いる。

ηG : Thermal Efficiency of Gas Turbine

$$= \frac{3600}{\frac{\text{NG 発熱量 LHV[kJ/kg]} \times \text{NG 流量 [kg/h]}}{\text{GT 出力 [kW]}}}$$

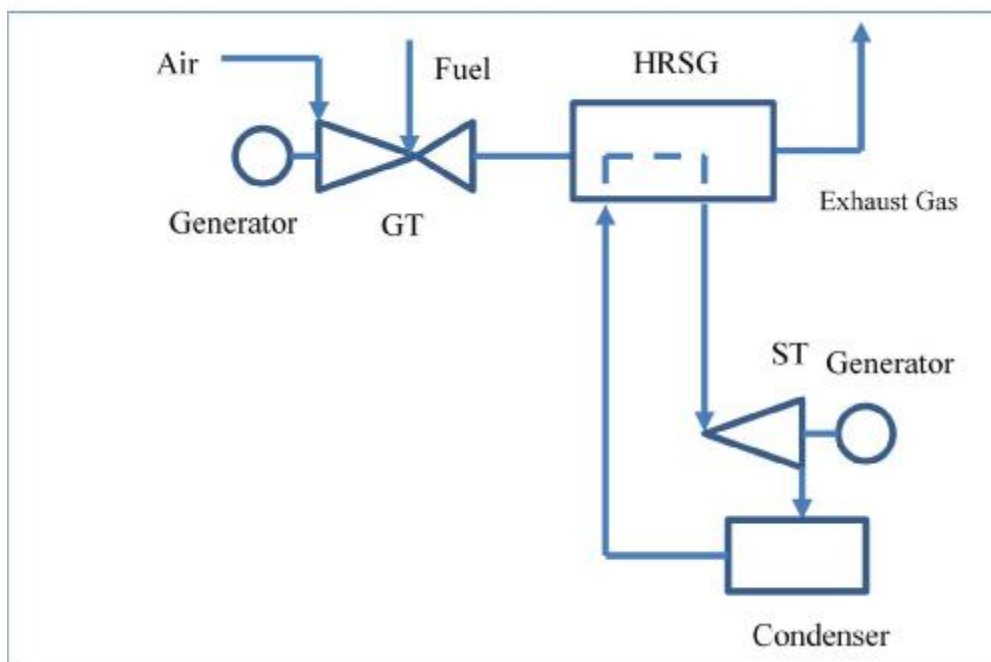
ηB : Thermal Efficiency of Boiler(HRSG)

$$= \left(1 - \frac{\text{熱損失}}{\text{入熱量}}\right) \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{(\text{HRSG出口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{大気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{排ガス流量 [kg/h]} \times \text{定圧比熱 [kJ/kg}\cdot\text{K]}}{(\text{HRSG入口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{大気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{排ガス流量 [kg/h]} \times \text{定圧比熱 [kJ/kg}\cdot\text{K]}}\right) \times 100$$

ηS : Thermal Efficiency of Steam Turbine

$$= \frac{3600}{\frac{(\text{ST 入口 } h[\text{kJ/kg}] - \text{ST 排気 } h[\text{kJ/kg}]) \times \text{蒸気流量 [kg/h]}}{\text{ST 出力 [kW]}}}$$



現時点での調査結果概要は以下の通り。(LHV、出力・効率：発電端、使用燃料：Yadana ガス)

※雨季により部分負荷であったため評価できなかった。(以下は部分負荷での値)

項目		設計(新)	実測(2017.2)		実測(2018.9.3)	
運転モード		全負荷	部分負荷		部分負荷	
		3-3-1	2-2-1		#1GT:シンプル運転 #2GT:1-1-1	
大気温度		30℃	30℃		30℃	
プラント 出力	gross	157MW	75MW		50MW	
	net	154MW	-		-	
プラント 効率	gross	46.3%	32.8%		24.7%	
	net	45.5%	-		-	
ユニット		全体	#1	#2	#1	#2
GT出力		35.0MW/基	26.7MW	27.0MW	21.8MW	21.6MW
ST出力		51.9MW	21.3MW		6.9MW	
GT効率		31.0%	23.2%	23.7%	18.8%	19.6%
HRSG効率		74.3%	61.5%	58.0%	-	-
ST効率		30.8%	26.7%		19.1%	
燃料消費量		43.35t/h	14.72t/h	14.53t/h	14.91t/h	14.13t/h

2018.9.3 #1GT：給電指令により部分負荷運転
 #2GT：給電指令により部分負荷運転
 #3GT：発電機地絡により停止中
 ST：通常運転中

#1HRSG：チューブリークにより停止
 #2HRSG：通常運転
 #3HRSG：GT停止により停止中

(4) 予知保全

a. データ採取状況

- ・各種記録は **log sheet** に記録して管理している。

b. 運転データの蓄積・分析

- ・運転データについては、不具合チェックのため基準値と比較確認しているが、蓄積・分析は実施していない。
- ・運転データ、各種記録等は、本棚等に収納され、活用した痕跡は確認できなかった。



記録したデータ類の保存状況

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

- ・実績なし

d. その他、O & Mに係る関連情報

- ・監視カメラが導入されていないため、安全管理のために導入したいニーズがある。
- ・リハビリ状況
GT#2 はすでに GT Upgrade 工事实施済み、その際に併せて MarkVIe 化を実施している。
GT#3 の GEN 補修をローカル会社(GOLDEN GREEN ENERGY)が実施する予定である。
ドバイにてローターの巻き替え予定である。
併せて、GT#3 の GT Upgrade 工事+MarkVIe 化も予定されており、2018 年度中に施工予定となっている。
2019 年 3 月、4 月に HRSG のチューブバンドル交換を予定しており、6 列とも GE から部品購入済みとなっている (オリジナルは川重製)。
- ・その他のリハビリについても、**GGE** と **EPGE** が検討中の状態である。
- ・2010 年、2011 年に **HRSG** 節炭器のチューブを交換した。
- ・GT#1 でも 2016 年に発電機地絡事故が発生し、**Ahlon** に保管されていた発電機ローターを活用し復旧した。不具合の取り出しローターは現地で放置されている。(防錆処置等はされていない状態であった)
- ・また、GT#3 は 2006 年にも地絡事故経験があり、当時はエンドワイヤーのオンサイト交換のみで対応したとのことであった。
- ・ヤンゴン地区の各発電所の出力・ガス使用量を毎日朝 6 時に **Hlawga** に集約され、**EPGE** へ **Hlawga** から報告しているとのことであったが、そのように運用している理由は、確認できなかった。

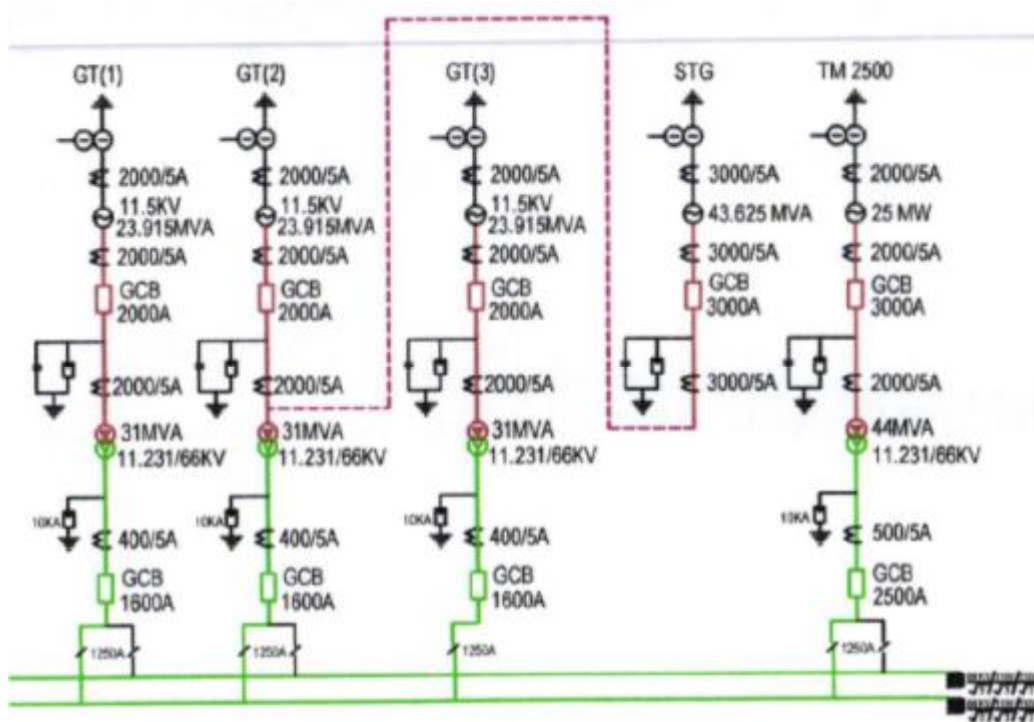
添付資料 3

タケタ発電所 個別調査結果

(1) 発電所と運営体制の概要

a. 発電所の概要

所在地	9,Ward,Ayayarwon Road,Thaketa Power Station,Thaketa, Yangon,Myanmar	
設備構成	GT: 3 基、ST1 基の 3-3-1 のコンバインドサイクル	
施工者	CCGT	丸紅 - Kawasaki (GT&GEN(Hitachi) , ST(Fuji) , HRSG(Kawasaki))
GT 機種	機種	Frame5(PG5361)
	出力容量	23.915MW
	運転開始	1990 年
ST 機種	機種	Fuji Electric Single Casing Condensing
	出力容量	34.9MW
	運転開始	1997 年
発電所設備容量 (構成)	92MW (3on1 CCGT)	
燃料	天然ガス (Zawtika, Yadana Gas)	
送変電設備との接続	隣接するタケタ変電所 (66kV⇒230kV) に送電	



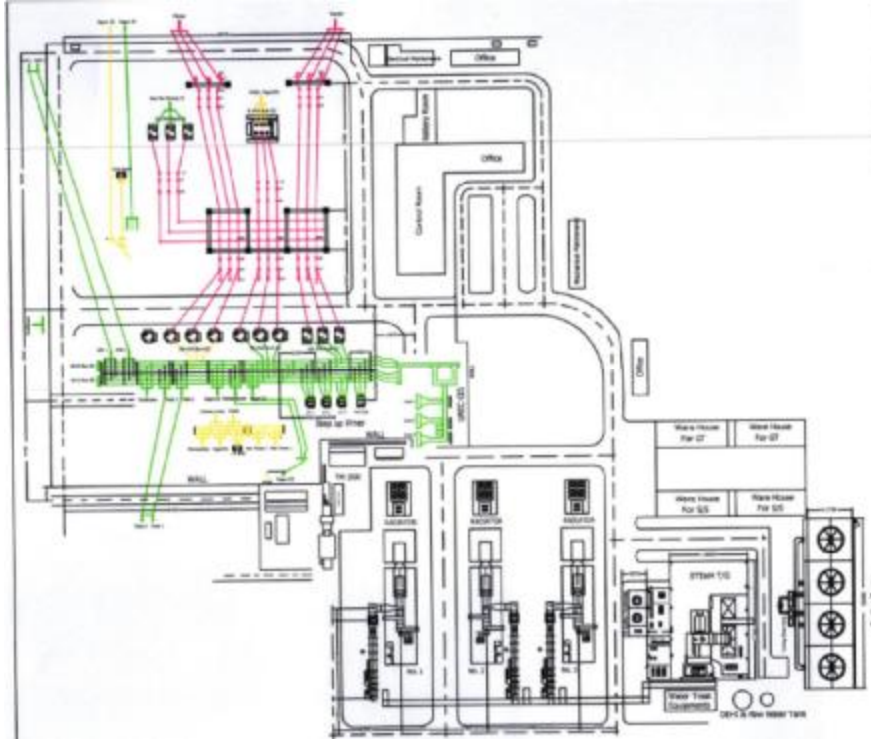
図：タケタ発電所単線結線図

機器仕様

ガスタービン	
ガスタービン	製造者 : GE
	機種 : Frame5(PG5361)
	回転数 : 5,100rpm
発電機	型式 : 三相交流同期発電機 FEZBiL
	容量 : 23915kVA
	力率 : 0.8
	回転数 : 3,000rpm
	電圧 : 11.5kV
排熱回収ボイラ	
基数	: 3 基
型式	: Kawasaki-Vogt natural circulation
GT 燃料	: Zawtika Gas
蒸気流量	: 44.05 ton/h
蒸気圧力	: 52.0 kg/cm ²
蒸気温度	: 470 °C
給水温度	: 56.5°C
バイパススタック有り	
蒸気タービン	
蒸気タービン	製造者 : Fuji Electric
	出力 : 34.9MW
	回転数 : 3,000rpm
発電機	型式 : 三相交流同期発電機 FTLR1484/55-2
	容量 : 43,625kVA
	力率 : 0.8
	周波数 : 50 Hz
	回転数 : 3,000rpm
	電圧 : 11.5kV
主要変圧器	
製造者	: GT:Hitachi / ST:EKARAT-DAIHEN
型式	: Three Phase Power Transformer
容量	: GT: 31MVA / ST:44MVA
電圧	: 11kV/66kV
冷却方式	: GT: ONAN / ST: ONAF
復水器	
製造者	: HOLTEC ITERNATIONAL
型式	: 表面冷却型 (シェル&チューブ型)
蒸気流量	: 131.72t/h
冷却水流量	: 9750m ³ /hr
水処理設備	
容量	: 120 m ³ /day
型式	: Reverse Osmosis
使用薬品	: 塩素処理(NaOCl)、PH 調整 (Na ₃ PO ₄ 、NH ₄ OH)、酸化防止剤 (Na ₂ SO ₄)
管理値	: 導電率 10 μS/cm 以下、シリカ 0.5 ppm 以下

b. 発電所のレイアウト

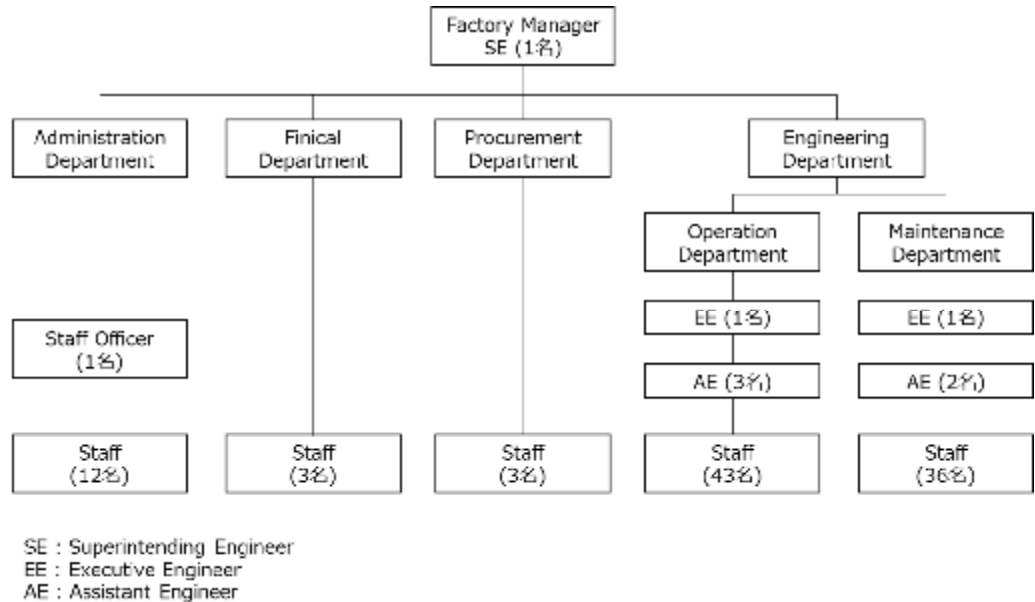
z 水質・潤滑油・制御油・燃料管理等に伴う化学分析室は設置されていない。



図：タケタ発電所構内配置図

c. 発電所組織、教育体制

- z 職員数は、所長以下 160 名（口頭確認）。受領した組織表では 107 名となっている。
- z 日雇いのメンバーもいるとのことから、組織表以外のメンバーもいると思われる。
- z 新入社員の教育は Pounlong 訓練センターで実施している。



図：タケタ発電所組織図

d. O & Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

- z ルールは、殆ど成文化されていない。
- z メーカーのマテナスマニュアル等を使用している。

e. 部品等の資機材調達手続き

- ① 発電所の裁量で手配できる部品等の資機材のは **200\$**/回であり、これ以上は **EPGE** 本部に予算要求を行っている。

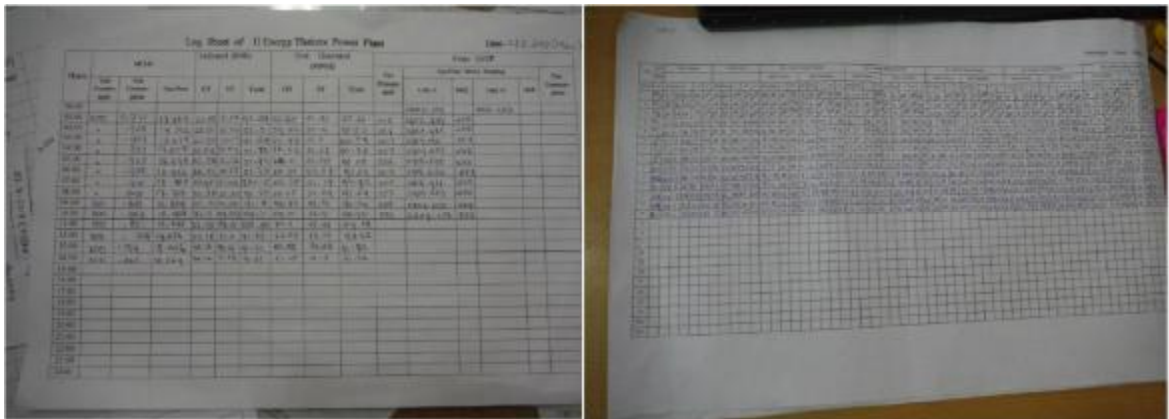
(2) 日常運営

a. 運営体制

- ① 2シフト4班制で運営。1シフト8~9人。
- ② Operation Logbook で引継ぎを行っている。運転員は、1時間毎に点検している。
- ③ 雨季は、ピーク運用をしており、8月初旬に停止した後、運転していない。

b. 発電に係る定量的記

- ① 日々の点検記録は手書きで採取しており、**EPGE** への日報、週報、月報、年報を提出している。
- ② 燃料計は設置されているものの、精度が低く、熱効率の管理は出来ていない。新しい燃料計の設置を要求しても、**MOGE** に承認されなかった。



発電機、開閉所関係の記録

c. O&Mの実施状況の記録

- ① 大きな不具合修繕は、都度所員で報告書を作成して **EPGE** に報告している。

d. スペアパーツの管理

- ① 予備品は、予備品庫に在庫カードとともに整理されている。他の **CCGT** とも共有しており、予備品の保管や使用は、**EPGE** が決定する。
- ② 取り外し品に関しては、運転時間・シリアル管理はされていない。
- ③ 不定期で **EPGE** が旧品を改修して補修をテンダーにかけることがある。
- ④ 倉庫には新品の **HGPP**(内尾筒 4セット分)が保管されており、**Upgrade** と共に使用不可となっている。



予備品倉庫

動翼 (新品)

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- z 不具合が発生すれば、運転員より保修課員に口頭で連絡され、保修課員が直営で修繕を実施する。
- z 1 日以上の上停止は **EPGE** の許可が必要となる。

f. 環境管理の実施状況

- z 排気ガスに関する測定・記録等は、特に実施していない。

g. 発電所の入構管理の実施状況

- z 入構管理は、守衛室で受付し、入構証明カードを受領する。

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- z 雨季に計画しており、発電所側で定検のタイミング・期間を決めて、**EPGE** 側に提出し本部で最終決定される。部品／人の手配も同様に **EPGE** が最終決定する。
- z 発電所が必要な工具を準備・現地に保管している。
- z クレーン等の重機に関しては、**EPGE** が一部保有しており、不足あれば他の省庁からも借用して対応している。

b. 定期点検等の実施状況、実施頻度、実施手法

- z **CI** はタケタのメンバーのみで実施している。**HGPI** は、タケタのメンバーの他、他の発電所のメンバーも 20 名程度加わり実施している。
- z メーカーからの技師派遣などは、無い。
- z 実施頻度は、メーカー推奨通り行うことを基本としている。
- z 高温部品の修理基準は無く、修理要否は **EPGE** が判断している。
- z 部品は、ミ国の **UNOG** 社や **IGE** 社から購入している。1 段動翼にサードパーティ (**Chrom Alloy United** 社) 製を使用したこともある。
- z サードパーティの使用は、**EPGE** (又はそれ以上) で決定される。

c. 継続的な改善への取組

- z リハビリ案件に関しては、基本的に **EPGE** と **OEM** で調整し決定される為、決定後に詳細情報が発電所に降りてくる。
- z 運転時間は以下の表のとおりであるが、計器が故障しているものがあり、正確な記録は確認できなかった。

表：タケタ発電所 2018.8.27 時点累積運転時間

	Total S/S	Fired Start	Fast Load Start	Manual Initiated Start	Peak Fired Time	Fired Time
Unit 1	3135	2624	250 (故障?)	2478	1 (故障?)	54670
Unit 2	3628	2721	26 (故障?)	2473	6 (故障?)	31306
Unit 3	2942	2374	13 (故障?)	2620	68947	71808



制御・操作盤



運転データ カウンタ

d. 機器設備の状況

(a) 現場点検により認められた不具合

No	ガスタービン共通不具合 (#1GT, #2GT, #3GT)
1	吸気フィルタ劣化
2	燃料系統計器故障 (流量計)
3	GT 起動装置周り油漏れ
4	ガスステーション ガス漏れ



ガスタービン共通 No.1



ガスタービン共通 No.2



ガスタービン共通 No.3



ガスタービン共通 No.4

No	HRSG 共通不具合 (#1HRSG, #2HRSG, #3HRSG)
1	サンプリング装置不良
2	指示計器不良
3	マンホール締め付けボルト本数不良
4	配管保温材 劣化
5	ブローダウンタンク劣化
6	ドラム水面計 不良
7	給水制御、電動弁 劣化
8	ケーシング過熱外面焼付き (断熱材不良)



HRSG 共通不具合 No.1



HRSG 共通不具合 No.2



HRSG 共通不具合 No.3



HRSG 共通不具合 No.4



HRSG 共通不具合 No.5



HRSG 共通不具合 No.6



HRSG 共通不具合 No.7



HRSG 共通不具合 No.8

No	#2GT、HRSG 不具合
1	冷却水ポンプ取り外し
2	GT 吸気フィルター入口扉 劣化
3	起動用モータ取り外し



#2GT、HRSG No.1



#2GT、HRSG No.2



#2GT、HRSG No.3

No	#3GT 不具合
1	GT 吸気フィルター入口扉 劣化
2	ガス流量制御弁 ガス漏れ



#3GT No.1



#3GT No.2

No	蒸気タービン不具合
1	発電機回転子 引き抜き後の保管状況不良
2	タービン 引き抜き後の保管状況不良
3	タービン 軸シール部劣化
4	給水関係 計器類劣化



蒸気タービン No.1



蒸気タービン No.2



蒸気タービン No.3



蒸気タービン No.4

No	BOP 不具合
1	制御空気圧縮機故障
2	給水ポンプ劣化
3	B 冷却塔ファン故障により取り外し中
4	冷却塔劣化
5	純水装置 制御盤表示不良



BOP No.1



BOP No.2



BOP No.3



BOP No.4



BOP No.5

(b) 簡易診断結果

- ① 第1回調査時に GT、ST とも停止中であつたため、簡易診断実施できなかった。
- ② ガス受け入れステーションで、ガス漏れ検査を実施したところ、ストレーナ蓋部他に、多量のガス漏れが確認された。

(4) 予知保全

a. データ採取状況

- ・ 定検記録、運転記録は主に紙ベースで保管されているが、**2008**年のサイクロンで紛失した記録もあるとのことであった。
- ・ 運転データであれば、**MW・ガス消費量**等はソフトデータ保管されているものもある。

b. 運転データの蓄積・分析

- ・ 運転データについては、蓄積・分析は実施していない。

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

- ・ 実績なし

d. その他、O & Mに係る関連情報

- ・ **Thermal Imager** や **Handy Vibration Monitor** の設置を希望している。
- ・ **CCTV** は、変電所監視用のみが設置されており、**GT** 監視用と正門への設置を希望している。
- ・ **ST** と **HRSG** が休止中であり、効率が低いことが予想されるため、リハビリ計画の可能性の検討が必要である。
- ・ ガスタービンは、**JICA** によるリハビリが計画され、**2019**年**1**月に着工予定となっている。
- ・ **ST** は軸受が損傷し、休止中であり、**#2GT** は**2013**年**11**月に**IGV** が損傷し、停止中である。
- ・ **ST** は予算上の問題から、リハビリ項目の中に含まれていなかったため、**ST** は壊れて開放したまま放置されている。
- ・ **HRSG** は毎月メンテナンスを実施している。
- ・ **Unit2** が **IGV** 重損傷 (**2015.11.15** 発生) で起動できないが、**JICA** 案件でリハビリが計画を立てていたため、修繕工事は実施していない。
- ・ リハビリ内容は **GT** 側の **Upgrade (Rotor 交換)** と **GEN** 側の **Major Overhaul** を実施の予定である。
- ・ 制御装置についても更新予定であり、**Mark II => MarkVI-e** に変更される。
- ・ 吸気フィルターは運転時に差圧大でバイパスドアが開く為、自分たちでパルスフィルターからステージフィルターに改造を実施した。
※差圧の原因は湿気でゴミがフィルターにつまり、パルスを吹いてもゴミが落ちないという事象があった。
- ・ 前回の本格定検時に **EPGE** が” **UNOG.co (United National Oil & Gas Co., Ltd)**” という会社が部品供給をさせる為に、**EPGE** がサイトサーベイさせたとの報告が記載されている。
- ・ **Unit2** の起動用ディーゼル、その他起動装置廻りの補機は、**Myanaungra** 発電所に送付し運転中である。
※**Myanaungra** 発電所で起動用ディーゼルの問題があったとのこと。
- ・ **Unit2** は **2010**年の本格点検時にも圧縮機の重損傷が見つかっており、その時はローターを **France** (おそらく **GE** の工場) に発送し、**Myanaungra** 発電所から取り出したローターをタケタに取り付けた。
- ・ 補修後のローターは再度タケタに返送されたが、次は **Kyunchaung** 発電所でローターを交換する必要があり、**Kyunchaung** 発電所の損傷ローターと取り換えられた。
※よって、タケタ発電所内には **Kyunchaung** 発電所から取り出された損傷ローターが保管されている。(T2Sの折損事故の模様で、すでに錆びており使用不可の状態)
- ・ ガスは **2unit** 分 (**14.5m3/day**) しか使用できない状態である。熱量の大きい **Zawtika Gas** は **IPP** が使用しており、**EPGE** は熱量の低い **Yadana Gas** を使用している。

添付資料 4

ティラワ発電所 個別調査結果

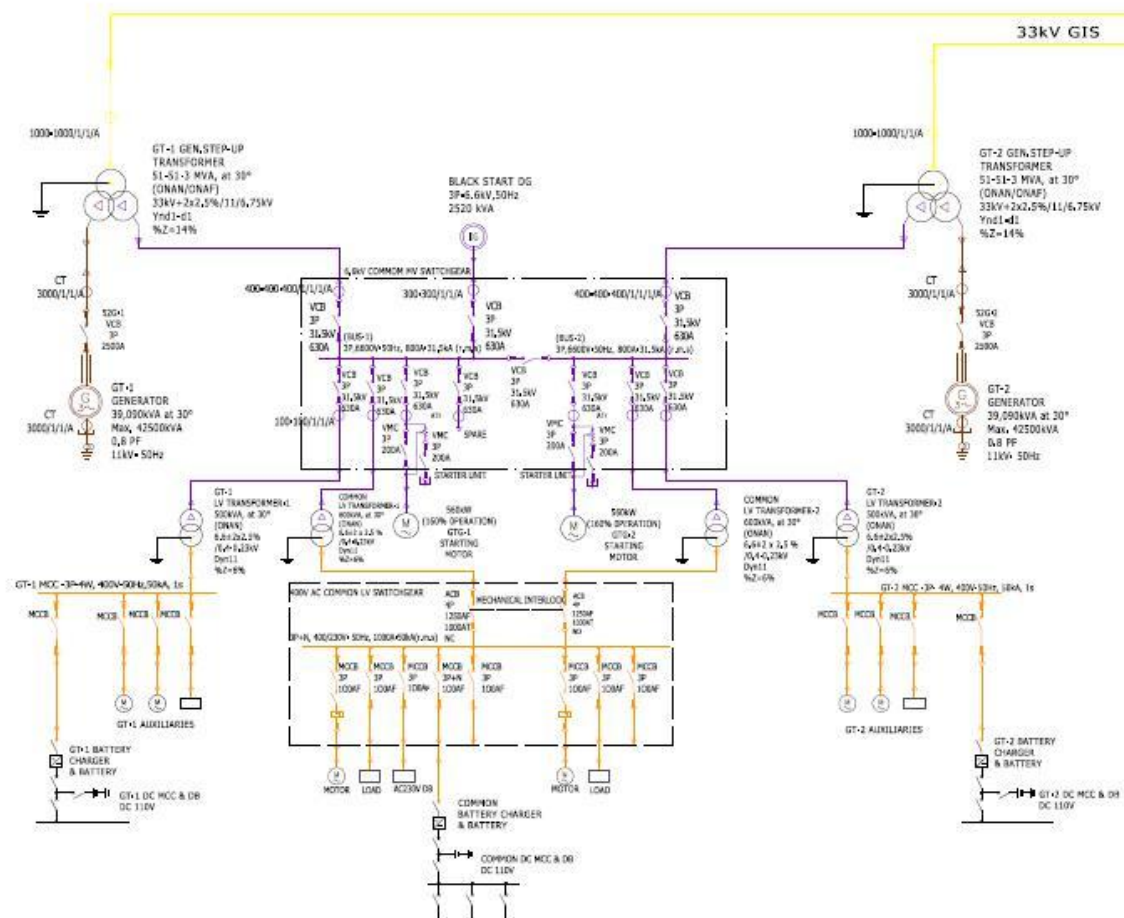
■Thilawa（第1次現地調査：2018.9.7～9.8、第2次現地調査：2018.12.14）

(1) 発電所と、運営体制の概要

a. 発電所の概要

所在地	Kyaunktan Township, Yangon, Myanmar	
設備構成	GT: 2基のシンプルサイクル	
施工者	GT	住友商事- MHPS
GT機種	機種	H-25(日立) 32C
	出力容量	30.27MW
発電所設備容量(構成)	運転開始	2016年5月25日、2016年8月23日
	発電所設備容量(構成)	60.54MW (GT×2基)
燃料	天然ガス (Yadana Gas ・ Zawtika Gas) 軽蒸留油	
送変電設備との接続	隣接するティラワ変電所(33kV)に送電	

SINGLE LINE DIAGRAM OF THILAWA POWER PLANT



図：ティラワ発電所単線結線図

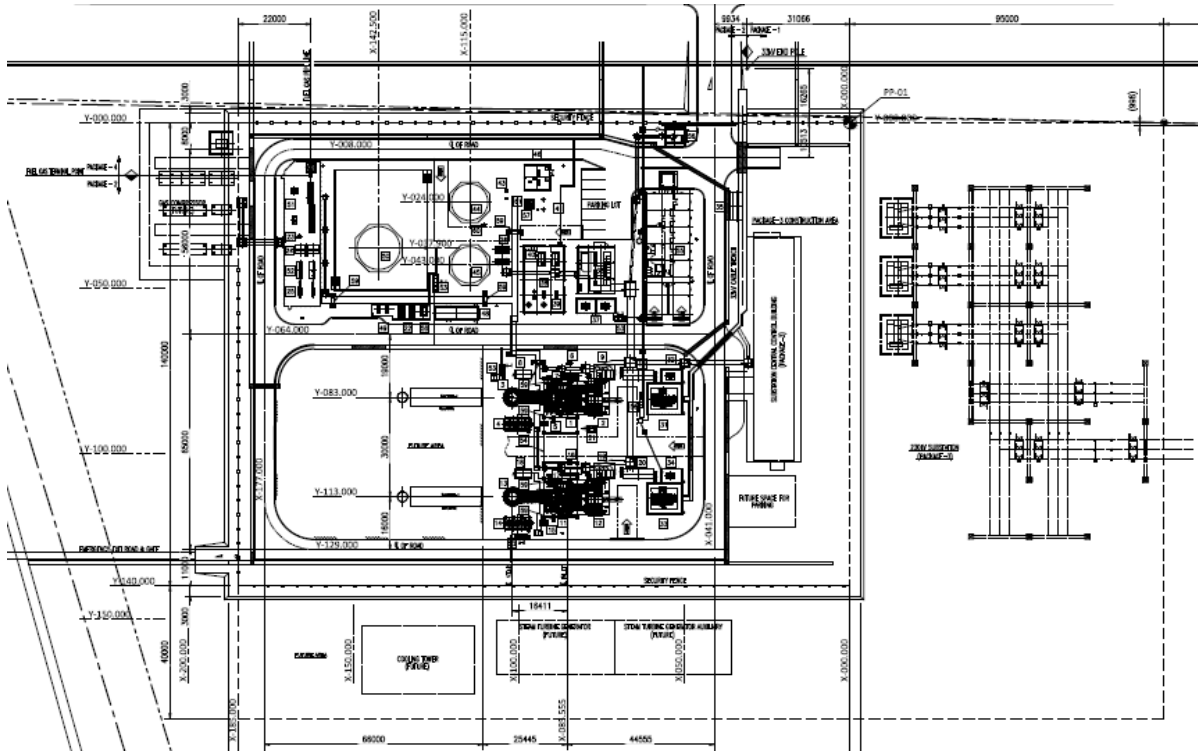
機器仕様

ガスタービン	
機種：H-25	C32（日立）（大気温度 30℃）
	設計出力 : 30,270 kW
	設計熱消費率 : 11,492 kJ/kWh
	設計熱消費量 : 347,863MJ/h
	設計排ガス流量 : 93.3kg/s
ガスタービン	形式 : ヘビーデューティ型、一軸形
	段数 : 3 段
	燃焼温度 : 1,300℃
	排気温度 : 572℃
	回転数 : 7,258 rpm
燃焼器	形式 : 標準拡散デュアル燃焼器（キャニュラー形）
	個数 : 10 個
圧縮機	段数 : 17 段
	圧縮出口圧力 : 15.64 ata
発電機	型式 : DG215ZC-04(BRUSH) 39.09MVA-1500rpm, 11kV
水処理装置	
処理能力	: 480 m ³ /day
型式	: 逆浸透連続式電気脱イオン装置
脱塩水設計値	: TDS 2.0 mg/L
	pH 7~8.5
	導電率 10 μS/cm 以下
燃料設備	
1) 燃料ガス性状	メタン : 69.8801mol%
(Yadana ガス)	エタン : 1.0106mol%
	プロパン : 0.1694mol%
	i-ブタン : 0.0184mol%
	n-ブタン : 0.0279mol%
	i-ペンタン : 0.0065mol%
	n-ペンタン : 0.0037mol%
	NEO-ペンタン : 0.0214mol%
	HEXANE AND HEAVIER : 0.0211mol%
	CO ₂ : 4.1294mol%
	N ₂ : 24.727mol%
	H ₂ S : 0.0021mol%
	H ₂ O : 0.0011mol%
	H ₂ O : 0.0011mol%
(Zawtika ガス)	メタン : 91.786mol%
	エタン : 0.401mol%
	プロパン : 0.111mol%
	i-ブタン : 0.035mol%
	n-ブタン : 0.021mol%
	i-ペンタン : 0.01mol%
	n-ペンタン : 0.007mol%
	HEXANE AND HEAVIER : 0.031mol%
	N ₂ : 7.531mol%
2) 送出条件	
ガスステーション	最高温度 : 45℃
	最低温度 : 15℃

最高圧力 : 25 barg
 最低圧力 : 22 barg
 最大流量 : 12,939 kg/h(Yadana)
 8,381 kg/h(Zawtika)

b. 発電所のレイアウト

- ・水質・潤滑油・制御油・燃料管理等に伴う化学分析室は設置されていない。
- ・井戸水には塩分が含まれるため、雨季は燃料油タンクヤードに雨水を溜めて淡水として使用している。圧縮機水洗浄や燃焼器水噴霧を実施する際は純水を使用するため、純水装置の使用頻度は1回/3ヶ月程度となっている。



図：ティラワ発電所構内配置図



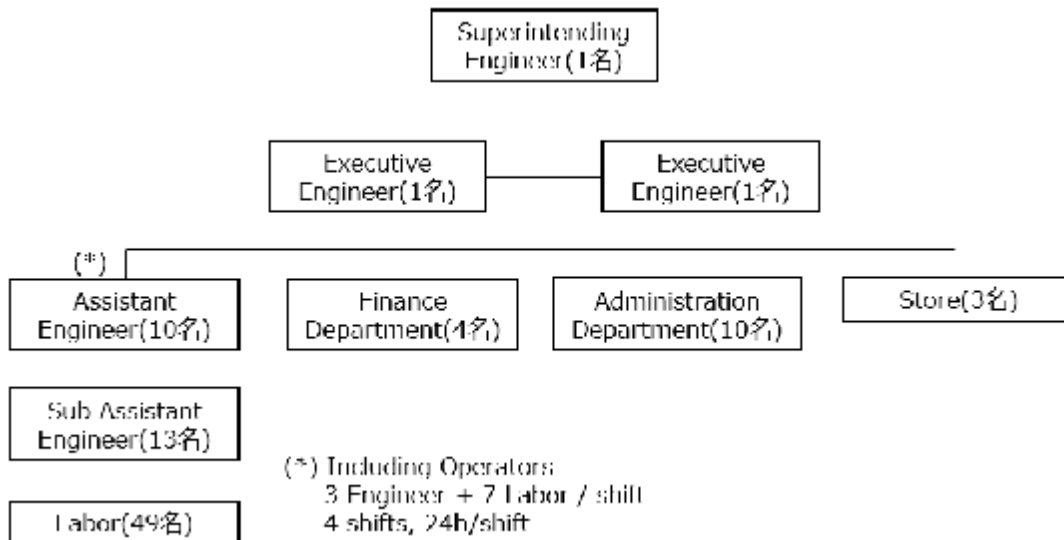
純水装置



雨水を溜める燃料タンクヤード

c. 発電所組織、教育体制

- ・職員数は、所長以下 計 92 名
- ・発電所隣接地に建設中の宿舎が完成すれば 1 日 2 交代制に変更する。



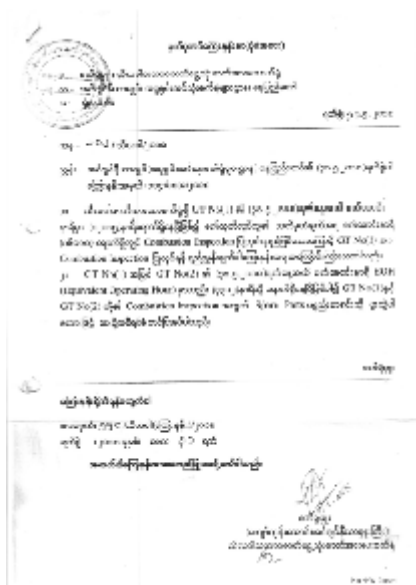
図：ティラワ発電所組織図

d. O & Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

- ・ユニットの起動停止方法、運転管理値は、設備メーカーが作成したマニュアルを使用している。

e. 部品等の資機材調達手続き

- ・発電所では調達の決定権がない。
- ・EPGE へ資材調達要求の依頼を実施している。



資材調達要求レター(1/2)

စာမျက်နှာ	အမျိုးအမည်	အရေအတွက်	အမျိုးအမည်	အရေအတွက်	အမျိုးအမည်	အရေအတွက်	အမျိုးအမည်	အရေအတွက်
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

資材調達要求レター(2/2)

(2) 日常運営

a. 運営体制

- ・1シフト4班制で運営。1シフト10人。
- ・Senior shift engineer は3回/日、Junior shift engineer は4回/日、その他運転員は1時間毎に点検を実施している。
- ・運転データ採取が主な業務となっている。

b. 発電に係る定量的記録

- ・各ユニットについて、発電機出力、燃料消費量、排ガス温度など各種パラメータを1時間毎に記録し、日単位で整理している。また、各ユニットについて、累積運転時間、その日の熱効率管理を実施している。
- ・制御室(制御盤、DCS)から採取するデータと現場計器から採取するデータとでLog Sheetは分かれている。一部でメーカー(MHPS)が作成した記録表を流用している。
- ・ガス消費量(発電所トータル使用量)については電話で確認している。
- ・Operation Log Bookは2種類あり、1時間毎のデータ記録用と引継用となっている。



定量的記録

c. O & Mの実施状況の記録

- ・日々の運転記録、保守記録は手書きのログブックに残している。また、月間の運転記録をEPGEに提出している。
- ・ログブックは**Mechanical**と**Electrical**の2種類あり。**Mechanical**は作業内容が記載されているものの、不具合の詳細情報は記載されていない。**Electrical**では次の流れで対応している。
不具合発生→原因調査 or 住商に連絡→修理(MHPSやAllos Copco(Air Compressor)等を手配)→修理内容をログブックに記載。

d. スペアパーツの管理

- ・2ユニット5年分の予備品を倉庫に保管している。
- ・発電所独自の予備品リストは存在せず、OEM作成の5年間予備品リストにメモを残している。
- ・2年後にZawtica→Yadanaへ燃料変更するため、既設燃焼器ノズルは使用不可となる。
- ・5.1百万円の予算を確保している。
- ・Wearhouseと部品倉庫を一緒にしておりスペースは足りていない。

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- ・不具合発生(事故)時には、運転員がプラントマネージャーに連絡し、プラントマネージャーが現場確認を行う。プラントマネージャーはEPGEとLDCに不具合を報告する。
- ・不具合記録はログブックに残している。

f. 環境管理の実施状況

- ・建設中はMJTD(Myanmar Japan Thilawa Development)と日本工営が測定していたが、現在は環境管理を実施していない。
- ・NOx低減のための水噴霧は通常使用していない。

g. 発電所の入構管理の実施状況

- ・入構管理は管理簿、セキュリティーカードにて実施しているが、管理システムはない。
- ・構内はフェンスで囲い、13箇所にCCTVを設置して中央制御室から監視している。



セキュリティーカード



ティラワ発電所 守衛室



CCTV カメラ映像

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- ・定期保守の項目については、EPGE が決定する。
- ・定期検査の期間は発電所が決定し、LDC に通知する。

b. 定期点検等の実施状況、実施頻度、実施手法

- ・GT の定期検査はまだ実施経験がないものの、#1GT は推奨定検時期を超過しており検査実施準備中である。
- ・必要な部品については、OMM に基づき選定して EPGE へレターで要求し、EPGE が調達する。

c. 継続的な改善への取組

- ・現在発電所には一般的な工具が揃っているものの、必要に応じて他発電所から借用できる。

d. 機器設備の状況

(a) 現場点検により認められた不具合

No	ガスタービン不具合（#1GT, #2GT）
1	#1,2GT 第 1 軸受冷却ファン吸気フィルター汚れ
2	#1,2GT 潤滑油冷却装置吸気部フィン汚れ
3	#1,2GT コントロールコンパートメント ケーブル貫通部雨仕舞い劣化
4	#1GT ピット内ケーブル水没



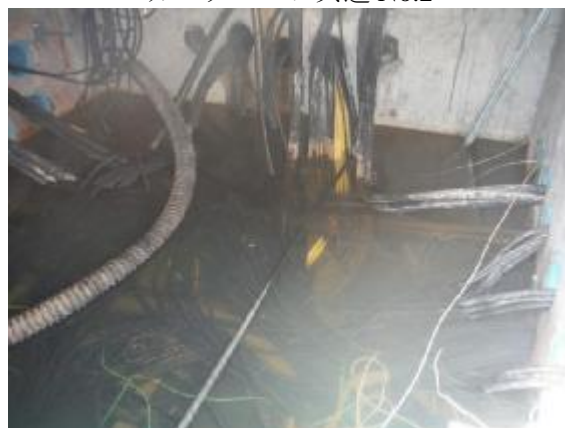
ガスタービン共通 No.1



ガスタービン共通 No.2



ガスタービン共通 No.3



ガスタービン共通 No.4

No	BOP 不具合
1	主要変圧器用消火水配管塗装はがれ
2	ガスステーション 復水タンクマンホール締付ボルト腐食
3	予備ケーブル他 屋外保管



BOP No.1



BOP No.2



BOP No.3

(b)簡易診断による劣化位置及び程度の特
 定

○ 振動測定結果

#1GT No.1 主油ポンプ、#2GT No.2 主油ポンプで振動測定実施。測定結果異常なし。
 管理値：35mm/s

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#1GT No.1 主油ポンプ		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	縦型遠心ポンプ	容量	120 m3/h
回転数	2900 rpm	製造番号	-
モータ定格電流	76 A	モータ定格電圧	400 V
製造者	ALLWEILER	製造年月日	2013
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイレーションアラザイブ VA-10 00280204	
モータ軸受 上部	V	20 μm	
	H	30 μm	
	A	31 μm	
モータ軸受 上部	V	32 μm	
	H	19 μm	
	A	35 μm	

No.1 主油ポンプ

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#2GT No.2 主油ポンプ		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	縦型遠心ポンプ	容量	120 m3/h
回転数	2900 rpm	製造番号	-
モータ定格電流	76 A	モータ定格電圧	400 V
製造者	ALLWEILER	製造年月日	2013
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイレーションアラザイブ VA-10 00280204	
モータ軸受 上部	V	23 μm	
	H	25 μm	
	A	25 μm	
モータ軸受 上部	V	16 μm	
	H	26 μm	
	A	33 μm	

No.2 主油ポンプ

Ø 電流測定結果

#1GT 主油タンク油分離機、#2GT 主油タンク油分離機で実施。測定結果異常なし。

◆電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#1GT 主油タンク油分離機		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式		容量	5.5 kW
極数	2	製造番号	
回転数	2930 rpm	定格電圧	400V
定格電流	10.6 A	絶縁種別	F 種
製造者	Weg	製造年月日	2015.5
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	HIOKI 3285	
	製造番号	80523503	
	校正日	2009.8	
測定値 (A)	A相	5.8 A	
	B相	5.9 A	
	C相	5.7 A	

No.1 GT 主油タンク油分離機

◆電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#2GT 主油タンク油分離機		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式		容量	5.5 kW
極数	2	製造番号	
回転数	2930 rpm	定格電圧	400V
定格電流	10.6 A	絶縁種別	F 種
製造者	Weg	製造年月日	2015.5
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	HIOKI 3285	
	製造番号	80523503	
	校正日	2009.8	
測定値 (A)	A相	6.0 A	
	B相	5.8 A	
	C相	5.7 A	

No.2 GT 主油タンク油分離機

Ø 絶縁抵抗測定結果

#1GT 発電機冷却ファン、#2GT 発電機冷却ファンで実施。測定結果異常なし。

◆電動機 絶縁抵抗測定			
記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#1GT 発電機冷却ファン		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式	-	容量	22kW
極数	2	製造番号	-
回転数	2956rpm	定格電圧	400V
定格電流	38.1A	絶縁種別	F
製造者	ABB	製造年月日	2015
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500Vメガ	
	製造番号(型式)	YOKOGAWA MY40-01	
	校正日	2017.8	
環境	天候	雨	
	温度(℃)	22.9℃	
	湿度(%)	48%	
No.1 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
No.2 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
No.3 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
判定値 1MΩ以上			

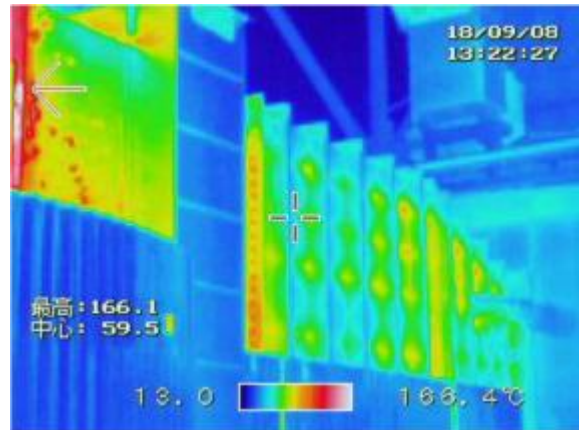
No.1 発電機冷却ファン

◆電動機 絶縁抵抗測定			
記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Thilawa 発電所		
対象機器	#2GT 発電機冷却ファン		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式	-	容量	22kW
極数	2	製造番号	-
回転数	2956rpm	定格電圧	400V
定格電流	38.1A	絶縁種別	F
製造者	ABB	製造年月日	2015
測定結果			
測定年月日		2018年 9月 7日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500Vメガ	
	製造番号(型式)	YOKOGAWA MY40-01	
	校正日	2017.8	
環境	天候	雨	
	温度(℃)	22.8℃	
	湿度(%)	49%	
No.1 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
No.2 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
No.3 ファン 測定値	MΩ	2000 MΩ以上	
判定値 1MΩ以上			

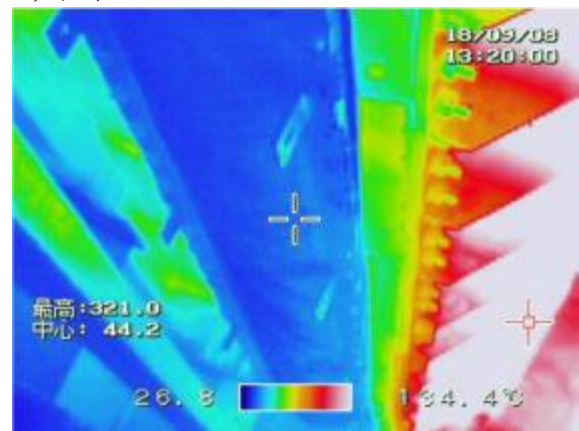
No.2 発電機冷却ファン

○ 漏洩検査結果

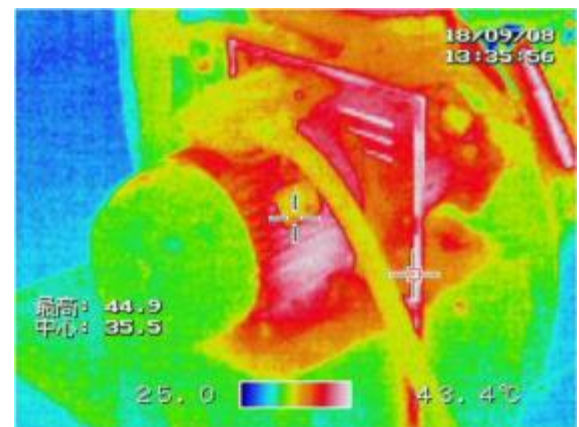
サーモグラフィにて運転中機器（#2GT）のガス漏れ、機器の発熱等の有無確認を実施。確認結果異常なし。



#2GT 排ガスダクト



#2GT 煙突入口エキスパンション



#2GT 潤滑油ミストセパレータファン用電動機

ポータブルガス検知器により、NGステーションのガス漏れ診断を実施。
診断結果異常なし。



ガス漏洩診断風景

Ø ユニット性能診断

ガスタービンの熱効率は理論的には以下のように計算される。

$$\eta_G : \text{Thermal Efficiency of Gas Turbine} = \frac{3600}{\text{NG 発熱量 LHV[kJ/kg]} \times \text{NG 流量[kg/h]}} \times \text{GT 出力[kW]}$$

現時点での調査結果概要は以下の通り。(LHV、出力・効率：発電端、使用燃料：Yadana ガス)
※雨季により部分負荷であったため評価できなかった。(以下は部分負荷での値)

項目		設計(新)	実測(2018.9)	
運転モード		全負荷	部分負荷	
		#1GT:運転 #2GT:運転	#1GT:停止 #2GT:運転	
大気温度		30℃	31.4℃	
プラント出力	gross	60.5MW	14.7MW	
	net	60.1MW	-	
プラント効率	gross	31.3%	23.77%	
	net	31.1%	-	
ユニット		全体	#1	#2
GT出力		30.3MW/基	-	14.7MW
燃料消費量		7.97t/h (Zawtica)	-	7.0t/h (Yadana)

(4) 予知保全

a. データ採取状況

- 各種記録はログブックに記録して管理している。

b. 運転データの蓄積・分析

- 運転データについては、不具合チェックのため基準値と比較確認している。Senior shift

engineer が記録を確認し、異常の有無を判断している。

- EPGE の許可なしに運転データを持ち出すことはできないため、他発電所へ水平展開できていない。ただし、空気圧縮機運転データはメーカ(Atlas)とプラントマネージャーの携帯電話に送られている。

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

- 実績なし

d. その他、O & Mに係る関連情報

- MWh、燃料圧縮機の状態、変圧器温度、燃料ガス消費量のデータを中央制御室で監視できるようにしたい、また、#1,2GT の時計と変電所の時計とのずれを修正したいとの要望があった。
- 現状はプラントへの水供給がないが、将来的には水供給を受ける予定となっている。

添付資料 5

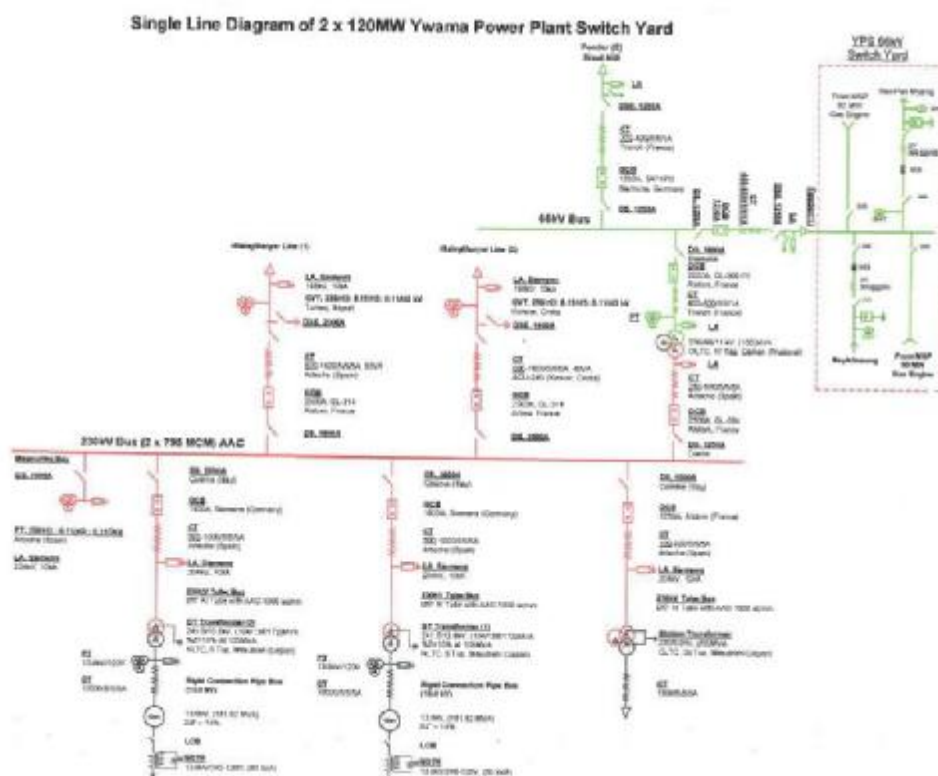
イワマ発電所 個別調査結果

■Ywama（第1次現地調査：2018.8.29～8.31、第2回現地調査：2018.12.6,12.7,12,10）

(1) 発電所と運営体制の概要

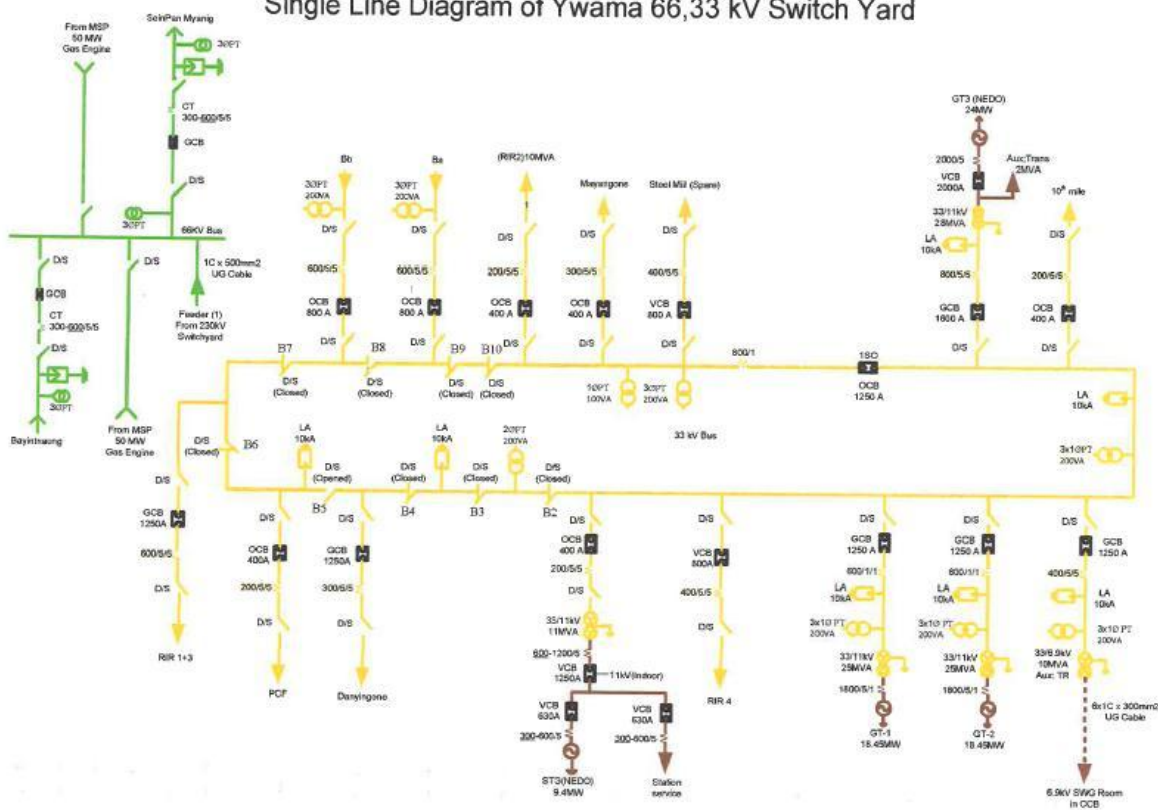
a. 発電所の概要

所在地	Ywama West Ward, Insein Township, Ywama Power Plant, Yangon, Myanmar
設備構成	GT(F5) 2基 シンプルサイクル GT(M701D) 2基 シンプルサイクル GT(H-25) 1-1-1 コンバインドサイクル
GT(F5) シンプルサイクル 2基	
設備容量	36.9MW
施工者	JBE
運転開始日	1980年
送電線接続	33kV 母線に接続 33kV ループ母線から各負荷へ配電
GT(M701D) シンプルサイクル 2基	
設備容量	240MW
施工者	MHPS
運転開始日	2014年
送電線接続	230kV BUS に接続 Hlalnghcharyar Line
GT(H-25) 1-1-1 CCGT	
設備容量	33.4 MW
施工者	MHPS
運転開始日	2004年
送電線接続	33kV 母線に接続 33kV ループ母線から各負荷へ配電



図： イワマ発電所単線結線図

Single Line Diagram of Ywama 66,33 kV Switch Yard



図： イワマ発電所単線結線図

機器仕様

GT(F5) シンプルサイクル 2基	
ガスタービン	
メーカー	: GE
型式	: Frame5
設計条件	: 大気温度 95F
出力	: 23210kW
熱効率/燃料消費量	:
燃料性状	: Yadana Gas
回転数	: 5094rpm
ガスタービン発電機	
メーカー	: BRUSH
型式	: BDAX 7084
出力	: 25000kVA
電圧	: 11kV
力率	: 0.8
回転数	: 3000rpm
主要変圧器	
メーカー	: YORKSHIRE ELECTRIC
型式	: Three Phase Power Transformer
容量	: 18.75/25 MVA
電圧	: 33/11 kV
冷却方式	: ONAN/ONAF

GT(M701D) シンプルサイクル 2基

ガスタービン

メーカー : MHPS
型式 : M701D
設計条件 : 大気温度 32.7℃
出力 : 120MW
熱効率／燃料消費量 :
燃料性状 : Yadana Gas
回転数 : 3000rpm

ガスタービン発電機

メーカー : 三菱電機
型式 : MB-H
出力 : 181820kVA
電圧 : 13.8kV
力率 : 0.85
回転数 : 3000rpm

主要変圧器

メーカー : Mitsubishi ELECTRIC
型式 : SRB Three Phase Shell type
容量 : 104/138/172 MVA
電圧 : 241.5/13.8 kV
冷却方式 : OA/FA/FA

GT(H-25) 1-1-1 CCGT

ガスタービン

メーカー : MHPS
型式 : H-25(28)
設計条件 : 大気温度 30℃
出力 : 24MW
回転数 : 7280rpm

ガスタービン発電機

メーカー : MEIDENSHA
型式 : EP-AIT
出力 : 28300kVA
電圧 : 11kV
力率 : 0.85
回転数 : 3000rpm

排熱回収ボイラ

メーカー : BABCOCK HITACHI K.K.
型式 : Single Pressure, Horizontal Gas Flow
蒸気流量 : 42.9 t/h
蒸気温度 : 469 °C
蒸気圧力 : 4.0 Mpa
バイパススタック : 無し

蒸気タービン

メーカー : Shin-Nippon Zoki
型式 : C6-R7-R

出力 : 9.4MW
 回転数 : 7778rpm
 蒸気温度 : 466 °C
 蒸気圧力 : 3.7MPa

ST 発電機

メーカー : MEIDENSHA
 型式 : EP-AFT
 出力 : 10,500kVA
 電圧 : 11kV
 力率 : 0.9
 回転数 : 1500rpm

主要変圧器

メーカー : FORTUNE ELECTRIC
 型式 : SRB Three Phase Core type
 容量 : 28 MVA
 電圧 : 33/11 kV
 冷却方式 : ONAF

復水器

メーカー : HITACHI
 型式 : 1_6241-CD-001
 冷却水流量 : 2060m3/h

冷却塔

容量 : 460,000kg/h
 冷却ファン台数 : 3台

燃料設備

1) 燃料ガス性状	メタン	:	69.8801mol%
(Yadana ガス)	エタン	:	1.0106mol%
	プロパン	:	0.1694mol%
	i-ブタン	:	0.0184mol%
	n-ブタン	:	0.0279mol%
	i-ペンタン	:	0.0065mol%
	n-ペンタン	:	0.0037mol%
	NEO-ペンタン	:	0.0214mol%
	HEXANE AND HEAVIER	:	0.0211mol%
	CO ₂	:	4.1294mol%
	N ₂	:	24.727mol%
	H ₂ S	:	0.0021mol%
	H ₂ O	:	0.0011mol%
(Zawtika ガス)	メタン	:	91.786mol%
	エタン	:	0.401mol%
	プロパン	:	0.111mol%
	i-ブタン	:	0.035mol%
	n-ブタン	:	0.021mol%
	i-ペンタン	:	0.01mol%
	n-ペンタン	:	0.007mol%
	HEXANE AND HEAVIER	:	0.031mol%
	N ₂	:	7.531mol%

2) 送出条件

ガスステーション	最高温度	: 45°C
	最低温度	: 22°C
	最高圧力	: 35barg
	最低圧力	: 27barg
	最大流量	: 54,000Nm ³ /h

GT入口	最高温度	: 45°C
	最低温度	: 20°C
	最高圧力	: 30barg
	最低圧力	: 18barg
	最大流量	: 18,000Nm ³ /h

b. 発電所のレイアウト

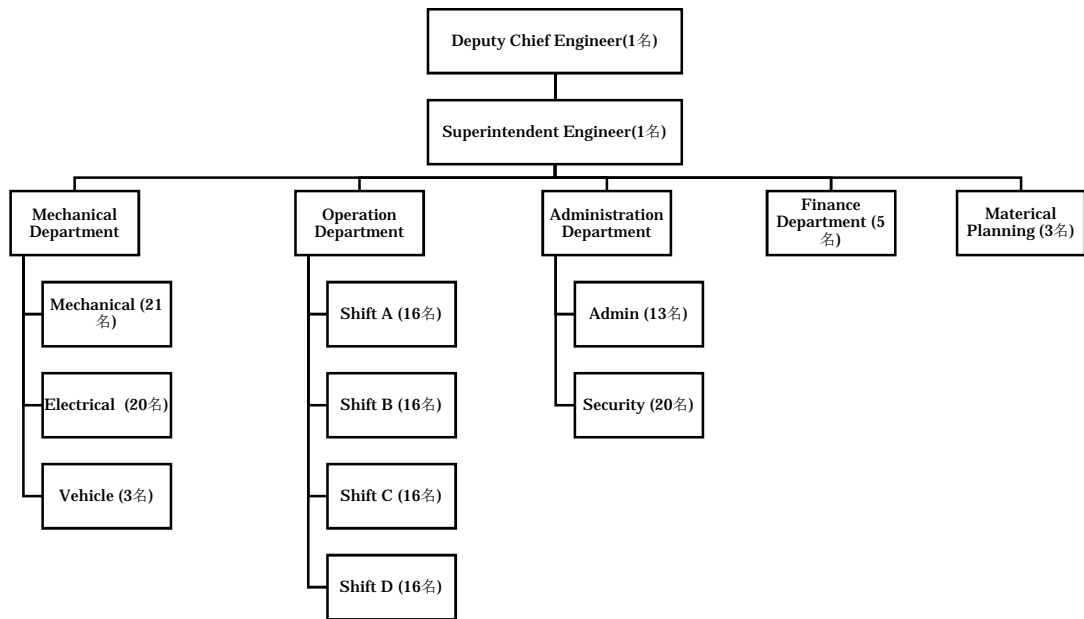
- ・水質、潤滑油、制御油、燃料管理等に伴う化学分析室は設置されていない。
- ・環境管理用の分析装置等は設置されておらず、管理基準もない。



図：イワマ発電所構内配置図

c. 発電所組織、教育体制

- ・職員数は、所長以下 151 名である。
- ・転入者、新規配属者には、OJT を実施。その他の研修はなし。
- ・エンジニアはシニアエンジニアの下、OJT を実施している。



図：イワマ発電所組織図

d. O & Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

マニュアル等はない。

e. 部品等の資機材調達手続き

- ・必要な物品については、発電所の調達部門が EPGE（Material department）にリストを提出して要求する。
- ・材料を調達したいときは、直接 MD へ要望書を提出する。

(2) 日常運営

a. 運営体制

- ・2シフト4班制で運営している。（16人/シフト）その内、4名は Watcher と呼ばれる日雇い労働者で、役職者の指示により、計器の監視等を行う。引継ぎはログブックを使用している。ログブックには引継ぎ者名、LDC からの指令、発電機 H2 圧力等を記載する。
- ・運転員は定期的に点検（記録採取、計器確認含）を実施している。基本的には、現地の記録採取が目的であり、機器の健全性確認のための時間は取られていない。点検1回の所要時間は20分程度である。
- ・保修部門は朝と夕方の2回点検を実施する。
- ・日常点検に使う計器は所有している。（テスター、メガー、サーモガン、振動測定装置、ガス検出器）



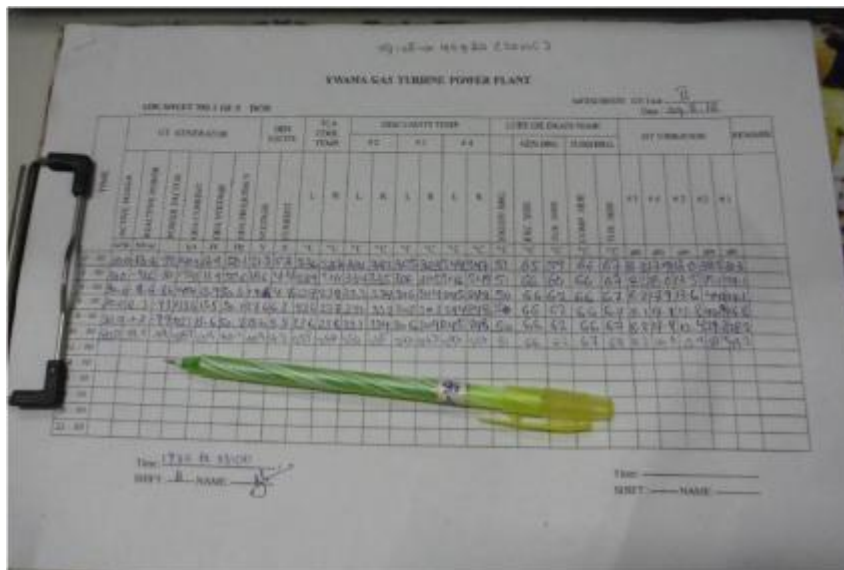
図：ログブック



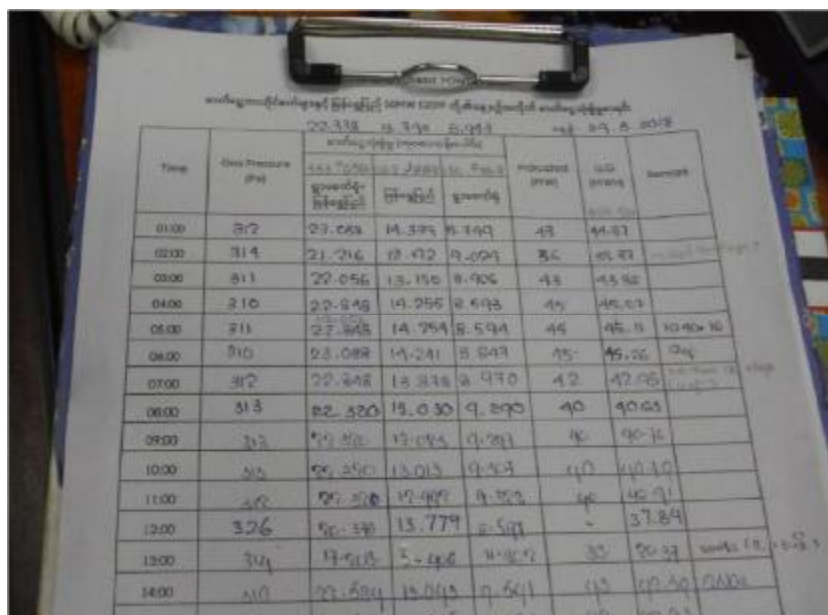
図：点検記録

b. 発電に係る定量的記録

- MW とガス使用量のみ Hlawga 発電所に報告しており、その報告時にエクセルに入力している。Hlawga 発電所は各発電所のデータを集約し、毎朝 EPGE に報告している。
- ガス使用量は MOGE (Minty of Gas and Energy) から電話にて通知される。発電所としては、設置されているガスメーター（一台）で把握する方法しかない。
- 熱効率については算出し、記録している。（熱効率データの活用はしていない）



図：1 時間毎の発電記録



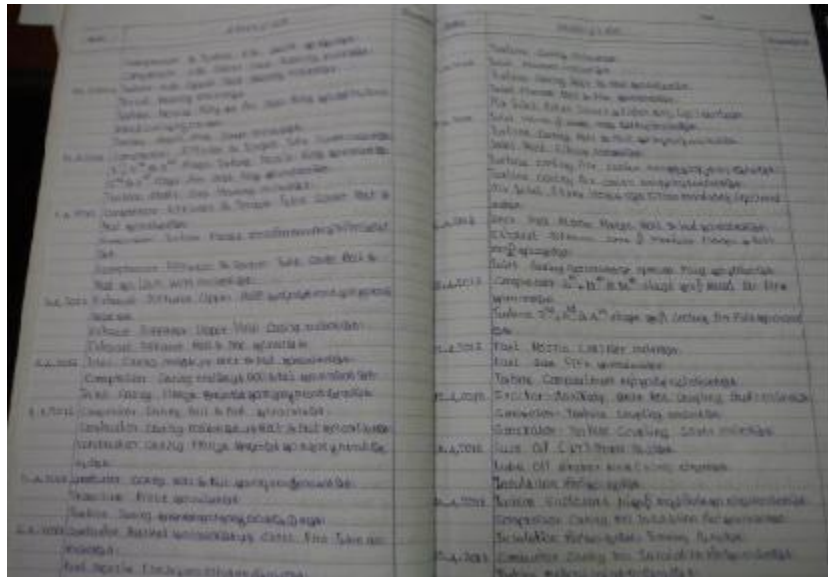
図：ガス使用量に関する記録

c. O & Mの実施状況の記録

- 現場計器は1時間毎に記録している。（一部記録していないデータ有） 採取した記録を 予知保全等へ活用していない。しかし、記録した値が急増や急減しているかは確認しており、異常が認められた際は、機器を点検する。
- グラフ化などは殆ど行っていない。
- 懸念事項は運転ログブックに記載して、引き継ぎを実施している。
- 記録は、一日の終わりに Shift Chief Engineer が確認し Operation Department に提出する。また、Operation Department でもチェックを行なう。不具合が確認されれば、Maintenance Department に連絡する。
- 日々の点検で見つかった損傷事項に関しては、メンテナンスログブックに記載してい

る。

- ・不具合箇所については、保修部門およびプラントマネージャーに報告している。
- ・補修記録も手書きでメンテナンスログブックに記載している。ただし、基本的に事象、対応した事実のみの記録で、詳細な修繕方法は記載されていない。



図： メンテナンス記録

- ・記録類は永久保管としている。
- ・メンテナンスに必要な部品の調達には EPGE が特命で Ethos に発注している。
- ・冷却水や純水のメンテナンス記録は 10 年分保存している。(清掃のみ実施) 隣接するタイヤ会社が管理し、保有している。

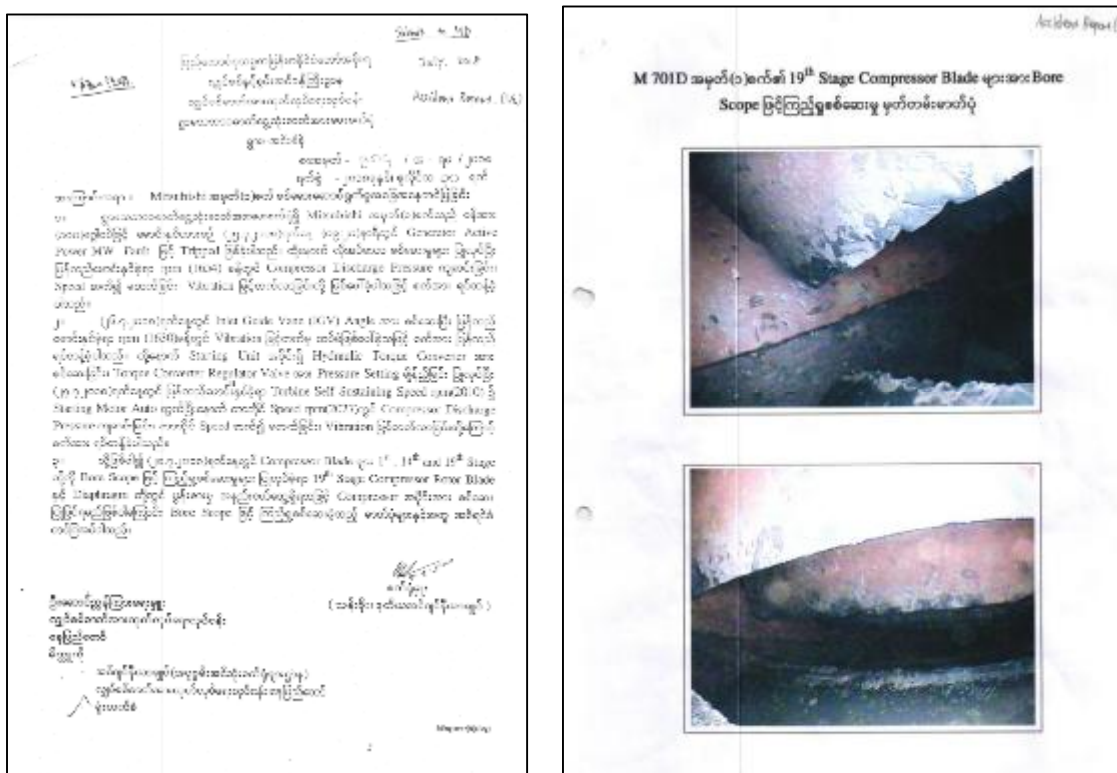
d. スペアパーツの管理

- ・構内に複数の倉庫があり、スペアパーツを保管している。室内ではあるが、温度や湿度の制御はない。防錆処理は特にしておらず、出荷時の状態である。
- ・管理は Material Planning 部門に所属している 3 人の倉庫管理人が行なっている。ただし、毎月の目視点検 (品質と数量管理) のみで、管理システム等は導入されていない。
- ・部品ごとに保管箇所は決まっていない。
- ・スペアパーツ受領後は、中身を確認し、定期的に管理票を更新するのみである。
- ・購入は、必要な部品の種類と数量について、発電所が EPGE に申請する。なお、制御装置のスペアパーツはない。
- ・スペアパーツの使用は EPGE が判断する。他所のスペアパーツを使用する際は EPGE の承認が必要。
- ・HGPP (Hot Gas Path Parts) は寿命管理をしていないので、部品の状態をみて交換する。基本的に交換のみで修理はしない。予算に余裕があれば、EPGE の判断で補修する場合もある。(2018 年 12 月 701D No.1 号の燃焼器、翼の取替えは補修品を使用している) 修理した際はスペアパーツリストに修理した旨を記載している。また、シリアルナンバーによる管理は行なっていない。

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- ・巡回点検時に不具合を発見すると、運転員はシニアエンジニアに報告、シニアエンジニアはメンテナンス部門のマネージャと発電所マネージャに報告する。
- ・緊急を要する場合は、EPGE チーフエンジニアを要請する。
- ・不具合分析を行なう人は、必要に応じて所長が任命する。
- ・トリップや警報発信時は OEM のマニュアルを参照し、経験に基づき対応する。OMM (Operation & Maintenance Manual) は全所員が閲覧可能である。
- ・異常発生後、プラント再起動は所長の判断で行なう。

- ・不具合発生時でも、発電所から OEM に連絡はしない。(EPGE に禁止されている)
- ・事故速報は EPGE に提出し、保存もしている。ただし、管理するシステムはない。



図：事故報告書

f. 環境管理の実施状況

実施していない。

g. 発電所の入構管理の実施状況

- ・訪問者の管理は Visitor Card と記録表にて管理している。また、職員は従業員カードをもっており、それにより正門のところで確認している。
- ・定期点検の際であっても、最大来場者数は 30 名程度である。(701D#1 実績)
- ・管理システムはない。



図：セキュリティーカード

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- ・定期保守の項目については、EPGE（チーフエンジニアオフィス）が発電所と調整しつつ、決定する。チーフエンジニアはMDへ報告、MDの承認をもって停電作業が決定する。
- ・発電所はEPGEに定期点検の期間や日程を連絡し、EPGEは電力需要と予算をもって最終的な定期点検の実施時期を決定する。（Frame 5の定検工期45日は発電所にて決定した）
- ・点検周期については、GTはOEM推奨、HRSGは1年1回、GENはGTのMI(Major Inspection)と定めている。
- ・保守計画立案にあたり参考にする、不具合管理票等の記録は存在しない。
- ・将来のリハビリ等の修理作業はFrame5及びH25GTについて、世界銀行の計画があるが、EPGEでのみ把握している。
- ・部品購入時、0.3Mチャット以上はEPGEに予算を申請する。

b. 定期点検等の実施状況、実施頻度、実施手法

- ・EPGEが必要な人員を発電所の要求に応じて確保する。また、クレーン等の重機及びそれらの運転手が必要な場合もEPGEに要求する。
- ・ほとんどの点検、検査は他の発電所も含めたEPGEのメンバーで行う。ただし、直営で行えない工事等は外注している。（外注するのは、特殊工具が必要な場合と技術的に困難な場合のみ）初めての機器でも、メーカーがクリアランス等の管理値を開示するので、基本的にはEPGEのメンバーで実施する。現在実施している701Dは、夏までに完了させる必要があり、Ethosにて実施している。
- ・Frame5 GTの定期点検は、直営で実施している。他の発電所から10人の作業員が応援に来て、イワマの40人の作業員と協業している。作業員は、Skilled Workerと呼ばれる専門の職員で、多くは20年程度の業務経験を有している。
- ・GT燃焼器など機械系部品の点検結果に基づく対応については、EPGEのDeputi Chief Engineerを兼務するHlawga所長が判断する。イワマ、アーロンの所長もEPGE Deputi Chief Engineerを兼務しており、それぞれ送変電、電気設備の点検結果については、対応を判断している。
- ・点検記録の電子化は行っていない。
- ・必要な部品については、発電所からレターを発行し、EPGEに要求する。
- ・工具については発電所が用意しているが、Frame 6については、2010年にGEが、2016年にEthosがそれぞれ特殊工具を供給、現在発電所にて保管している。2016年の制御システムの交換では、GEが特殊工具を供給（特殊工具費用はメンテナンス費に含む）
- ・部品の修理については、EPGEは毎年定期的に修繕について入札を募集している。
- ・現地調査時、H-25の定期点検の実施状況を確認した。定期点検において、寸法・間隙管理や高温部品の磨耗寸法検査などは実施しておらず、高温部品の取替有無についてはHlawga所長の判断で決まる。また、安全管理もされておらず、危険作業も見受けられる。
- ・定検にて不具合が見つかった際は、EPGEに報告する。



図：定期点検実施状況

c. 継続的な改善への取組

- ・定期点検後、発電所が報告書を EPGE に提出し、EPGE がその内容を基に、次回の範囲等を検討する。

d. 機器設備の状況

(a) 現場点検により認められた不具合

No	M701D 共通不具合
1	油系統ベロズリミットロッドなし
2	潤滑油冷却器フィン変形
3	起動装置廻り油にじみ



M701D 共通 No.1



M701D 共通 No.2



M701D 共通 No.3

No	M701D #1GT 不具合
1	現地盤に足場材立て掛け
2	発電機用冷却水用クーラファンモーター取外し
3	煙突外装板剥れ
4	潤滑油蔵クーラフランジ部油にじみ有り
5	TCA (A ラック) 保温外れ
6	吸気フィルタエレメント飛散
7	圧縮機翼損傷



M701D#1GT No.1



M701D#1GT No.2



M701D#1GT No.3



M701D#1GT No.4



M701D#1GT No.5



M701D#1GT No.6

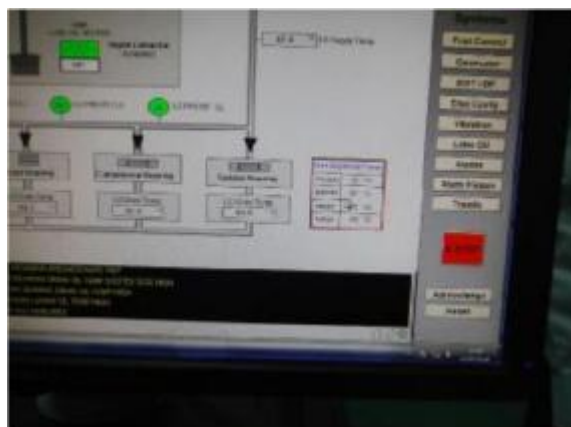


M701D#1GT No.7

No	M701D #2GT 不具合
1	ガスしゃ断弁グランド漏れ
2	GEN 軸受温度上昇 (負荷制限)



M701D#2GT No.1



M701D#2GT No.2

No	F5 共通不具合
1	ガスステーションガス検知器損傷
2	エンクロージャー腐食大



F5 共通 No.2



F5 共通 No.2

No	F5 #2GT 不具合
1	起動装置廻り油にじみ
2	基礎廻り油にじみ



F5#2GT No.1



F5#2GT 共通 No.2

No	H25 共通不具合
1	復水ポンプ出口弁駆動装置浸水
2	循環水ポンプグランド腐食
3	冷却塔コンクリート劣化大
4	ケーブルラック腐食大
5	ガスステーションガス検知器損傷
6	計器不具合



H25 共通 No.1



H25 共通 No.2



H25 共通 No.3



H25 共通 No.4



H25 共通 No.5



H25 共通 No.6

No	H25GT 不具合
1	起動装置廻り油にじみ
2	計器類一部取外し



H25GT No.1



H25 GT No.2

No	H25 ST 不具合
1	ST 減速機 軸受より油にじみ



H25 ST No.1

(b)簡易診断による劣化位置及び程度の特

Ø ガス漏測定結果

NG ガスステーションにてガス漏れ箇所あり。



ガス漏測定風景



ガス漏測定

Ø 温度測定結果

エキスパンション等に排ガス漏れによる温度上昇あり。

○ 振動測定結果

Frame5 振動測定を実施した。結果、振動値に異常は認められなかった。

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ywama 発電所		
対象機器	F5 #1GT #1軸受		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	Frame5	容量	18.45MW
回転数	5094rpm	製造番号	-
モータ定格電流	-	モータ定格電圧	-
製造者	GE	製造年月日	-
測定結果			
測定年月日		2018年 8月 30日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイプレッションライザ VA-10 00280204	
#1軸受台	V	22 μm	
	H	18 μm	
	A	100 μm	
振動管理基準(JIAC 3704) : 130μm p-p			

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ywama 発電所		
対象機器	M701D #2GT #2軸受		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	M701D	容量	120MW
回転数	3000rpm	製造番号	-
モータ定格電流	-	モータ定格電圧	-
製造者	MHPS	製造年月日	-
測定結果			
測定年月日		2018年 8月 30日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイプレッションライザ VA-10 00280204	
#2軸受台	V	65 μm	
	H	35 μm	
	A	30 μm	
振動管理基準(JIAC 3704) : 130μm p-p			

◆振動測定			
記録名称	振動測定		
発電所	Ywama 発電所		
対象機器	M701D #2GT 主油タンク排気ファン		
測定者	MHPS 平岡 利幸		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
機器仕様			
型式	縦型 ファン	容量	-
回転数	-	製造番号	-
モータ定格電流	-	モータ定格電圧	-
製造者	-	製造年月日	-
測定結果			
測定年月日		2018年 8月 30日	
測定器具	種類	ポータブル振動計	
	製造番号	リオン㈱ ハイプレッションライザ VA-10 00280204	
モータ上部軸受	V	40 μm	
	H	52 μm	
	A	15 μm	
モータ下部軸受	V	40 μm	
	H	29 μm	
	A	36 μm	
振動管理基準(JIS B8330) : 100μm			



振動測定風景

○ 電動機電流測定結果

主油タンク換気ファンにて測定実施。異常なし。

◆電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定		
発電所	Ywama 発電所		
対象機器	M701D #2GT 主油タンク排気ファン		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式	-	容量	-
極数	-	製造番号	-
回転数	-	定格電圧	-
定格電流	-	絶縁種別	-
製造者	-	製造年月日	-
測定結果			
測定年月日		2018年 8月 30日	
測定器具	種類	-	
	製造番号	-	
測定値 (A)	A相	1.0 A	
	B相	1.1 A	
	C相	1.2 A	



電流測定風景

○ 絶縁抵抗測定結果

換気ファンにて絶縁抵抗測定を実施。異常なし。

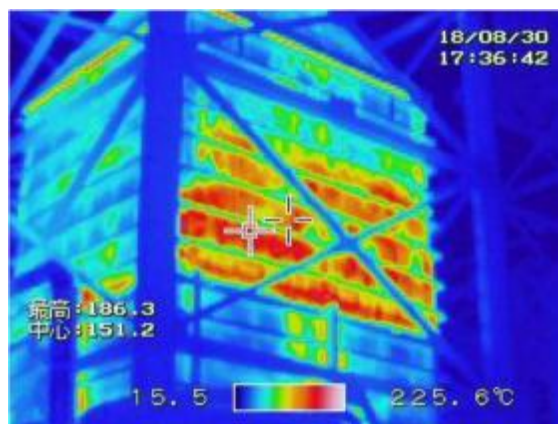
◆電動機 絶縁抵抗測定			
記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Ywama 発電所		
対象機器	M701D #1GT C-PACKAGE 換気ファン		
測定者	関西電力 佐藤 亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎 敬祐		
電動機仕様			
型式	-	容量	-
極数	-	製造番号	-
回転数	-	定格電圧	-
定格電流	-	絶縁種別	-
製造者	-	製造年月日	-
測定結果			
測定年月日		2018年 月 日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500Vメガ	
	製造番号	-	
環境	天候	曇り	
	温度 (°C)	-	
	湿度 (%)	-	
測定値	MΩ	223 MΩ	
判定値 1MΩ以上			



絶縁抵抗測定風景

○ 漏洩検査結果

サーモグラフィにて運転中機器（GT, HRSG）のガス漏れ、蒸気漏れ、機器の発熱等の確認を実施。



M701D #2GT 排気ダクト温度上昇



F5-#2GT 排気ダクト温度上昇

(4) 予知保全

a. データ採取状況

- ・発電量等の発電実績に関する主要項目だけでなく、運転状態に関する値（ディスクキャビテーションテイ、振動、各油温度、ブレードパス温度、排気温度、ガス使用量等、CWP 運転状態、変圧器油・巻線温度等）も記録している。
- ・各値はログシートに記録して管理している。

図： 1時間毎の運転状況記録

図： 点検時記録状況

b. 運転データの蓄積・分析

- ・ 運転データの分析は実施していない。運転データは3ヶ月間制御システムに蓄積される。
- ・ CSVで運転データを格納できるが、使用していない。

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

- ・ 実施していない。

d. その他、O&Mに係る関連情報

(a) 運転保守方法

- ・ 発電所の出力はLDCからの指示に従う。出力が目標値未達の場合は、都度LDCに連絡する。発電効率の目標値はない。
- ・ 年間の運転計画は、定検時期を年初にEPGEに申請して、決定する。
- ・ OEMに部品を発注する際は、図面・仕様書・写真等を送付している。
- ・ 制御機器の更新計画などはない。制御装置は定検にあわせて、清掃とループチェックを実施している。

- ・ボイラドラムやクーリングタワー等に定期的に薬品注入することで水質管理を行なっている。

Dossing Chemicals. Ywama.

Sr.	Name	Required Qty. for 1, month	Required Qty. for 6, months	Required Qty. for 1, year	Remarks
1.	Boiler Drum Tri Sodium Phosphate (Na ₃ PO ₄)	60 kg	360 kg	720 kg	
2.	Condensate and Feed Water Line				
(a)	Ammonium Hydroxide (NH ₄ OH)	125 kg	750 kg	1500 kg	
(b)	Hydrazine Hydrate (N ₂ H ₄ ·H ₂ O)	40 kg	240 kg	480 kg	
3.	Cooling Tower				
(a)	Sodium Hypochlorite (NaOCl)	450 kg	2700 kg	5400 kg	Cooling Tower & Demineralizer used.
(b)	Phosphoric Acid (90% H ₃ PO ₄)	280 kg	1680 kg	3360 kg	
4.	Demineralizer				
(a)	50% Sulphuric Acid	200 kg	1200 kg	2400 kg	RO Membrane Cleaning Chemical Cartridge Filter Cleaning Chemical
(b)	Poly Aluminium Chloride	30 kg	180 kg	360 kg	
(c)	45% Sodium Hydroxide	100 kg	600 kg	1200 kg	
(d)	Citric Acid	-	-	200 kg	
(e)	Oxalic Acid	-	-	200 kg	
5.	Refilling and Calibration Chemical				
(a)	PH ₄ Buffer Solution	-	-	2 lit	
(b)	PH ₇ Buffer Solution	-	-	2 lit	
(c)	3.3 M Potassium Chloride	-	-	3 kg	

図：使用薬品一覧

(b)現地のニーズ

- ・701 GT 吸気フィルター差圧が中央制御室で監視できないこと、警報が他の警報との集合であることから、監視しにくく、発電所は改善を望んでいる。
- ・セキュリティのために監視カメラが導入されている。(701Dであれば、制御室と機器用に設置済)しかし、正門にはセキュリティカメラがないため、設置したい要望はある。(主にセキュリティ用、正門と発電所の裏側の川との間にあるフェンス付近に設置したいとのこと。裏側のフェンス付近では不審者の侵入防止用である。)
- ・通常、潤滑油分析はしていない。しかし、不具合発生時に分析した実績はある。分析はMOEEの試験機関にて実施。また、潤滑油は4~6年程度で全量更油している。
- ・水素ガス濃度が低下し、定期的に手動補給している。濃度確認は、運転員が確認し、引継ぎしている。(トレンドによる監視は実施していない)
- ・ポータブル計測器がないため、設置を希望している。

(c)その他

- ・Fr 5 GT#1, GT#2 現状も運用中である。2012年隣接するタイヤ工場の資金でHRSGが追設され、無償で蒸気を供給中である。必要ボリュームはGT1台運転で賄える。GT#1は2016年にMarkVIeに改造済み。
- ・運開時は、JBEのFrame5 GTが3台設置された。NEDOの補助のもと、丸紅がEPCを務め、1台のFrame5がH-25 GTに取り替えられ、2004年、CCGTとして運開した。2009年タービン一段静翼が損傷し、停止。2013年リハビリを実施。日立製作所は、GT冷却系等の錆びを徹底的に清掃するように指導するも、発電所は予算不足などにより、実施できなかった。2014年二段動翼の冷却系統が錆びで閉塞し、焼損。以降は、GT/ST共に長期保管中である。ただし、長期保管管理は実施していない。
- ・701DのGT#1で2018年2月圧縮機サージ事故発生。発電所にて対応し復旧したが、

2018年7月26日にサージが再発し、その後停止した。吸気フィルター差圧大に関わらず運転を継続し、エレメントが一部飛散したこと、バイパスドアが若干開いた状態で運転継続し、ダストを吸引したことにより、圧縮機が損傷したと考えられる。GT#2はベースロードで運転中であり、制御装置はEthos製に改造済みである。

- Frame5,H25のGT他を撤去し、新設プラントを世界銀行の支援により建設する計画がある。
- 2008年、サイクロンNargisにより、多くの資料を紛失した。ヤンゴンの発電所は同様の被害を受けた。
- 安全教育を行っていないが、災害は起きていないとのこと。
- OEMとのLTSA/LTPM契約の実績や計画はない。
- 運転は基本直営で実施、日常点検は直営で実施、特定の構内業者はいない。
- サイバーセキュリティやデータ取扱いに関して、法律や社内ルールはない。
- 現場担当者(オペレータ含む、想定ユーザー)のICTスキルとしては、エクセルが使用できる程度である。

添付資料 6

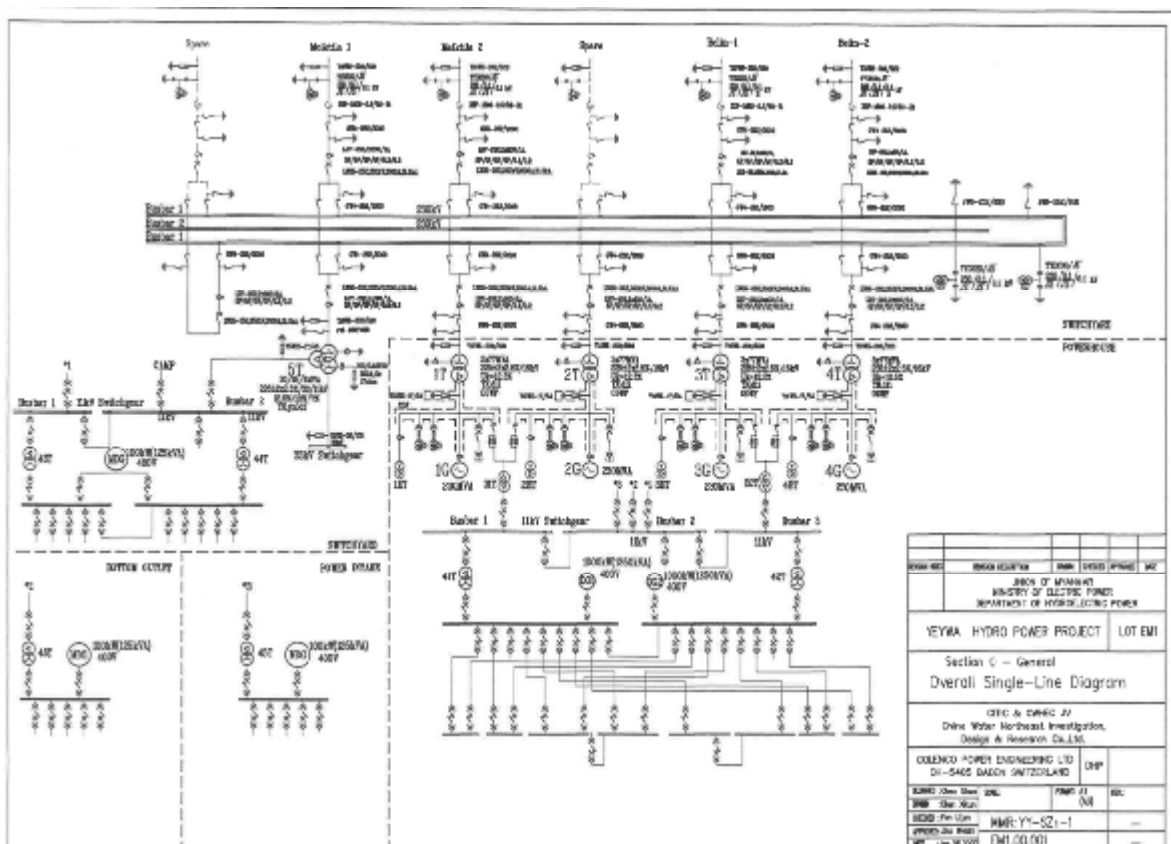
イエイワ発電所 個別調査結果

■Yeywa（第1次現地調査：2018.8.23, 8.24、第2回現地調査：2018.12.8）

(1) 発電所と運営体制の概要

a. 発電所の概要

所在地	Yeyemen Village, Kyaukse Township, Mandalay Division, Myanmar
設備構成	タービン4機 ダム式
設備容量	3550 GWh (公称年間発電量)
施工者	Electromechanical: CITIC & CCYW Hydraulic Steel Structures: CITIC & CCYW、CNEEC Transmission Lines & S/S: CHMC
運転開始日	2010年
送電線接続	230kV に接続 Belin, Meiktila Line に送電
最大発電量	780[MWh]@Sep.2014
年間発電量 (公称/実績@2017)	3550[GWh] / 2581[GWh]
年間運転時間	18151 時間(2017 年実績)
発電方式	ダム式
集水地域	2,780,00m ³
河川名	Myitnge River
最大使用水量	840m ³ /s
ダム/せき	RCC dam (Length/Height=690/132m)
有効水頭	91m



図：イエイワ発電所単線結線図

機器仕様

タービン	
タービン型	: フランシス水車
メーカー	: SINOHYDRO
機種	: HLV180-LJ-492
タービンサイズ	: 49.20 dm
回転速度	: 142.86rpm
定格放水量	: 213.7m ³ / s
回転（上から見て）	: 時計回り
定格水頭	: 91.7 m
最小水頭	: 69.0m
最大水頭	: 106.3m
定格出力	: 178.5 MW
最大出力	: 199.4MW
瞬間最大出力	: 219.4 MW
最大取水位	: 196.5m
最大放水位	: 95.8m
発電機	
メーカー	: SINOHYDRO
型式	: 1DH7951-3WE21-Z
定格出力	: 230 MVA
最大出力	: 255 MVA
定格電圧	: 16 kV
力率	: 0.85
定格電流	: 8299 A
周波数	: 50 Hz
定格回転数	: 142.9 rpm
オーバースピード	: 285.0 rpm
設置標高（海拔）	: 84.36 m
定格励磁電流（IFN）	: 2444 A
無負荷励磁電流（IF0）	: 1380 A
定格励振電圧	: 130°C(at 234 V)
励起のタイプ	: 静止励磁
定格出力での最大巻線温度	: 固定子/回転子 80/90°C
最大出力での最大巻線温度	: 固定子/回転子 100/115°C

b. 発電所のレイアウト

- ・潤滑油の分析は、発電所で実施している。



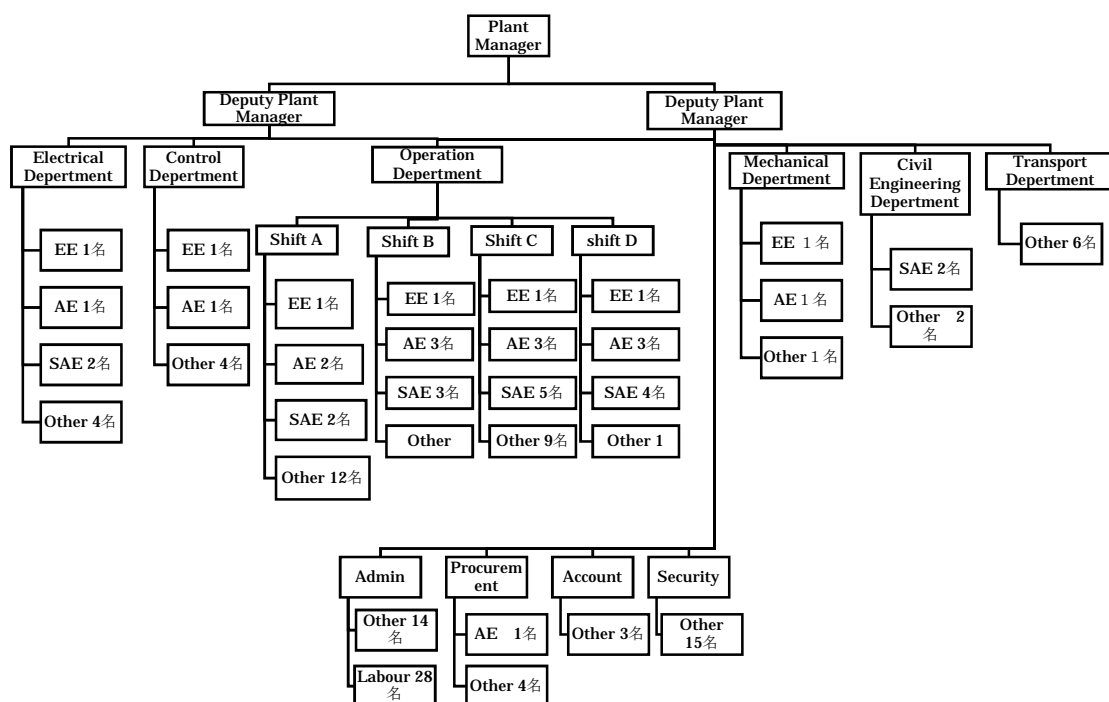
図：イエイワ発電所構内配置図

c. 発電所組織、教育体制

- ・職員数は全 148 人
- ・2 交代 4 班制で運営している。(一班あたり 17 人程度、7:00～17:00：昼勤、17:00～7:00：夜勤)
- ・タービン発電機制御盤（現地）の値、1 時間データを採取しているメンバーも運転員に含まれている為、運転員が多い。
- ・Procurement Department は予備品の管理、リストの作成を行い、購入等は行わない。また、Account Department は、発電所での購入後の手続きや、発電所の給与管理を行う。
- ・技術的な教育体制を以下に示す。なお、新入社員教育は Yeywa 発電所 Paunglaung および Baluchaung 2 号で、安全研修は EPGE 主催でそれぞれ実施している。

表：教育状況

	yeywa 発電所の内部規程で定められているもの	EPGE 主催の教育	その他
運転員	毎年 1 回トレーニング（ライセンスはなし）	—	—
エンジニア	中国で 1 年間のトレーニング	2～3 人を対象に 2～3 ヶ月間教育	発電所において、OJT



図：イエイワ発電所組織図

d. O&Mに係る内部規程等（マニュアル・運転管理値等）

- ・O&M に関するルールは、発電所独自で作成されている。ただし、保全基準等のマニュアル類はない。点検も設備メーカーのマニュアルに基づき実施している。また、オリジナルのマニュアル類はない。EPGE や LDC（Load Dispatch Center）とのやり取りについても、OJT によるものであり、規定している文書はない。

e. 部品等の資機材調達手続き

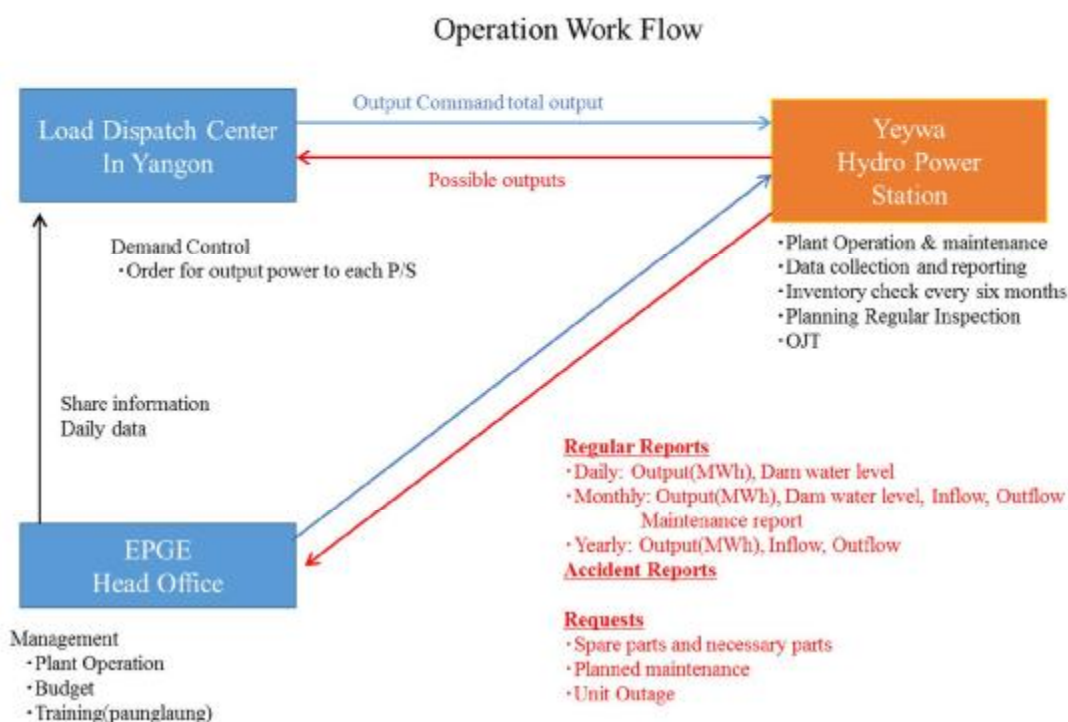
- ・機械部品調達は EPGE 本部が主として実施し、小規模なものは発電所で調達する。
- ・発電所所長の裁量で手配できる部品等の資機材は 200\$/回であり所長決裁である。200\$/回

以上は EPGE 本部に予算要求を行い、EPGE (Procurement Department) がテNDER選定を行う。ただし、所長決裁の場合も購入前に EPGE への連絡が必要になる。連絡は、部品を必要とする部門 (電気、機械) がレターを作成、所長のサインをつけて EPGE へ送付することで行なっている。また、ローカルマーケットで購入した場合、予算書 (P/S Account) を EPGE の Account へ送付すると、購入費用が支給される。

(2) 日常運営

a. 運営体制

- ・ 運転状態としては、昼間はフルロード運転、夜中は出力制限が基本である。夜間、停止する Unit もある。
- ・ 負荷変動させる際に LDC より連絡がある。LDC の要求負荷に応えられない場合は、可能出力を連絡し、調整する。LDC からは発電所のトータル出力 (MW) のみの指令で、ユニット毎の分担は、基本的に Shift Chief Engineer が決定する。(場合によっては、Plant Manager が決定することもある) トータル出力さえ満足すれば、ユニットの起動停止にあたり、LDC の許可は不要である。
例) 780MW 指令 ⇒ 4 台運転、550MW 指令 ⇒ 4 台 or 3 台 (1 台停止するかどうかは Shift Chief Engineer が判断する)
- ・ 毎日運転データを EPGE の GCC(Generation Control Center)へ電話報告する。(シフト制で 24 時間対応) 月報、年報も都度 EPGE に報告する。EPGE は発電所からの運転データを LDC に連絡し、情報共有している。
6AM : Water Level, Inflow, Outflow, Reserve Capacity
12PM : Total Generation(MWh)、各ユニット電力量

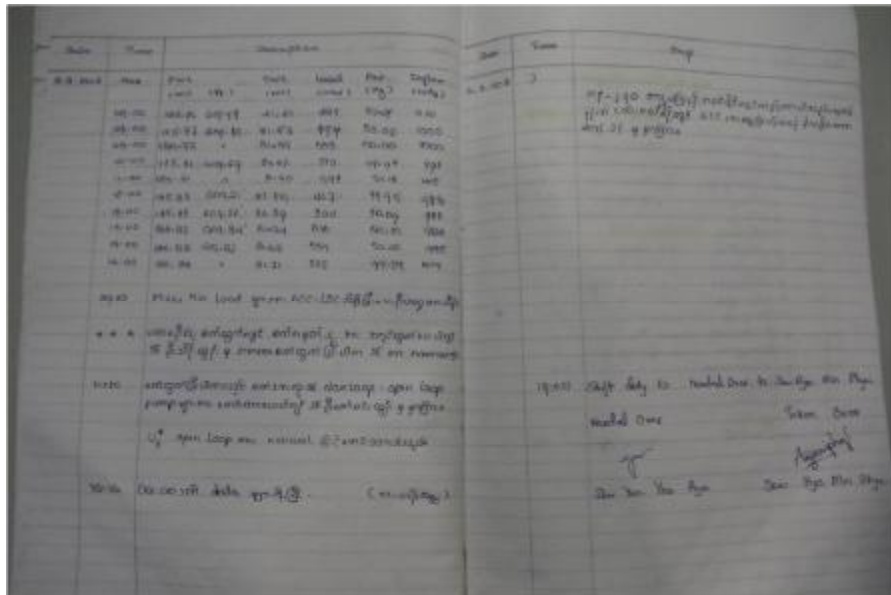


図：発電記録報告ルート

- ・ 2 交代 4 班制で運営している。(一班あたり 17 人程度、7:00~17:00 : 昼勤、 17:00~7:00 : 夜勤)
- ・ タービン発電機制御盤 (現地) の値、1 時間データを採取しているメンバーも運転員に含まれている為、運転員が多い。
- ・ 班間の情報伝達は Logbook にて実施している。
- ・ 日常点検に関しては、OEM を元に点検発電所単位で決定している。建設引き継ぎ後 1 年間、OEM(Shynohydro)による OJT を実施しており、最低限の知識は OJT 期間中に習得し

ている。

- ・巡回点検は、運転員が1時間毎に、Mechanical 部が1日3回、それぞれ実施する。
- ・メンテナンスエンジニアは温度、圧力などを確認、モニタで制御する。また、メンテナンスブックに各値を記録する。



図：班間の引継ぎ Logbook

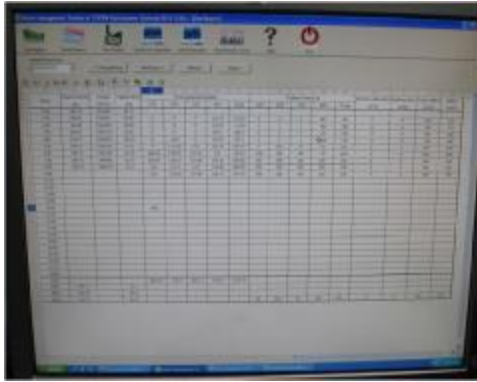
b. 発電に係る定量的記録

- ・日々の点検記録は手書きで採取している。一部重要なデータ(出力・水位等)はエクセル上でデータを保管している。また、毎月末日のダム水位を折れ線グラフで記録している。それ以外のデータは手書きで保管する。



図：月末毎のダム水位の推移

- ・各月の運転実績（水位、流入量、発電量）を管理、運開以降記録を保存している。
- ・ガバナパフォーマンステストを実施しているが、他国の技術者にて行われる。

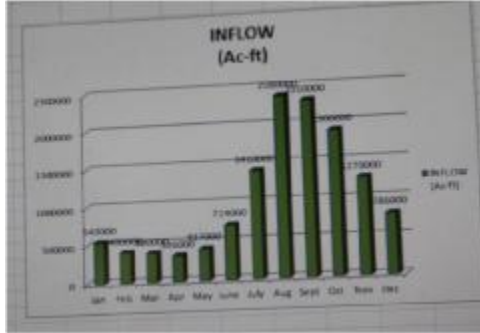


図：毎時の運転実績採取

(0.11 m) Today - 186.79 m (2200260Ac-ft)

Date	21.8.2018	22.8.2018
Dam Water Level (m)	187.05	186.85
Dam Storage (Ac-ft)	2215593	2205701
Spilling (Ac-ft)	46000	42200
In Flow (Ac-ft)	68400	72800
Out Flow (Ac-ft)	78300	78200
Total U.G (MWh)	70339.2	11533.40

図：毎日の運転実績（ホワイトボードで共有）



図：毎月の運転実績

HYDROPOWER PERIOD

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Jan	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Feb	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Mar	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Apr	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
May	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Jun	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Jul	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Aug	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Sep	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Oct	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Nov	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Dec	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Total	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000

図：運開以降の運転実績

c. O & Mの実施状況の記録

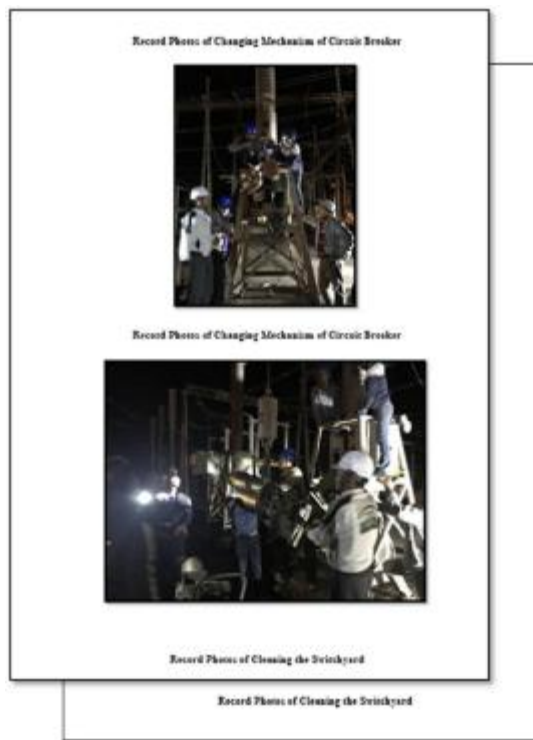
- ・引継ぎ日誌、記録採取については前述の通りである。
- ・大きな不具合修繕は、都度所員で報告書を作成して EPGE 本部に報告している。
- ・ダム水位監視装置は設置してあるが、データ収集のみでありダム運用（放流水の抑制）には活用していない。
- ・修繕記録は月ごとにレポートを作成している。また、CB 取替工事等の記録も保存している。

(Control) (Control) (Control)

- 38 Air Con (1) (Control)
- 39 Control Room (1) Lighting (Control)
- 40 Powerhouse Floor (5,6,7) Lighting (Control)
- 41 Powerhouse Floor (1,2,3) Lighting (Control)
- 42 Unit (4) Machine Circuit Breaker (C) Phase Gas Leakage (Control)
- 43 Unit (2) Head Cover Drainage Pump (Magnetic Contactor) (Control)
- 44 Unit (1,2,3,4) Main Transformer (Control)
- 45 Power Intake (Switchyard Panel) (Control)
- 46 Control Room (Air Con) (Service)
- 47 Floor(5) Ceiling Type Air Con (Service)
- 48 Unit (1) Main Transformer (3) Phase oil Oil Cooler (Control)
- 49 Unit (4) Touch Screen Computer (Control)
- 50 Passenger Elevator (Control)
- 51 Freight Elevator (Control)

Governor Compressor No(1) & No(2) use Compressor Oil (VG-150)

図：マンスリーレポート



図：CB 取替作業記録

d. スペアパーツの管理

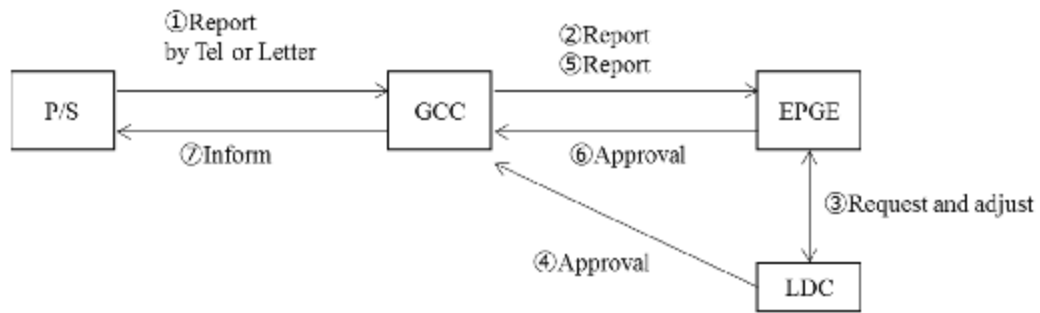
- スペアパーツは、倉庫に在庫カードとともに整理されており、6ヶ月毎に棚卸しを実施し、EPGE 本部に報告している。
- スペアパーツには機械部品（ベアリング等）や建設中に準備された部品があり、5名で毎日チェックする。
- コントロールシステムのスペアはない。



図：スペアパーツ保管状況

e. 事故・異常時の対応及びその記録

- 設備トラブル時対応は、設備メーカーが作成したマニュアルを用いて行なう。また、本部や対策本部、他発電所へ連絡する。
- 運転員の記録した温度・振動等に異常がある場合は製造元に運転員が連絡する。
- 不具合が発生すれば、運転員より保修課員に口頭で連絡され、保修課員直営で修繕が実施されている。（重要機器については、メーカーの指導により実施）
- 不具合が発生しユニット停止が必要となった場合は、P/S から GCC に報告、GCC から EPGE 本部に連絡、EPGE 本部が LDC に要求し、LDC が GCC に対して承認する。電話もしくはレターで報告し、要求する。緊急時には、P/S から GCC 若しくは LDC に直接連絡し、EPGE の事後承認を得る。P/S での連絡要否の判断は、機械・電気のメンテナンス責任者が判断する。休日、夜間もモバイル、トランシーバで対応する。



図：ユニット停止に関する承認ルート

f. 環境管理の実施状況

該当なし。

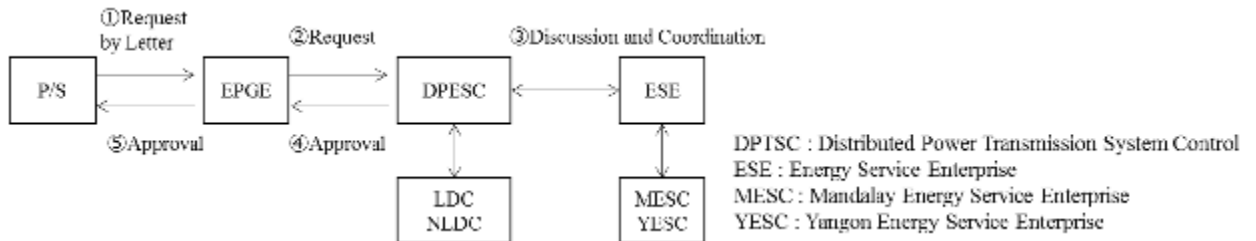
g. 発電所の入構管理の実施状況

入構者は、入構にあたり守衛室で受付し、入構証明カードを受領する必要がある。

(3) 定期保守

a. 保守計画の立案状況やその内容（範囲、保全周期、予算等）

- 翌年の補修計画を P/S にて作成している。この補修計画は P/S 内だけのものであり、プラントの計画停止が必要な場合は、別途、個別にレターで EPGE に要求する必要がある。
- EPGE は DPTSC (NLDC、LDC)、ESE、MESC、YESC と調整して承認を得る。関係箇所が多く、承認を得るのは容易ではない。



図：プラント計画停止に関する承認ルート

- 2010 年の運転開始であり、これまでに定期点検は実施されていない。
- 実施する補修内容は毎年 EPGE によって決定される。
- 設備点検基準は、メーカー推奨を基に計画している。発電所メンバーが OEM や過去のメーカー OJT(1 年)に基づいて作成している。他プラントへの水平展開等を行われていない。
- 点検に必要なメンバーは他発電所からの応援で賄っており、EPGE 内のメンバーで対応している。
- 年間の Yeywa 発電所のメンテナンス予算は US\$30,000 である。



Unit 1 不具合 No.2



Unit 1 不具合 No.3



Unit 1 不具合 No.3



Unit 1 不具合 No.4

No	Unit 3 不具合
1	建設時の装置組立て不良により#3unit 発電機スラスト軸受損傷による不具合



Unit 3 不具合 No.1

No	その他共通不具合
1	ダムからのスピルオーバー水による開閉所不具合
2	タービン建屋の空調の不具合



その他共通不具合 No.1



その他共通不具合 No.1



その他共通不具合 No.1



その他共通不具合 No.2



その他共通不具合 No.2



その他共通不具合 No.2

(b)簡易診断による劣化位置及び程度の特

Ø 振動測定結果

1号 B1 及び B2 冷却水クーラ用ポンプ、タービン発電機にて振動測定実施。B1の冷却水ポンプで管理値超過が確認された。

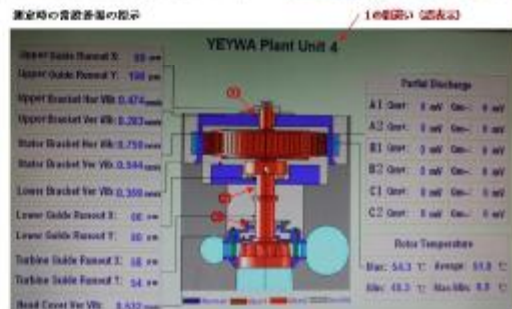
記録名称	振動測定			
発電所	Yeywa 発電所			
対象機器	#1unit B1冷却水ポンプ (クローズ)			
測定者	MHPS Apichart Nootprasert			
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐			
機器仕様				
型式	遠心ポンプ	容量	751 m ³ /h	
回転数	1,480 r/min	揚程	30 m	
モータ定格電流	-	モータ定格電圧	90 kW	
製造者	CHINA SHANGHAI KAIQUAN PUMP	製造年月日	2009-5	
測定結果				
測定年月日		2018年 8月 24日		
測定器具	種類	ポータブル振動計		
	製造番号	リオン興 バイブレーションメータ VA-10 00280204		
ポンプ (ファン) 軸受 フリー側	V	45 μm		
	H	25 μm		
	A	55 μm		
ポンプ (ファン) 軸受 モータ側	V	63 μm		
	H	62 μm		
	A	87 μm		
モータ軸受 カップリング側	V	31 μm		
	H	120 μm		
	A	59 μm		
モータ軸受 フリー側	V	43 μm		
	H	120 μm		
	A	51 μm		
※電動機過熱気味 (カップリング側軸受部温度: 52.3℃)、各部で振動管理値超過 振動管理基準 (JIS B 8301): 54 μm				

記録名称	振動測定			
発電所	Yeywa 発電所			
対象機器	#1unit B2冷却水ポンプ (オープン) 冷却水クーラ用ポンプ			
測定者	MHPS 桑原洋一 Apichart Nootprasert			
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐			
機器仕様				
型式	遠心ポンプ	容量	703 m ³ /h	
回転数	1,480 r/min	揚程	10 m	
モータ定格電流	-	モータ定格電圧	30 kW	
製造者	CHINA SHANGHAI KAIQUAN PUMP	製造年月日	2009-5	
測定結果				
測定年月日		2018年 8月 24日		
測定器具	種類	ポータブル振動計		
	製造番号	リオン興 バイブレーションメータ VA-10 00280204		
ポンプ (ファン) 軸受 フリー側	V	18 μm		
	H	24 μm		
	A	23 μm		
ポンプ (ファン) 軸受 モータ側	V	31 μm		
	H	34 μm		
	A	36 μm		
モータ軸受 カップリング側	V	35 μm		
	H	44 μm		
	A	29 μm		
モータ軸受 フリー側	V	19 μm		
	H	18 μm		
	A	41 μm		
振動管理基準 (JIS B 8301): 54 μm				

所属機関	関西電力		
発電所	Yeywa 鳥来山		
対象機器	冷却ポンプ電動機		
測定者	NTES 佐藤 亮・AphtonDevelopment		
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐		
対象仕様 (Yeywa)	対象仕様 (Yeywa)		
モーター	Y21230M-4	冷却ポンプ	Y21230M-4
型式	Y21230M-4	型式	Y21230M-4
定格電圧	400V	定格電圧	400V
定格電流	159A	定格電流	159A
定格出力	30kW	定格出力	30kW
		製造年	2009.4

測定年月日	2018年 8月 24日		
測定器具	種類	ポータブル製粉機	
	製造番号	リオン機 67779947-08-10 028004	
① 冷却機 上部軸受台	測定方向	水平半径方向	
	測定値	41.0 μs	
② 冷却機 下部軸受台	測定方向	水平半径方向	
	測定値	75.0 μs	
③ 水車軸受台	測定方向	水平半径方向	
	測定値	76.0 μs	

冷却水	流量	16.500	流量	16.500
	圧力	1.900	圧力	1.900
	電圧	400V	電圧	400V
	電流	159A	電流	159A
	回転数	1470rpm	回転数	1470rpm
	温度	40.0℃	温度	40.0℃



○ 電流測定結果
冷却水ポンプ電動機で実施。異常なし。

◆電動機 電流測定	電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定			
発電所	Yeywa 発電所			
対象機器	冷却水ポンプ(open)			
測定者	関西電力 佐藤 亮			
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐			
電動機仕様	型式	-	容量	30kW
	極数	2	製造番号	-
	回転数	1470rpm	定格電圧	400V
	定格電流	159A	絶縁種別	-
	製造者	-	製造年月日	2009.4
測定結果	測定年月日	2018年 8月 24日		
測定器具	種類	-		
	製造番号	-		
測定値 (A)	A相	48.6		
	B相	49.8		
	C相	49.2		

◆電動機 電流測定	電動機 電流測定			
記録名称	電動機 電流測定			
発電所	Yeywa 発電所			
対象機器	冷却水ポンプ(close)			
測定者	関西電力 佐藤 亮			
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐			
電動機仕様	型式	Y21230M-4	容量	30kW
	極数	2	製造番号	-
	回転数	1470rpm	定格電圧	400V
	定格電流	159A	絶縁種別	-
	製造者	-	製造年月日	2009.4
測定結果	測定年月日	2018年 8月 24日		
測定器具	種類	-		
	製造番号	-		
測定値 (A)	A相	145.3		
	B相	149.3		
	C相	148.3		

○ 絶縁抵抗測定結果
排水ポンプ電動機で実施。管理値超過なし。

◆絶縁抵抗測定			
記録名称	低圧電動機 絶縁抵抗測定		
発電所	Yeywa 発電所		
対象機器	排水ポンプ		
測定者	関西電力 佐藤亮		
確認(立会)者	関西電力 尾崎敬祐		
電動機仕様			
型式	-	容量	132kW
極数	4	製造番号	-
回転数	-	定格電圧	400V
定格電流	-	絶縁種別	-
製造者	-	製造年月日	2009年
測定結果			
測定年月日		2018年 8月 24日	
測定器具	種類	絶縁抵抗測定器 500Vメガ	
	製造番号	-	
環境	天候	曇り	
	温度(°C)	35.9	
	湿度(%)	61.3	
測定値	MΩ	1.2	
判定値 1MΩ以上			

排水ポンプ電動機



測定風景

(4) 予知保全

a. データ採取状況

日々の点検記録は手書きで採取している。一部重要なデータ(出力・水位等)はエクセルファイルにインプットしてデータ保管している。各月の運転実績(水位、流入量、発電量)は運開以降、記録を保存している。

b. 運転データの蓄積・分析

- ・日々の巡回点検、保修課員による点検データを活用した予知保全は実施していない。
- ・運転員は温度・振動などのパラメータに異常を発見すると、機械部門に報告する。

c. データ分析を踏まえた予知保全の過去の実績

実績なし。

d. その他、O&Mに係る関連情報


- ・基本的に全ての作業を直営で実施している。(GCB 交換も EPGE がシーメンスより購入し、直営で交換した。発電機等の点検も直営で実施する。) 外注するものとしては、建物の Chiller システム、エレベータ点検等がある。(Local manufacture と点検の契約済)
- ・発電所建設時に EPC と電力エネルギー省が協業し、技術習得に力を入れた。その際、クレーンの操作や玉掛けも習得した。ただし、免許制度は無い。また、スラスト工事で、中国人のオペレーターをバックアップとして、雇うことを EPGE に要求したが、総裁に却下された。
- ・博士号を持つ副大臣(Dr. タンネ、専門: 送電)が作成した電気設備のテキストを用いて、発電所のオペレーターが学習している。
- ・通信環境としては衛星通信装置がある。ただし、通信速度は非常に遅い。
- ・中央制御室での遠隔監視(タービン、発電機の振動)のニーズがある。
- ・冷却システムの導入ニーズがある。また、ローカル制御装置がある領域が高温環境のため、冷却システムの設置ニーズがある。
- ・OPS 予備がないため、予備品購入ニーズがある。
- ・EPGE の役割はメンテナンスと修理であり、運転指令(管理)は DPTSC が行っているため、EPGE の思うように発電ができない状態である。(水資源を有効活用のために Design curve に準じた運転を行ないたいが、送電系統の問題・IPP の稼働率保証(Take or Pay)があるため、EPGE として打つ手がない状況)


- ・ポータブル測定計器を保有しているものの、中国製であり、より信頼性の高い日本製の計器購入ニーズあり。(YOKOGAWA の名前があがり日本製に信頼をおいている様子)

モデル	名称
HZBB-10A	変圧器巻数比試験器
HZJQ-1B-2	変圧器油破壊電圧テスター(0~100kV)マッシュルーム型電極付、デスクトップ仕様
HZ-120kV/5m	巻線テスター(120kV/5mA DC)
HZJQ-10K	絶縁抵抗計 (10kV)
HZ-3110A	抵抗測定器

- ・潤滑油分析は実施している。潤滑油の試験は、MOEE 内の試験機関に依頼する。

Date : 11.6.2016				
Hydraulic Oil (L-HM-46) စက်မှုဆိုင်ရာ ဝန်ဆောင်မှုများကို ပေးသော အဖွဲ့အစည်း၏ ဝန်ဆောင်မှုများကို ဖော်ပြသော စာရွက်စာတမ်း Characteristics Value စာရွက်စာတမ်း				
NO.	CHARACTERISTICS	TEST METHOD	Hydraulic Oil (L-HM-46)	
			စက်မှုဆိုင်ရာ ဝန်ဆောင်မှုများကို ဖော်ပြသော Technical Data Sheet စာရွက်စာတမ်း Characteristics Value စာရွက်စာတမ်း	စက်မှုဆိုင်ရာ ဝန်ဆောင်မှုများ
1.	Appearance	Visual	-	Bright & Clear
2.	Specific Gravity @ 60/60°F	ASTM D-1298	-	0.8855
3.	Colour	ASTM D-1500	-	< 2.0
4.	Flash Point (COC) °C	ASTM D- 92	238	220
5.	Pour Point (°C)	ASTM D- 97	-35	<-24
6.	Kinematic Viscosity @90°C (cSt)	ASTM D- 445	46.0	45.3
7.	Kinematic Viscosity @100°C (cSt)	ASTM D- 445	-	6.7
8.	Viscosity Index	ASTM D-2270	100	103
9.	Grade	-	46	ISO VG-46
10.	Demulsifying Properties (mins)	PN 66°C-54065	16	-
11.	Filtrability: oil without water(s)	PN 90°C-54188	100	-

Tested by: 
 (Tin Shwe)
 Assistant Plant Manager

Checked by: 
 (Nko Si-a Win)
 Assistant Plant Manager

図： 潤滑油分析結果

- ・GCB は全 12 台の内、4 台 (BUS 連絡、1 号、2 号、4 号) 交換済み。4 つのスペアがあったため、1~4 号を交換する予定であったが、ブス連絡に不具合が生じ緊急的に交換した。今後の交換は EPGE での予算を合わせて承認待ちの状態である (時期未定)

စမ်းသပ်ခံခဲ့ရသည့် Testing လုပ်ငန်းများ

No	Test Name	1	2	3	Remark
1	Local Closed Test	Ok	Ok	Ok	
2	Local Opened Test	Ok	Ok	Ok	
3	Phase Disagreement Test (Local)	Phase A Trip	Phase B Trip	Phase C Trip	Ok
4	Remote Closed	Ok	Ok	Ok	From PLC
5	Remote Trip	Ok	Ok	Ok	From PLC
6	Remote Closed	Ok	Ok	Ok	Synchro
7	Remote Trip	Ok	Ok	Ok	Manual Panel
8	Protection Trip	Ok	Ok	Ok	1.Shaft Seal 2.Temperature High 3.Buchholz Trip
9	Contact Resistance Test (Closed)	Ø A ok	Ø B ok	Ø C ok	Supply-100A Result-0.000mΩ
10	Insulation Test (Opened)	Ø A ok	Ø B ok	Ø C ok	Supply-5000V Result-α

図： GCB テスト結果