

9-1-4 パイロットプロジェクトの実施

9-1-4-1 樹木対策技術

(1) ツタ防止対策

1) ツタガードの取り付け箇所の選定と現状把握

A. ツタガードの取り付け実績

ネッケン送電線への取り付けに必要な数量のツタガード（電柱用：80枚・支線用：90本）を2017年11月に調達した（図9-1-4-1.1）。この材料を、あらかじめ選定していた候補電柱に取り付けた（2017年12月にPPUCが取り付けを完了）。



図9-1-4-1.1 (a)電柱用ツタガード

(b)支線用ツタガード

B. ツタガード取り付け後の変化

2018年4月（取り付けから3~4か月後）に、電柱・支線へのツタの巻き上がり状況を調査した。調査箇所は、アイメリーク発電所からコンパクト道路に至る区間（ネッケン送電線とアイメリーク発電所～マラカル発電所の連系送電線が同一電柱に併架された重要区間）をサンプルとして調査した。

その結果、ツタガードの取り付け箇所では地表面にはツタが繁茂しているものの、電柱・支線にはともにツタの巻き上がりがなかったことを確認した。

さらに、ツタガード取り付け後、約6か月後および、約12か月月後に現場調査によりツタの巻きつき防止効果を確認した。

ツタガード取り付け箇所には、ツタの巻きつきはほとんど見られなかった（図9-1-4-1.2）。1か所の支線で若干の巻きつきがみられたが、ツタの生長先端は既に枯死していることから、それ以上の生長はないものと考えられる（図9-1-4-1.3）。



図 9-1-4-1.2 電柱付近のツタの状況



図 9-1-4-1.3 支線への巻きつき状況

C. ツタガード取り付けの効果

ツタが巻き上がってない電柱付近のツタの状況を図 9-1-4-1.4 に示す。ツタは、ツル成長の先端がツタガードに接触すると枯死状態となり（図 9-1-4-1.5）、電柱・支線に取りつくことができないことから、巻き上がることができないものと考えられる。図 9-1-4-1.6 は支線用ツタガードの直下までツタが成長しているが、支線には巻き上がっていない状況を示している。

図 9-1-4-1.7 は、ツタガードを取り付けた電柱に取り付け対象外の電線（廃棄されたもの）が垂れ下がっている状況である。廃棄電線にはツタの巻き上がり（1.7m 程度）があるが電柱には巻き上がっていない。これらの図からツタガードの有無の顕著な差が確認できる。

図 9-1-4-1.8 はツタガードの取り付けがない支線へのツタの巻き上がり状態を示している。これは、2017年11月以降のツタの変化と見ると2018年4月までに3~4mの生長見ることができる。このような成長速度のツタに対し、ツタガードは巻き上がりを防止できているものと考えられる。



図 9-1-4-1.4 ツタの繁茂状況



図 9-1-4-1.5 先端が枯死したツル



図 9-1-4-1.6 ツタの巻き上がり阻止状況



図 9-1-4-1.7 ツタガードを避けた成長



図 9-1-4-1.8 ツタガードの取り付けがない
支線での成長

D. ツタの生長速度と巡視頻度

ツタガードの取り付けがない個所においては、約 6 か月経過後に図 3 に示すようなツタの生長がみられる。図 9-1-4-1.9 から、ツタは 6 か月間で 3~4m の生長があることが分かる。このような生長速度のツタに対し、ツタガードは十分な巻きつき阻止効果があることが分かる。

このようなことから、ツタガード取り付け箇所だけに限っては、巡視間隔は 6 か月に設定しても問題はないと考えられる。

しかし、図 9-1-4-1.7 や図 9-1-4-1.9(a) に示すような状況では、電柱の付近にツタガードを迂回するルートになり得る樹木や支持物がある場合は、それを伝って電柱に巻きつく可能性があることが分かった。このような箇所に対しては、ツタガードの取り付け位置を工夫する必要がある。

このようなケースを発見するため、PDD では 34.5kV 送電線の樹木一般にたいする巡視を 1 月間隔で実施している。したがって、ツタガード取り付け箇所の巡視も樹木一般に関する巡視に含めて実施することができる。



(a) 電柱の迂回ルートで生長 (b) 支線への巻きつき状況

図 9-1-4-1.9 ツタの生長状況 (ツタガード取り付けなし)

E. 管理資料活用の定着

PPUC は、ツタガードの取り付け月後から、1 回/月の頻度で取り付け箇所ツタの巻き上がり状況を巡視・点検した。この時の結果の一部を図 9-1-4-1.10 に示す。結果のデータは、ツタガード取付けの前後で大きな変化がなかったことから、巡視・点検日だけが記入されている。状況写真は撮影されていない。このように、ツタ接触対策としての定期的管理業務は、定着する方向で実施されている。

PALAU PUBLIC UTILITIES CORPORATION											
POWER DISTRIBUTION DIVISION											
Management table of vine prevention material											
Line/Location:		NEKKEN SUBSTATION TO KOKUSAI SUBSTATION			Date:		2017/11/28		Supervisor:		ROBERT P/
Pole No.	Location/ID	Equipment (Pole or Guywire)	Clearance from Conductors						Growing Length/week	Eff Me	
			Date 1st survey	Length from hardware	Date 2nd survey	Length from hardware	Date 3rd survey	Length from hardware			
83-B		POLE	2017/11/28	34FT	9-Jan-18						
86-B		POLE	2017/11/28	28FT	9-Jan-18						
97-B		GUY	2017/11/28	42FT	9-Jan-18						
94		POLE	2017/11/28	43FT	9-Jan-18						
107		GUY	2017/11/28	38FT	9-Jan-18						
119		POLE	2017/11/28	28FT	9-Jan-18						
128		POLE	2017/11/28	38FT	9-Jan-18						
129		POLE	2017/11/28	28FT	9-Jan-18						
131		GUY	2017/11/28	38FT	9-Jan-18						
132		POLE	2017/11/28	35FT	9-Jan-18						
142		GUY	2017/11/28	15FT	9-Jan-18						
144		GUY	2017/11/28	10FT	9-Jan-18						

図 9-1-4-1.10 ツタガードの取り付け箇所の管理表

なお、この巡視・点検を実施する場合、電柱番号 (対象設備確認のための基本的情報) がほとんどの電柱で消失してしまっているため、不特定の担当者による継続的管理が困難な状態になっている。この問題点は、PPUC の送配電設備全般にわたる問題であり、設備の継続的・的確な管理や的確な系統運用を行うためには、早急に解決する必要がある。

(2) 過電流表示器による樹木接触多発区間の検出（事故発生傾向の把握）

過電流表示器は事故による過電流が通過した場合に発光表示する機能を有する。これをネッケン送電線（本パイロットプロジェクトの対象サイト）の線路に沿って設置することにより、事故多発区間の検出を行なうものである。ネッケン送電線での設置箇所についてはPDD（配電部）との事前調査（2017年12月）により確認した。

1) 過電流表示器の調達・設置

過電流表示器は2018年8月にパラオに到着し、PPUCが受領した。これをPDDがネッケン送電線へ設置した。第6回（2018年10月）渡航において、PDDメンバーと現場確認を行い適切に設置されていることを確認した（ネッケン送電線への今回設置個数：合計19組×3相＝57個）。

送電線への過電流表示器の取り付け状況を図9-1-4-1.11に示す。

従来、ネッケン送電線は変電所に設置されている既存の過電流表示器（合計16組）により16区間（各変電所の区分、8区間を含む）に分割して事故区間検出を行なっていたが、今回新設分と合わせて、35区間に細分化して検出し事故発生傾向の分析ができる体制になった。



図9-1-4-1.11 過電流表示器の設置例（コクサイ変電所付近の線路）

2) 事故多発区間検出結果と業務実施の定着状況

この取り組みを開始（2017年11月）して以来2018年4月までに、ネッケン送電線の事故はTransient Faultが2回発生しただけであった。そのうち、あらかじめ決定していた事故時対応手順に従い過電流表示器の点検による事故区間検出と事故原因探索の巡視を行ったのは、1回であった（原因は飛来した樹木の接触、図9-1-4-1.12）。もう1回の事故時には、変電所オペレータからラインマンへの事故情報が伝達されなかったため、そのような対応はなされなかった。



図 9-1-4-1.12 飛来樹木（事故原因のイメージ）

次に、既設の過電流表示器による事故多発区間の実績データ（2018年3月以降7月10日までに発生したネッケン送電線の事故）を確認した。

この間に発生した事故は、短時間停電（原因不明）が5件、一般の事故停電（原因：鳥獣接触）が1件であった。2017年11月以前の状況と比較すると短時間停電（原因不明）は大幅に減少しており、事故多発区間が検出できるほどの事故件数は発生していない。この要因は、樹木伐採の確実な実施とツタガードの取り付けが寄与していると考えられる。

ただし、上記5件の短時間停電（原因不明）のうち、PDDの作業員が原因特定のために出動したのは1件だけであった。残りの4件では、事故情報が発電所オペレータからPDDの作業に連絡しておらず、この業務運行ルールは十分に定着していないことが分かった。このことから、短時間停電（原因不明）であっても事故情報の連絡を確実に実施するよう、発電所オペレータに徹底した。

ネッケン送電線での停電は、樹木伐採の確実な実施などにより大幅に減少しており、事故多発区間が検出できるほどの事故件数は発生していない状況にはあるが、事故発生時の初動調査ルールの浸透も十分ではことから、引続き過電流表示器の活用の定着に向けた取り組みが必要である。

9-1-4-2 設備維持管理技術（パイロットプロジェクト3）

（1）設備巡視の実施

1) 予防保全に向けた巡視・点検の実施

本プロジェクトでは、技術移転項目の一つとして予防保全に向けた PDCA サイクルに沿った業務実施を提案している。PPUC は、この提案を受けて送配電線の幹線部分の定期巡視・点検を 2018 年 2 月から 3 月にかけて実施した。

実施方法は、SCD Manager 以下 4 人で 1 チームとし、目視による詳細点検（望遠鏡を使用）を行った。同時に、赤外線カメラで各種機材（柱上変圧器・電線・接続箇所）の温度上昇をチェックした。

点検を実施した幹線を表 9-1-4-2.1 に示す。

表 9-1-4-2.1 定期巡視・点検を実施した幹線

設 備	線 路 名
34.5 kV 送電線	アイメリーク発電所 ~ アイライ変電所
13.8 kV 配電線幹線	アイライーコロール
	マラカルーコロール
	ミュンズ

2) 巡視・点検結果

前項で実施した定期巡視・点検の報告書例を図 9-1-4-2.1 に示す。また、その報告書に添付される点検結果の一覧表（抜粋）を表 2 に示す。表 2 は各電柱で発見された不具合（Remarks）と今後対応すべき措置（Recommendation）が記入され、PDCA サイクルの次ステップで PDD が実施すべき業務（修理・取替、詳細点検等）を示唆している。

JICA 調査団は、表 9-1-4-2.2 の様式を踏まえ、不具合箇所の解消が完了するまでの対応状況が追跡できるよう、報告書様式の改訂を提案した（表 9-1-4-2.3）。

3) PDCA サイクルに対応した業務サイクルの定着

表 9-1-4-2.2 の後半部分を拡大して表 9-1-4-2.4 (a) に示す。また、表 9-1-4-2.3 の後半部分を拡大して表 9-1-4-2.4 (b) に示す。

表 9-1-4-2.4 (a) の後に付加した対応状況チェック表（表 9-1-4-2.4 (b)）により、巡視結果報告書で指摘された不具合箇所の処理状況が管理されている。

この帳票は共通サーバの中に保管され、SCD と PDD の関係者が共通して閲覧・アップデートできる運行が確立されている。

このような状況から、PDCA サイクルを推進していく形での予防保全業務の運行は定着しつつあると考えられる。

ただし、補修工事（機材の取り替えや修理工事）には、作業停電の取得と材料調達といった準備ステップが必要であることから、早期実施に対しては制約となっている。



PALAU PUBLIC UTILITIES CORPORATION
Malakal, Koror

System Control Division

February 22, 2018

For : James Mengeolt
SCD Manager

From : Michael S. Allejos
SCD Engineer

Subject: Airai – Koror Main Power Pole Survey

I. Background: Due to the frequent unscheduled outages we experience. SCD conducted Power Pole survey to the main line to find something that may potentially cause interruption to the main feeders.

II. Findings:

Most of the hardware are polluted and some are starting to rust / rusted due to the location they were situated.

Items which requires immediate repair:

Type	LANDMARK - PLACE/THINGS	REMARKS	RECOMMENDATIONS
A	Int of KB Shell	Tilted X-arm / Trimming	Correction of Structure
A	w/ DT for Shell	Trimming	Trim Mango Tree
A	w/ 1- 10kva DT (Bill Board of Koror State)	buzzing / hotspot on secondary connector	Check loose connection in secondary connectors
A	w/ 1 DT for ED Construction	buzzing / hotspot on secondary connector	Check loose connection in secondary connectors
E	w/ 3 lateral line to Rock Crusher	trimming / 3 blown lightning arrester	Trim Trees / replace arrester
A	front of Rock Crusher	trimming	Trim trees near to line
E		trimming / polluted 34.5kv insulator	Trim trees near to line
A		vegetation on X-arm	Remove vegetation on Cross arm
B		13.8kv middle pin insulator w/ chip	Replace Pole Top Insulator
E		vegetation on X-arm	Remove vegetation on Cross arm
A		vegetation on X-arm	Remove vegetation on Cross arm
A	w/ 1-25kva DT	vegetation on X-arm	Remove vegetation on Cross arm
C	w/ 3 DT to Fun Palau (near Shell Villa)	polluted insulator/vegetation on X-arm	Remove vegetation on Cross arm
A	after LBS	polluted insulator / Trimming	Trim trees near to line
B		polluted insulator / Trimming	Trim trees near to line
A	w/ 3 DT for Pump @ Intersection to Ngermid	Tilted X-arm	Correction of Structure
A	w/ 3 FCD to Ngerias	polluted insulator / 1 arrester chipped	Replace Pole Top Insulator
A	w/ 1 lateral line to PHDC DT	polluted insulator / chipped spool insulator for neutral	Replace Spool Insulator
A	w/ 3-37.5kva DT (Mobil Top Side) & 3 Lateral to Ngeremal	broken 1 Arrester	Replace Arrester
A	w/ 3 FCD to T-Dock & Dead End from IDID	1 Hot line clamp to T-Dock w/ Hotspot & rusted bolt FCD	Check loose connection / Retighten / replace HL clamp
A	w/ 3-37.5kva DT (L' Amerena)	Hot spot on secondary lead w/ split bolt connector (middle)	Check loose connection / Retighten / replace split bolt
A	w/ 1-25kva DT (front of DHS2 Store)	DT blown arrester / Need Trimming of Mango, near to lines	Replace Arrester
A	w/ 1 DT after Franco	burned secondary lead/ arrester not connected/ trim vines	replace secondary lead & cut vines
A	(Bethlehem)	for Trimming Acacia Tree	Trim Tree near to line
A	w/ 3 FCD to KES (Ngerbeched) & 3 FCD to PCC	chipped ball insulator (right side) / trim PCC line	Replace Chipped Insulator / Trim Line to PCC
A	w/ 1 DT to PCC Cafeteria	blown arrester	Replace Arrester
A		34.5kv neutral line loose tie wire	re-tighten neutral line

図 9-1-4-2.1 定期巡視・点検の報告書例

表 9-1-4-2.2 定期巡視・点検の報告一覧表

Meyuns Line			
Pole Type	LANDMARK - PLACE/THINGS	REMARKS	RECOMMENDATIONS
1	E w/ 1-50kva DT (back of Judiciary)	ok	
2	A w/ 3-37.5kva DT for Rock Island Café	blown arrester / burned secondary lead	replace arrester & burned secondary lead
3	E jumper to Meyun's line	ok	
4	A RIC parking area	ok	
5	A w/ 1-100kva DT (MS Wash Land)	tie wire removed on middle insulator	re-install tie wire for insulator
6	A	ok	
7	A w/ 1-50kva DT (HE Budget Mart 3)	ok	
8	B w/ 3-37.5kva DT for Ulodong Bldg.	blown arrester	replace blown arrester
9	C intersection at Rainbow Mart	guy wire need re-tension	re-tension guy wire
10	E in front of UMI	mango tree near to line	trim mango tree near to line
11	E w/ 2-25 & 3-50kva DT - front of Professional Bldg.	ok	
12	A w/ 2-50kva DT - Meda Garden & Meda Terrace	ok	
13	A w/ 1 lateral to HA Tire Shop	coconut leaves near to lateral line	trim coconut leaves
14	B w/ 1-DT & 1 lateral - after HA Tire shop	tilted x-arm / chipped insulator / vegetation near to lateral	structure correction / replace chipped ins
15	B w/ 3-10kva DT - front of Blue Bay Gas station	tilted x-arm	structure correction
16	B w/ 1-25kva DT - Presidents House	polluted insulators	
17	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted	double check integrity of hardwares
18	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted / tilted x-arm	structure correction
19	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted / tilted x-arm	structure correction
20	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted / tilted x-arm	structure correction
21	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted	double check integrity of hardwares
22	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted	double check integrity of hardwares
23	A steel pole - Meyuns causeway	all rusted	double check integrity of hardwares
24	E Meyuns causeway Store	ok	
25	C w/ Capacitor bank - Pacific Family Clinic	ok	
26	A w/ 4-25kva DT for Belau Hospital	ok	
27	C w/ 3-DT to Pie Printing	ok	
28	C w/ jumper to hospitals pole for underground primary	ok	
29	C w/ 3 laterals to satellite office & 3FCO to Meyuns	ok	
30	A w/ 1-75kva & jumper to 3-37.5kva - Kemur laundromat	tilted x-arm & insulator	structure correction
31	A w/ 3 FCO to Pres. Sattelite office	IFCO holder signs of flash over / chipped insulator	replace FCO holder
32	A w/ 3 FCO to Kalau Gym	ok	
33	A w/ 1-50kva DT - Dylan's house	ok	
34	A w/ 1-50kva DT, LBS & unused ACR - Melusch	polluted insulators	

表 9-1-4-2.3 定期巡視・点検の報告一覧表の改定案

Malakal - Koror Line									
Corresponding Division ↓									
SCD ↓									
Pole No.	Pole Type	LANDMARK - PLACE/THINGS	REMARKS	RECOMMENDATIONS	Urgency (By what time)	Date Requested	Date Accomplished (Planned for Address)	Status / Remarks	PDD ↓
1	E	from S/S at MPS	34.5kv insulator w/ signs of flash over	Double Check Integrity of Hardwares					
2	E	gate @ MPS	13.8kv & 34.5kv Insulators w/ signs of flash over	Double Check Integrity of Hardwares					
3	B		34.5kv pin insulator w/ signs of flash over / 13.8kv Insulator bolt rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
4	A	front of Car Quest	starting to rust	Double Check Integrity of Hardwares					
5	A	front of Shipyard	rusted steady clevis for neutral / spool about to detached	Double Check Integrity of Hardwares / Repair & replace steady Clevis and spool					
6	B	PNQ	all rusted bolts and nuts / w/ signs of flash over	Double Check Integrity of Hardwares					
7	C	GTSI	all rusted bolts and nuts / w/ signs of flash over	Double Check Integrity of Hardwares					
8	A	w/ line to Sams tour (intersection)	rusted bolts & nuts Pin insulator and Cross arm	Double Check Integrity of Hardwares					
9	A	six80	rusted bolt 34.5kv pin insulator	Double Check Integrity of Hardwares					
10	A	intersection	all rusted bolts and nuts	Double Check Integrity of Hardwares					
11	E	Cove Resort (w/ 34.5kv line to Fisheries)	rusted bolt for steady clevis	Double Check Integrity of Hardwares					
12	A	Cove Resort	rusted bolt insulator	Double Check Integrity of Hardwares					
13	B	Neco Yamaha	34.5kv insulator w/ signs of flash over / 13.8 rusted bolt	Double Check Integrity of Hardwares					
14	B	w/ capacitor bank (Neco Shop)	chipped pole top insulator	Replace chipped pole top insulator					
15	A	Neco Shop Gate (w/ 13.8kv underground & lateral)	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
16	A	w/ 1-75kva Dt (Coral Reef Research Foundation)	tilted cross arm & insulator / rusted bolt	Double Check Integrity of Hardwares / x-arm correction					
17	C	w/ 9-100kva DT (Sea Passion)	blown Arrester & rusted DT	Replace blown arrester					
18	C	Malakal Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
19	A	Malakal Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
20	A	Malakal Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
21	A	Malakal Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
22	A	w/ underground to Palau Vacation Hotel	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
23	B	w/ 2 lateral to Fishermans Grill	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
24	A	w/ DT to Pier 7	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
25	A	entrance to Long Island	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
26	A	Long Island Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
27	A	Long Island Causeway	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
28	C	Long Island Causeway w/ Guy wire.	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
29	A	Long Island Causeway	all rusted / chipped 13.8kv middle insulator	Double Check Integrity of Hardwares / Replace chipped pole top insulator					
30	A	Bridge	all rusted	Double Check Integrity of Hardwares					
31	A	Bridge	all rusted / w/ signs of flashover L3	Double Check Integrity of Hardwares					
32	A	after Bridge	rusted insulator bolt & steady clevis	Double Check Integrity of Hardwares					
33	A	w/ 3 lateral to Palau Conservation Society & DT	rusted insulator bolt & steady clevis / 34.5kv bolt base	Double Check Integrity of Hardwares / Tighten bolt for 34.5kv insulator					
34	A	front of Shell	rusted insulator bolt & steady clevis	Double Check Integrity of Hardwares					

表 9-1-4-2.4 巡視結果報告表および対応状況チェック表
(a) 巡視結果報告表

Pole No.	Pole Type	LANDMARK – PLACE/THINGS	REMARKS	RECOMMENDATIONS
1	E	w/ 1-50kva DT (back of Judiciary)	ok	
2	A	w/ 3-37.5kva DT for Rock Island Café	blown arrester / burned secondary lead	replace arrester & burned secondary lead
3	E	jumper to Meyun's line	ok	
4	A	RIC parking area	ok	
5	A	w/ 1-100kva DT (MS Wash Land)	tie wire removed on middle insulator	re-install tie wire for insulator
6	A		ok	
7	A	w/ 1-50kva DT (HE Budget Mart 3)	ok	
8	B	w/ 3-37.5kva DT for Ulodong Bldg.	blown arrester	replace blown arrester
9	C	intersection at Rainbow Mart	guy wire need re-tension	re-tension guy wire
10	E	in front of UMI	mango tree near to line	trim mango tree near to line

(b) 対応状況チェック表

Urgency (By what time)	Date Requested	Date Accomplished (Planned for Address)	Status / Remarks
		OK	
			Scheduled: 7/23/2018
		OK	
		OK	
			Scheduled: 7/23/2018
		OK	
		OK	
			Scheduled: 7/23/2018
			Scheduled: 7/23/2018
			Scheduled: 7/23/2018

4) PPUCにおける予防保全業務実施の全体像（現状）

前項で述べた定期巡視・点検を実施している中で、PPUCが実施している予防保全への取り組み状況が分かった。点検・改修の周期は設備の規模・位置づけに応じて分かれており、大きくは表 9-1-4-2.5 に示すような取り組みがなされている。

表 9-1-4-2.5 予防保全業務の実施状況

	設備規模	点検・改修の周期	実施内容
(A)	地域規模の設備 (Area wide)	30年程度の周期 (計画的改修)	施設後30年程度経過した地域の設備は、さびによる劣化が進んでいると想定し、地域規模で一斉改修する。
(B)	幹線設備 (Main line)	“MAINTENANCE GUIDELINE” に定めるような年単位の周期	信頼度面で影響が大きいことから、1~3年の周期で定期点検を実施する。
(C)	分岐線 (Branch line)	随時	事故多発等、必要に応じて原因特定と対策実施のために、随時実施する。

A. 地域規模の設備（Area wide）の計画的改修

パラオでは、地域全般に海岸線に近いことから、鉄製機材のさびによる劣化が広い地域で進んでいる。このような機材劣化の実状を踏まえ、PPUC では施設後 30 年程度が経過した地域の機材（コンクリート電柱・柱上変圧器を除く）を計画的に一斉取替している。

主要な取替対象は、電線・腕金・がいしである。電線は、断線修理箇所が多い区間や ACSR（Aluminum Conductors Steel Reinforced）の鋼芯のさびが進行した区間を銅線に取り替えている。同時に腕金（取り付けボルトを含む）もさびが進行しているので取り替えている。さらに、がいしはセラミックがいしから軽量のポリマーがいしに取り替えている。このように、PPUC では、パラオの環境に適した仕様の機材に交換することにより、設備の改善を進めている。

このような計画取替は、2018 年に予算確保ができたがことから、2018 年 3 月から始まり、最初にペリリュー島、マルキョク（首都）地域の工事を実施した。マルキョク地域は 1987 年に施設された老朽設備であり、海岸線に近いことからさびが進行しているものとの判断により最優先で実施されたものである。次の改修計画は、アイライ変電所地域（設備が古く、木柱・鋼管柱が多い）、次いでアサヒ変電所地域（設備が古く、電線が細いことから供給力不足が懸念される）の一斉取替を行う予定である。

B. 幹線設備（Main line）の定期点検・改修

本プロジェクトでの JICA 調査団の提案で実施した。幹線設備であり事故による停電への影響が大きいことから、定期巡視・点検の対象とした。これまでは、このような取り組みはなされていなかったが、今後、恒常業務として実施できるよう体制の整備が必要である。

ただし、定期巡視・点検で発見した不具合箇所の改修には作業停電の取得が必要となるが、幹線の停電は影響が大きく取得しにくいことから、改修の処理完了までの実施方法を工夫する必要がある。

C. 分岐線（Branch line）の随時点検・補修

分岐線の事故はヒューズ切れによる停電として検出されることから、Customer service 部門の情報から PDD において事故多発区間の特定が可能である。このことから、SCD では事故多発区間に対しては随時点検を実施し、必要な改修を実施している。

上述のように、PPUC では基本的枠組みとして、予防保全の取り組みはなされている。しかし、現実的には、予算や人材の制約、組織の未整備等の関係から、恒常業務として体系的・計画的に取り組むことができない状況にある。

5) 保全用管理データ（管理資料）の整備状況

PPUC においては、以下に述べるように工事の計画・設計段階から完成までの各ステップで、工事仕様や実施数量が容易に把握できる資料が作成されていない。よって、設備の運用・保全において必要となる管理資料の作成もアップデートも行われていない。設備の運用・保全を安全かつ的確に遂行するためには、これらの資料（例えば、設備工事標準、工事設計書、送配電線路図等）が確実に作成・アップデートできる業務運行の仕組みの整備が必要である。

(A) 改修工事の実施手順


改修工事は概略下記のような手順で実施されている。

- ① SCD による材料リストの発行 (表 9-1-4-2.6)
- ② 工事前のミーティングにおいて、工事概要を説明 (図 9-1-4-2.2)
白板のスケッチによる装柱の型だけを示した簡単な説明であり、機材の取り付け位置・地上高等の具体的仕様は示されていない。
これら仕様を規定する設備工事標準は整備されておらず、これらの情報は、OJT による口伝で周知される。
- ③ リストに基づき材料を庫出しし、工事実施
- ④ 工事完了報告 (図 9-1-4-2.4)
工事完了報告は、図 9-1-4-2.4 に示すような文章 (作業内容を記述) による日報形式で行われており、工事後の設備仕様分かる情報は記載されていない。

(B) 新規工事の実施手順

- ① 需要家からの供給申し込み
- ② 予算見積もりのための設計 (図 9-1-4-2.3)
需要家への予算見積もりのため設計者 (Surveyor) が現場調査を行い、電柱位置・型を決定し (図 9-1-4-2.3、Google Earth 上に電柱のシンボルを記入)、材料リスト (表 5) を作成する。この設計においても、工事の詳細内容分かる資料は作成されない。また、この設計書は PDD(工事実施担当)には送付されず、材料リストだけが送付される。
- ③ リストに基づき材料を庫出しし、工事実施
工事実施に際しては、Surveyor が現場に同行し電柱位置を指示する。
- ④ 工事完了報告
PDD から SCD に工事完了報告書を送付する。新規工事においては、設備増加に伴い送配電線路図等のアップデートが必要となるが、最近の数年間には実施されていない。それを実施する担当者も不明確である。

表 9-1-4-2.6 工事用材料リスト (抜粋)

																													
Name : Ngaraard State Gov/CIP			Work Order #: 2017-002942																										
Location: Ngaraard			Date Requested : 01/10/2017																										
Phone No. (680) 775-61131(Masubed)			Date Completed : 06/16/2017																										
Residential ___ Commercial ___ Government <u>X</u>			Prepared by: Surveyor																										
<u>SURVEY:</u>	<u>DATE:</u>	<u>TIME:</u>																											
<u>STATUS:</u>	2017年6月12日	10:00am																											
Complete																													
Description of Work Requested:																													
<u>New Installation of power poles.</u>																													
<i>Customer request new power poles installations. Erect (26) power pole's, and string HV line...</i>																													
<i>Bring climbing gear and Ladder.</i>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Equipment.</th> <th>No.</th> <th>Hrs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pick Up Truck</td> <td>2</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>Bucket Truck</td> <td>2</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>Auger Truck</td> <td>1</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>			Equipment.	No.	Hrs.	Pick Up Truck	2	160	Bucket Truck	2	160	Auger Truck	1	160	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Crew.</th> <th>No.</th> <th>Hrs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Line Man</td> <td>6</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>Operator</td> <td>3</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>Meter Tech</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Crew.	No.	Hrs.	Line Man	6	160	Operator	3	160	Meter Tech		
Equipment.	No.	Hrs.																											
Pick Up Truck	2	160																											
Bucket Truck	2	160																											
Auger Truck	1	160																											
Crew.	No.	Hrs.																											
Line Man	6	160																											
Operator	3	160																											
Meter Tech																													
No.	Item Code/No.	Description	Qty.	Out	In Stock																								
1	301-7051-AAC 336	WIRE TULIP AAC 336.4-19	2739'		✓																								
2	301-7051-#2-7 PRIMA	WIRE BARE STR CU #2-7 HRD	2739'		✓																								
3	301-6301-6525AS	GRIP FOR NEUTRAL WIRE	6		✓																								
4	301-7051-50X300	Armored wire/Binder tap solid, soft 1350-0 Al. alloy size 50x300	160'		✓																								
5	301-7086-13M-19CM	POLE CONCRETE (42.64'x 7.)	15		✓																								
6	301-6053-CAN-FBD-17T	Pole Band 13m (CAN-FBD-17T)-170-265mm	32		✓																								
7	301-6104-0327	CLEVIS, STEADY INS.	16		✓																								
8	301-6401-P53-2	INSULATOR, SPOOL	16		✓																								
9	301-6901-6813	WASHER SQUARE 2 1/4 x 2 1	108		✓																								
10	301-7101-1.8M	CROSSARM STEEL-DJA-94015-13	26		✓																								
11	301-OLD-6051-UA BD-412	BOLT U-BOLT FOR CROSSARM	8		✓																								
12	301-6051-P8868	BOLT DOUBLE ARMING 5/8 X	36		✓																								
13	301-6053-DJA-9415-13	STEEL ARM BRACE	26		✓																								
14	301-6051-M16-120	BOLT C W/NUT FOR ARM BRAC	27		✓																								
15	301-OLD-6401-34KV-LP40	INSULATOR LINE POST	18		✓																								
16	301-6051-11612A	LAPP MOUNTING STUD FOR LINE POST (5/8X7 1/2 W/SQ NUT)	18		✓																								
17	301-6051-STAP B&NUT	STRAP TWIST W/BOLTS & NUT	5		✓																								
18	301-OLD-6401-INS.WHTE	INSULATOR BELL WHITE NGK	24	✓																									
19	301-6103-GDW2010	DEADEND AUTOMATIC	6		✓																								

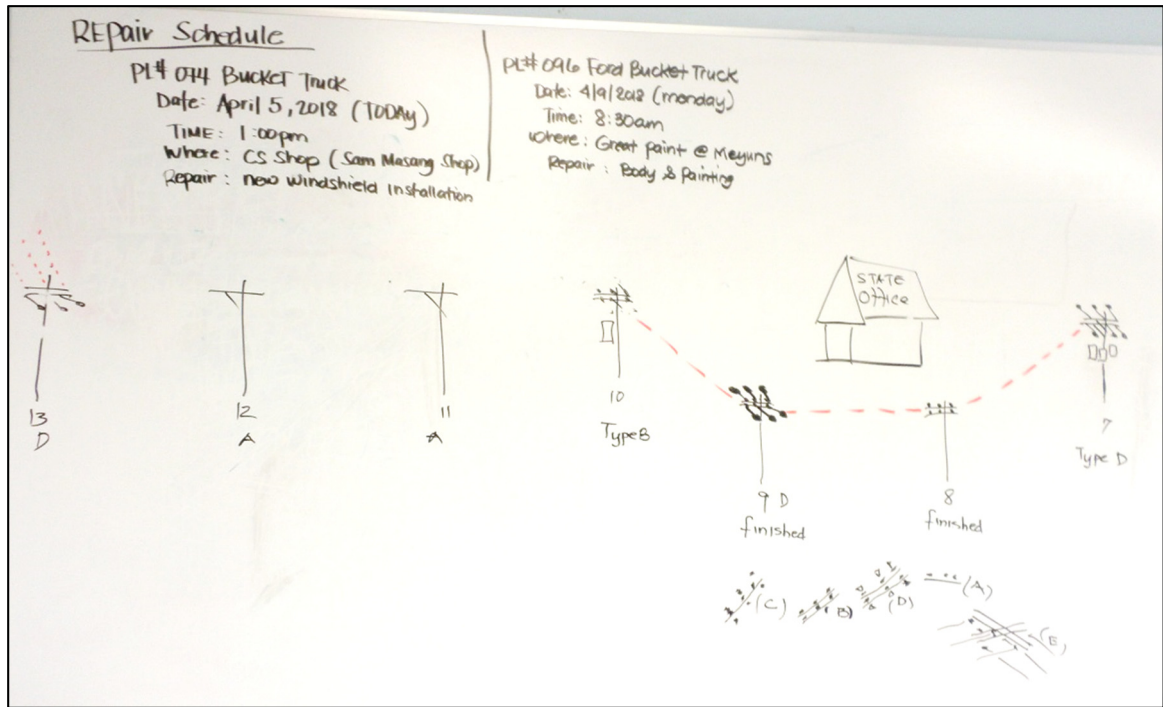


図 9-1-4-2.2 改修工事に使用する設計資料（工事前ミーティングで確認）

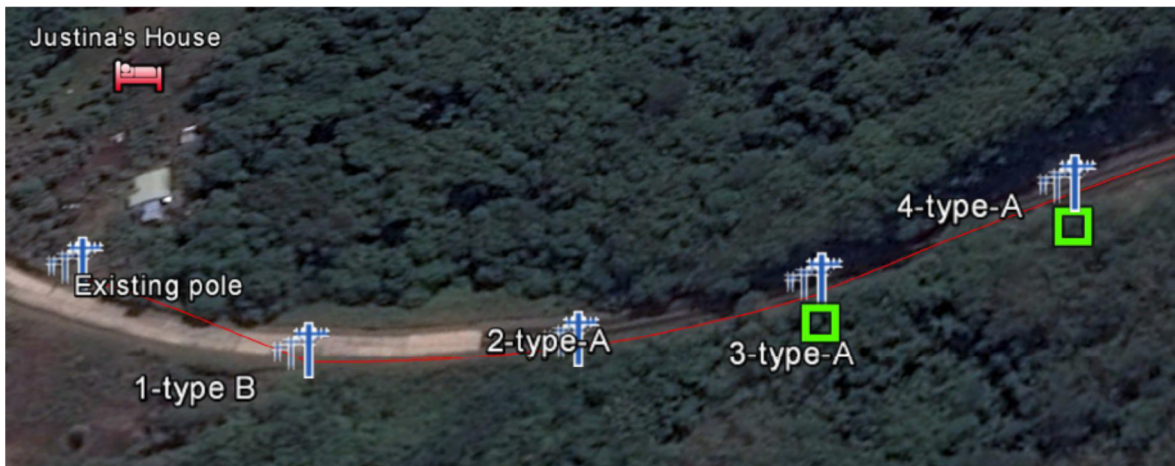


図 9-1-4-2.3 13.8 kV 線路延長工事の設計資料（新設工事）

PDD March 2018 Report

April 6, 2018

Page 2

MELKEOK SYSTEM UPGRADE

Monday, March 05, 2018

Cut and trim trees at the new designated area to erect a new power pole. Project in-charge, Spesungel & Gabriel with operators erected 2 - 13m power pole and 1 - 34' wooden pole in front of Melkeok State Office. After the pole erected, they prepared the pole by installing all necessary hardware for upgrading purposes. The purpose of erecting the pole before the actual schedule starts is to get it off the way so they can concentrate on transferring the primary lines only. 34' wooden pole is for secondary line.

Attended workers:

Joseph Spesungel	Foreman
Ronald Gabriel	Foreman
Osbourne Siksei	H. E. Operator
Burt Maidesil	H. E. Operator
Masao Umedib	Certified Lineman

Equipment:

Auger Digger Truck	PL#56
Bucket Truck	PL#96
Tacoma Pick Up	PL#21

Friday, March 09, 2018

Meeting regarding system upgrade project in Peliliu and Melkeok that were scheduled to start on Monday, 3/12/2018. Attendees were all PDD employees. Manager Hilton gave a brief description of the projects and when the project will commence. Foreman in-charge of each project took over one by one and explained the work performance.

Monday, March 12 to 16, 2018

Foreman Gabriel and Acting Foreman Spesungel with their crew set all the materials, hardware and tools. Mechanics performed a vehicle inspection to make sure all truck to be use for the operation is running good.

Wednesday, March 14, 2018

Sent a letter of overtime request to CEO for approval for Saturday or Sunday work only due to schools and daily function in Melkeok State during week-days. Another ideal of Melkeok Upgrade execution on Saturday or Sunday is because of power outage from 9:00am to 4:00pm included with a full work force of all linemen, streetlight workers, tree trimmers and mechanics. The overtime request was approved by CEO so the project will continue on Saturday.

PDD March 2018 Report

図 9-1-4-2.4 マルキョク地区改修工事の完了報告書（抜粋）

9-1-4-3 送配電に関する技術移転（パイロットプロジェクト以外の活動）

送配電に関する技術移転として、パイロットプロジェクトの他に下記の活動を行なった。詳細を以下に示す。

（1）日本の電力会社の配電部門における取組みの紹介

PDD の役職者および上席者を対象に、PPUC からの依頼に基づく 2 項目（鳥獣害対策、腐食対策）および本プロジェクトで予定の 1 項目（災害耐性）についての講義を実施した。

- ・出席者：PDD 部門 5 名
- ・実施日：2018/10/6,10/7
- ・内容：以下の項目について講義を実施した。

講義では、各項目に関して、国内（関西電力）での設備形成や保守運用についての具体的取り組みを説明し、知見の向上を図った。（講義の様子と資料抜粋を図 9-1-4-3.1～図 9-1-4-3.4 に示す）

1) 国内の配電設備の概要について（導入説明）

鳥獣害対策、腐食対策の助言実施に先立ち、パラオと当社の設備形態や供給規模、環境の違いを理解してもらうことを目的に、日本（関西）の配電設備の概要、ならびに設備形成の考え方、保守運用面や配電線供給支障事故の発生状況について説明を行った。

2) 鳥獣害対策の取組み

国内では、鳥獣害を含む他物接触による供給支障事故の本質的な対策として電線等の配電設備の絶縁化を行ない、供給信頼度の大幅な改善を図ってきた。しかし、現在も鳥獣害が原因の供給支障事故が絶縁劣化箇所等で発生している。このため、巡視による絶縁劣化箇所の把握、管理、改修に取り組んでいる。以上の様な国内での取り組み経緯を紹介し、また当社が導入している鳥獣を設備に寄せ付けないための鳥獣害対策用品の事例についても合わせて紹介した。

<主な Q&A>

Q：日本の中圧配電電圧は 6.6kV と示されていたが、これは対地電圧か相間電圧か？

A：相間電圧である。

Q：紹介された鳥獣対策用品は金属製か？

A：樹脂製である。

3) 腐食対策の取組み

地理的環境に応じた塩害による腐食に対する設備構築の考え方、腐食事例および設備対策の事例（アームの特殊塗装）について紹介した。また保守運用面でも、巡視結果の蓄積、設備ごとに劣化状況をランク付けし管理、取替え基準を設けて改修するというプロセスを説明し、予防保全の取組みについての理解を促した。

<主な Q&A>

Q：アームの特殊塗装による腐食対策の導入見通しはどうか？

A：現在、腐食対策の効果を把握している段階である。今後、コストとのバランスも勘案し導入検討を進める予定である。

4) 災害耐性向上への取組み

国内の送配電部門の経験した台風や地震等の自然災害の被害事例の紹介ならびに、設備形成面や運用面での対策の取り組み状況についての説明を行なった。設備形成面では、事前の被害予防に向けた設備強化として、高圧線への低風圧電線の採用、変電所への浸水防止装置の設置、停電区間の最小化のための配電線の連系線整備等の取組みを紹介した。また、設備運用面では、停電箇所の早期復旧に向けて作業スキルの維持向上の重要性や発電機車の活用、仮設備による応急送電の事例について説明した。

<主な Q&A>

Q：配電線の碍子洗浄は停電して行なっているのか？

A：活線にて洗浄している。



図 9-1-4-3.1 講義の様子

Insulated electrical wire and It's accessories ①

24

We have introduced insulated electrical wire from 1960. Introduction rate is 100% in our supply Area. It has reduced number of power outage caused by bird and other animal Touching, compared with 1960.

[ACSR (Aluminum Cables Steel Reinforced)]

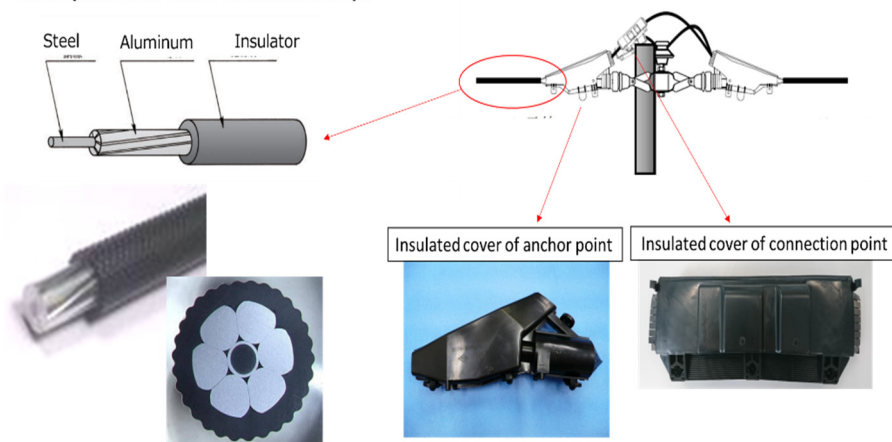


図 9-1-4-3.2 講義資料（抜粋）（鳥獣害対策）

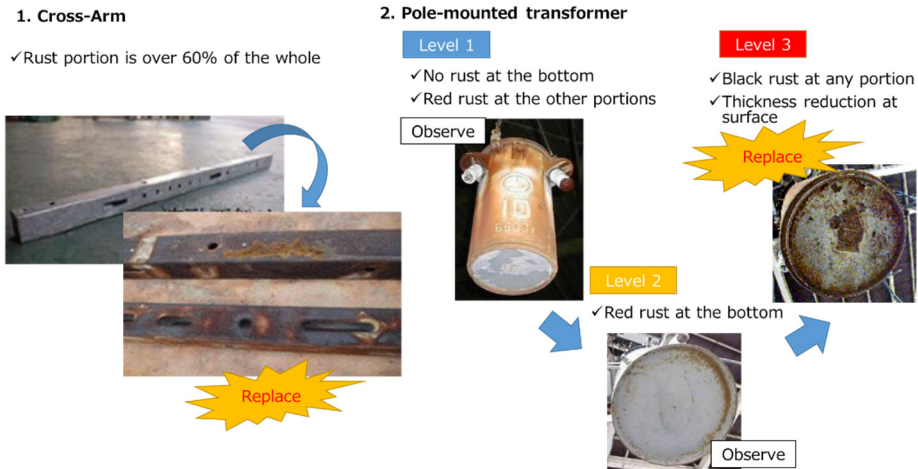


図 9-1-4-3.3 講義資料 (抜粋) (腐食対策)

Prevention: Disaster-resistant Facility (Grid form and operation)

System Structure of Kansai's Distribution Grid

➢ Each Distribution line (DL) is connected with multiple DLs by "open" automatic sectionalizers. (Mesh-like distribution system structure)

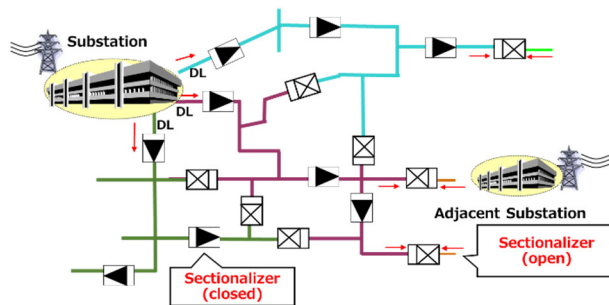


図 9-1-4-3.4 講義資料 (抜粋) (災害耐性)

(2) 配電部門の事故データの活用に向けた指導

・背景：PDD では日常的に事故報告がなされているが、これらの事故記録を、分析可能なデータとして活用するには、記載精度の向上や分類に改善の余地がみられた。このため PDD の事故データの蓄積精度改善、活用に向けた指導として下記の項目を実施した。(図 9-1-4-3.5~6 参照)

- ・対象：PDD 部門 2 名
- ・実施日：2019/1/24, 1/28, 1/31 (各 1 時間)
- ・実施内容：

1) PDD の事故報告記録の確認、分類

2018 年分の事故報告記録について以下の項目の確認、分類を実施した。

- ・事故時の保護開放箇所 (ヒューズ、遮断器等) の確認

- ・事故原因の分類、損傷機材の分類（図 9-1-4-3.7）

2) 事故データ分析用のデモデータの作成

デモデータとして、上記の確認、分類を反映した事故実績一覧表を作成した。（図 9-1-4-3.8）

- ・表集計方法の紹介

作成したデモデータを用いて、事故実績の分析作業を助ける手段として、事故件数をピボット表に集計する方法について実技指導を行なった。（図 9-1-4-3.9）



図 9-1-4-3.5 データ確認作業の様子

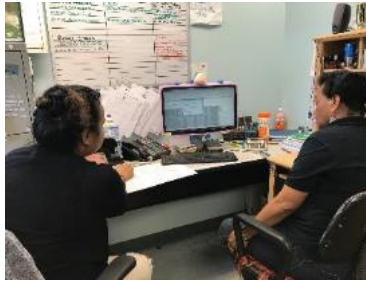
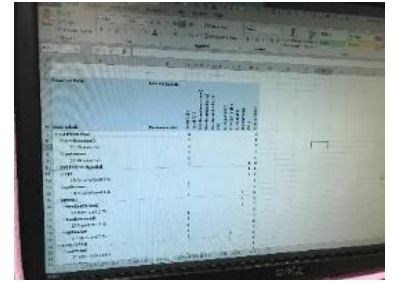


図 9-1-4-3.6 表集計方法の指導の様子



[Category]

(1) Cause of fault

Cause of fault	Detail
Wild touch	animal(bird)
	animal(fruit bat)
Corrosion	corrosion
	Public
Power plant	car
	Customer side
Vegetation	power plant
	tree(bamboo)
	tree(bettel nut)
	tree(blowed leaf)
	tree(coconut)
	tree(mango)
	tree(vine)
Unknown	unknown

(2) Damaged equipment

Mainly Damaged equipment	Detail
Pole	Pole
	Line(jumper)
	Line(primaly)
Hardware	Line(static)
	Hardware(crossarm)
	Hardware(u-band)
Fuses	Hardware(u-bolt)
	fuse(D/L)
	fuse(T/L)
	Fuse bottle(D/L)
Arrester	Fuse bottle(T/L)
	Arrester
Insulator	Insulator
Switch	LBS
Transformer	Transformer
Underground	Cable
Customer	Customer equipment
No damage	No damage

Note:
These keywords are based on the outage of
outage data in 2018

図 9-1-4-3.7 事故原因、損傷機材の分類

Date	Work Time			Serial No.	Class	①Area(TL/Fdr/SS)	②CB/Fuse opened	③cause of fault	④ equipment
	Start	Finish	duratic						
1/10	5:00	7:30	2:30	41	DL Fuse	11 Airai-Koror Fdr	Ngermid MAIN FCO	tree(bamboo)	Line(primaly)
1/10	20:00	23:00	3:00	134	DL Fuse	22 Ngaraard 2 SS	SS 13kV fuse(Ngaraard)	unknown	fuse(D/L)
1/13	7:30	10:30	3:00	144	DL Fuse	22 Ngaraard 2 SS	Choll	unknown	fuse(D/L)
1/13	10:30	12:30	2:00	23	DL Fuse	10 Airai-Airport Fdr	2nd FCO to Ngerikiil	unknown	fuse(D/L)
1/14	5:00	10:30	5:30	23	DL Fuse	10 Airai-Airport Fdr	2nd FCO to Ngerikiil	car	Pole
1/14	11:30	2:30	15:00	135	DL Fuse	22 Ngaraard 2 SS	Betania	unknown	fuse(D/L)
1/14	12:30	16:00	3:30	30	DL Fuse	10 Airai-Airport Fdr	MAXX FCO	corrosion	Line(static)

図 9-1-4-3.8 事故実績一覧（デモデータ（抜粋））

行ラベル	animal(bird)	animal(fruit bat)	car	corrosion	customer	power plant	tree(bamboo)	tree(betel nut)	tree(blow leaf)	tree(coconut)	tree(mango)	tree(vine)	unknown	Total
⊕01 NEKKEN TL				2									4	6
⊕02 A-M TL				1		2								3
⊕10 Airai-Airport Fdr			1	3									7	11
⊕11 Airai-Koror Fdr		1		3			1			1		1	5	12
⊕12 Meyuns Fdr				1						1			1	3
⊕15 Medorm SS				1									2	3
⊕16 NEKKEN SS										1			2	3
⊕17 Kokusai SS		4		3	1					1			16	25
⊕19 Ngremlemgui SS											1		1	2
⊕20 Ngardmau SS										1			2	3
⊕22 Ngaraard 2 SS														
Betania								1		1			4	6
Choll				1									2	3
Main NGR													1	1
Ngbuked									1					1
Ngurang	1												4	5
SS 13kV fuse(Ngaraard 2 sub)													1	1
Total	1	5	1	15	1	2	1	1	1	6	1	1	52	88

図 9-1-4-3.9 ピボット表の事例（変電所別-事故原因別の集計例）

9-1-5 技術移転（パイロットプロジェクト実施）による成果

9-1-5-1 定性的成果

本プロジェクトにおける送配電分野の技術移転に関しては、2種類のパイロットプロジェクトを設定し、設備維持管理業務実施体制の強化に取り組んだ。設定したパイロットプロジェクトは、PPUCとして電力供給の信頼度面で緊急性の高い問題点を改善することをねらいとして、下記のとおりとした。

- ① パイロットプロジェクト1：ネッケン送電線の原因不明事故を減少させるために、樹木対策を実施する。
- ② パイロットプロジェクト3：コロール市街地域の配電線を対象にして、設備維持管理業務に予防保全の考え方を導入し、その実施を定着させる。

以下に、上記パイロットプロジェクトを通じて得られた定性的成果を述べる。

(1) パイロットプロジェクト1を通じての成果

1) ツタガードの取り付けとその管理体制の確立

ネッケン送電線の原因不明事故の推定原因は、発生状況や経験から樹木接触の可能性が高いと考えられる。そこで、PPUCでは樹木伐採と巡視は2015年5月以降体制増強を行うとともに、現在では計画的に業務実施がなされている。

しかし、一般の樹木よりも成長速度が速いツタ等のツル植物に関しては、事故原因となる可能性が残されていた。そこで、ツタガードの導入を提案した。併せて、取り付け箇所への定期巡視を提案し、その効果把握と効果的な巡視間隔の見極め、ならびに、巡視業務の定着化を図った。

その結果、導入したツタガードは、電柱本体や支線へのツタの巻きつきを効果的に阻止できていることを確認した。また、巡視点検業務においては、管理表（図9-1-3-1.2）を作成し、これを使用して問題箇所の管理が継続的に実施できる体制を確立した。

2) 過電流表示器による樹木接触多発区間の検出体制の構築

ネッケン送電線を含む34.5kV送電線の全区間において樹木伐採を計画的に実施している。しかし、樹木の生長が想定以上に速い場合や、伐採の実施が遅延するような場合は、樹木接触による短時間停電（再閉路成功事故）の発生が再度増加することになる。このような状況に対し、過電流表示器を増設し、これを用いて再閉路成功事故のデータを蓄積することにより事故多発区間を検出することとした。パイロットプロジェクト1の活動を通じて以下に示すような業務実施の仕組みを構築した。

① 過電流表示器の増設による検出区間の細分化

過電流表示器は、変電所の事故検出を目的とした既設の物（16組）に加え、送電線路上での事故発生区間をより細かく検出できるよう19組の装置を増設した。これにより、線路上での事故多発区間の検出が可能な設備面での体制を構築した。

② 事故原因探査体制の整備

ネッケン送電線短時間事故（原因不明事故）発生時には、従来は事故発生箇所や原因特

定のための巡視は実施されていなかった。そこで、事故発生個所と原因を特定し的確な保全対策に結びつけるため、短時間事故であってもそれらの特定のための巡視を実施することとした。それには発電所・変電所のオペレータと Line Worker (PDD) の情報連絡の協調を図る必要がある。この業務運行面の改善と合わせて、短時間事故の Line Worker (PDD) の対応手順のルールを制定した (図 9-1-3-1.6)。

③ 事故多発区間検出のための分析帳票の作成

上述の巡視業務において検出した事故区間・原因を記録し、一定期間 (例えば 1 か月) の集計を行うことにより事故発生傾向が分かる管理表を作成した (図 9-1-3-1.5)。

(2) パイロットプロジェクト3を通じての成果

設備の予防保全を継続的に実施するためには、業務における PDCA サイクル (図 9-1-3-2.4) を恒常的に実施する必要がある。このサイクルの各段階で必要となる下記の仕組みを整備した。

1) 設備維持管理業務に関する標準類の作成

巡視・点検業務の実施方針・考え方を規定する設備保守ガイドライン (図 9-1-3-2.1 : TRANSMISSION & DISTRIBUTION OVERHEAD LINE MAINTENANCE GUIDELINE) を作成した。

SCD スタッフあるいは Line Worker (PDD) が定期巡視を実施する際に活用し、設備・機材の問題部分を的確に発見できるチェックポイントマニュアル (図 9-1-3-2.2 Check point manual) を作成した。

これらの標準類は、これまで PPUC では制定されていなかったものであり、今後の業務内での使用や巡視結果情報・機材事故データの反映等により、PPUC の実態に適した内容に修正していく必要がある。

2) 巡視結果報告書・改修状況管理表の作成

予防保全業務の PDCA サイクルでは、次段階の活動計画を策定したり状況管理を行うために、各業務段階での情報は関係個所間でやり取りしたり、共有化する必要がある。このような必要性から、定期巡視業務における結果報告書とそれに連なる状況管理表を作成した (表 9-1-4-2.3)。

表 9-1-4-2.3 の詳細を前半部分 (巡視結果報告表 : 表 9-1-4-2.4 (a)) と後半部分 (対応状況管理表 : 表 9-1-4-2.4 (b)) に分けて示す。これを共通サーバに保管しておき、状況の変化があった都度、関係個所がアップデートすることにより、情報の共有化と状況管理ができる仕組みを構築した。

3) 定期巡視の実施

① 予防保全に向けた定期巡視・点検の実施

PPUC は、上項でも述べた仕組みに基づき送配電線の幹線部分の定期巡視・点検を実施した (2018 年 2 月から 3 月にかけて)。

点検を実施した対象設備を表 9-1-5-1.1 に示す。

表 9-1-5-1.1 定期巡視・点検を実施した幹線

設 備	線 路 名
34.5 kV 送電線	アイメリーク発電所 ～ アイライ変電所
13.8 kV 配電線幹線	アイライーコロール
	マラカルーコロール
	ミュンズ

② 巡視・点検結果

前項で実施した定期巡視・点検の報告書例を図 9-1-4-2.1 に示す。また、その報告書に添付される点検結果の一覧表（抜粋）を表 9-1-4-2.3 に示す。表 9-1-4-2.3 は各電柱で発見された不具合（Remarks）と今後対応すべき措置（Recommendation）が記入され、PDCA サイクルの次ステップで PDD が実施すべき業務（修理・取替、詳細点検等）を示唆している。

③ 発見した設備不具合の事例

上記報告書（図 9-1-4-2.1）に記載されている主要な不具合点は、下記のような内容があげられる。これらの内容は、上項で作成した“Check point manual”の内容とほぼ一致しており、適切な点検ができていたものと考えられる。

- ✓ 鉄製機材のさび（図 9-1-5-1.1）
- ✓ ボルト・ナットの緩み（図 9-1-5-1.2）
- ✓ 腕金のずれ・傾き（図 9-1-5-1.3）
- ✓ 機材の破損（避雷器・カットアウト）（図 9-1-5-1.4）
- ✓ がいしの欠け（図 9-1-5-1.5）
- ✓ 架空地線・中性線の接地線断線（図 9-1-5-1.6）
- ✓ 電線固定グリップの破断・はずれ（図 9-1-5-1.7）
- ✓ 変圧器の温度上昇・電線接続部の過熱（図 9-1-5-1.8）
- ✓ 樹木接近（図 9-1-5-1.9）
- ✓ 電柱番号の消失・電柱番号札の紛失



(a) 腕金のさび



(b) がいし支持金物の腐食破断

図 9-1-5-1.1 腐食の状態



図 9-1-5-1.2 がいし固定ナットの緩み



図 9-1-5-1.3 腕金の傾き



図 9-1-5-1.4 機材の破損（避雷器）



図 9-1-5-1.5 がいしの欠け



図 9-1-5-1.6 中性線の接地線断線

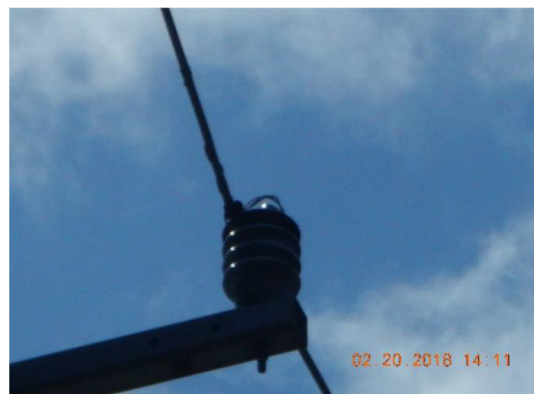


図 9-1-5-1.7 電線固定グリップのはずれ



図 9-1-5-1.8 変圧器の温度上昇



図 9-1-5-1.9 樹木接近

9-1-5-2 定量的効果の把握

送配電分野における技術移転は、保全業務の改善・体制の整備の観点から実施した。これらの活動による効果を定量的に把握できる指標としては、SAIFI（System Average Interruption Frequency Index）や SAIDI（System Average Interruption Duration Index）といった、異なるシステムの特性を客観的に比較できる指標が考えられる。また、左記指標よりも簡易な設備信頼度指標として単位亘長あたりの事故率（件/km・年）が考えられる。しかし、PPUC ではこれらの指標を求めることができるデータは整備・取得されていない。よって、本プロジェクトでの効果把握指標は、設備信頼度を直接的に評価できる送配電システムの事故発生件数を採用することとした。具体的には、送配電システムの事故発生件数の過年度データと活動期間中のデータの推移をみることにより、事故件数の減少度合いから効果の度合いを評価する。

（1）PPUC における送・配電システムに関する信頼度対策の経緯

1) 34.5kV 送電線エリアの信頼度対策経緯

ネッケン送電線を含む 34.5kV 送電線に対して実施されてきた信頼度対策の経緯を表 9-1-5-2.1 に示す。34.5kV 送電線に関しては、2015 年以前は事故が多発していたことから、PPUC の会社方針として表 1 に示す対策が実施された。

事故様相の内訳分析によると、短時間停電（原因不明事故）の比率が高い。このことから、短時間停電の原因は樹木接触および不適切な保護協調による変電所リレーの動作と考えられ、それらへの対応策が講じられた。

2015 年以降、34.5kV 送電線に対しては 1 回/年の頻度で樹木の伐採が実施されている。さらに、2018 年時点では、1 回/年の頻度で樹木巡視が実施されている。

表 9-1-5-2.1 34.5kV 送電線に関し講じられた対策の経緯

時期	対策実施状況
1. 2015 年 5 月	伐採開始（ガラルド 2 変電所から南下）
2. 2016 年 4 月	ネッケン送電線（バベルダオブ島）全体の伐採完了
3. 2016 年 5 月	アイメリーク発電所～アイライ変電所間の伐採開始
4. 2016 年 7 月	アイメリーク発電所～アイライ変電所間の伐採完了
5. 2016 年 6 月	ネッケン送電系統接続変電所のヒューズ定格適正化（変電所リレーとの保護協調）
6. 2017 年 9 月	JICA プロジェクト開始
7. 2017 年 11 月	ツタガードの取り付け

出所：JICA 調査団作成

2) 13.8kV 配電線の保全状況

13.8kV 配電線に対しては、巡視点検に基づく予防保全措置は講じられていない。事故停電の復旧に伴う機器取替等により、故障設備の更新が行われていた。

本プロジェクトの技術移転として、予防保依然の必要性を提案し、34.5kV 送電線および 13.8kV 配電システムの幹線に対し定期巡視を実施することになった。最初の定期巡視を 2018 年 2 月、3 月に実施した。

3) 経年設備の計画的改修

定期巡視・点検に基づく予防保全とは若干考え方が異なるが、PPUC では、海岸に近い地域で経年劣化（特にさび）が進んでいると評価される地域の設備に関して、予算が確保できた都度、計画的な取替を実施している。2017 年度（2018 年 3 月）には、ペリリュウ島、マルキョク（首都）地域の 13.8kV 配電線の改修工事を実施した。

(2) 送電系統・配電系統幹線での事故発生の推移（効果の定量的把握）[SCD 部門データ]

PPUC では、部署ごとに 2 種類の事故データが作成されている。

そのうちのひとつは系統運用部門（SCD）が作成しており、送・配電系統共に、変電所のリレー動作による停電をカウントしている。したがって、配電系統の場合は、幹線に事故原因があった場合だけが検出されたデータとなっている。

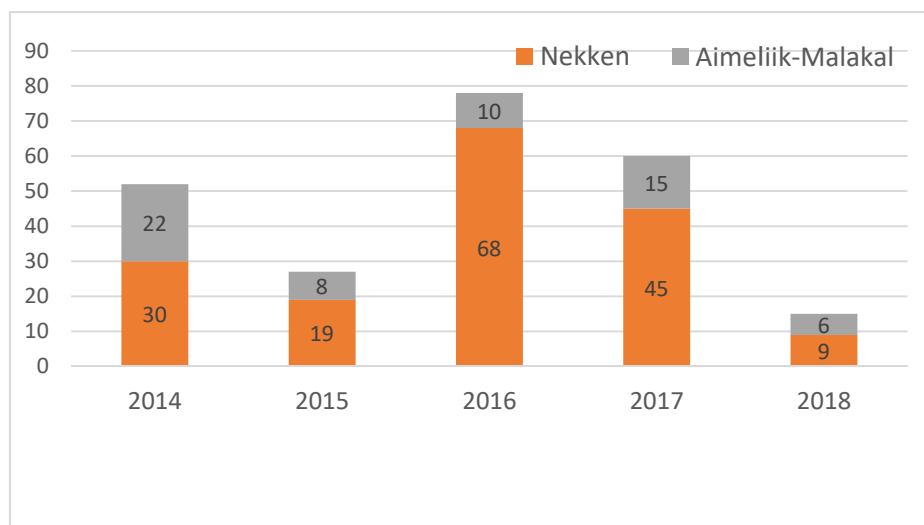
もう一つのデータは、配電部門（PDD）が作成しており、配電線路や柱上変圧器に設置されるヒューズの熔断による停電をカウントしている。この停電発生情報は、顧客の停電申出により PDD が検出するものである。この節では、SCD の作成データに基づく事故件数の推移を示す。

1) 34.5kV 送電線における事故

A. 事故件数の推移

図 9-1-5-2.1 に PPUC が運用している送電系統のリレー動作により検出した事故回数の推移を示す。送電系統は、ネッケン送電線とアイメリーク発電所～マラカル発電所を結ぶ送電線の 2 回線である。図 9-1-5-2.1 に示す事故件数は、永久事故と短時間事故（原因不明）の合計である。

事故件数の合計は、2014 年～2017 年の間は、50～80 件の間で推移しているが、2018 年は大幅に減少している（ただし、2018 年のカウント期間は 9 か月だけ）。線路亘長が大きく異なっているが、ネッケン送電線の発生比率の方が大幅に大きくなっている。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

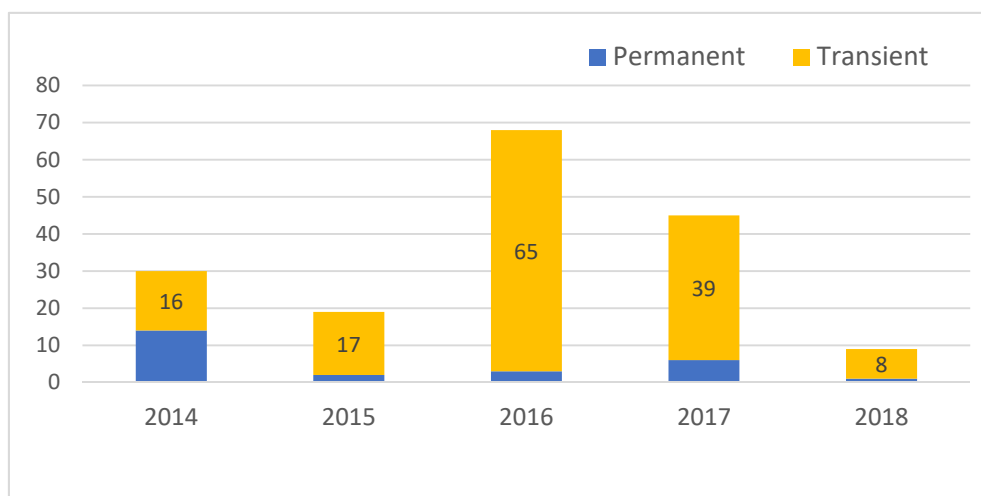
図 9-1-5-2.1 34.5kV 送電線の事故件数推移

B. 事故発生様相の把握

図 9-1-5-2.1 で示した事故件数を送電線回線ごとに示す。図 9-1-5-2.2 はネッケン送電線の事故件数である。図 9-1-5-2.3 はアイメリーク発電所～マラカル発電所を結ぶ送電線の事故件数である。

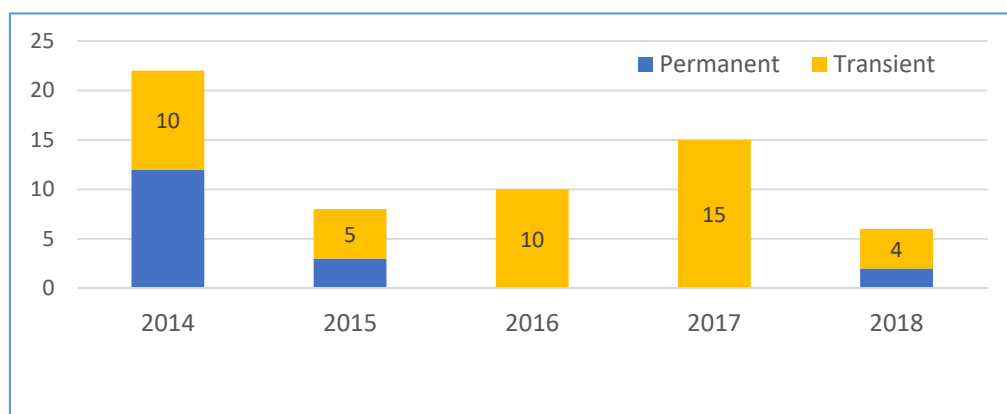
ネッケン送電線は、特に 2016 年と 2017 年に事故が多発しており、その大部分を短時間事故が占めている。その後、2018 年には、永久事故・短時間事故ともに激減している（図 9-1-5-2.2）。

アイメリーク発電所～マラカル発電所を結ぶ送電線の事故件数は、ネッケン送電線の半分程度であるが、ネッケン送電線と同様に短時間事故の割合が大きい。また、2018 年には、短時間事故の件数は激減している。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.2 ネッケン送電線の事故件数推移



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.3 Aimeliik P/S - Malakal P/S 送電線の事故件数推移

C. 34.5kV 送電線の対策実施と事故発生の関連性検討

上述のように、34.5kV 送電線の信頼度対策は PPUC 独自の取り組みが 2015 年 5 月から開始

され、体制の強化を図りつつ、現在まで継続している。この状況の中で、本プロジェクトのパイロットプロジェクトを2017年9月から開始した。

このような経緯から、上記の事故件数の推移において、2015年から2017年までは各種対策の実施途上であることから、これらの事故件数減少への効果は過渡的な結果になっていると考えられる。

そこで、この効果の変化を詳細に把握するため、図9-1-5-2.2と図9-1-5-2.3に示す年度推移を月別の推移として詳細化して示す。図9-1-5-2.4はネッケン送電線のデータである。図9-1-5-2.5はアイメリーク発電所～マラカル発電所を結ぶ送電線のデータである。

ネッケン送電線の永久事故は、2014年～2015年では3か月に1回の頻度で発生していたが、2018年にはその三分の一（10か月に1回）に減少している（図9-1-5-2.4(a)）。ネッケン送電線の短時間事故は、2016年と2017年は高い頻度で発生していたが、2017年12月以降は、1回/月程度の頻度に減少していることが分かる（図9-1-5-2.4(b)）。

ネッケン送電線の伐採は2016年4月に一巡目が完了しているが、その効果は十分には現れていないようである。2017年11月は伐採の二巡目が完了するとともに、ツタガードを設置した（パイロットプロジェクト1の方策）時期にあたる。このような経緯から、ネッケン送電線では二巡の樹木伐採とツタガードの効果が2017年12月に明確に現れてきたものと考えられる（図9-1-5-2.4(b)）。

アイメリーク発電所～マラカル発電所を結ぶ送電線の永久事故は、2015年までは高い頻度で発生していたが、2016年以降の事故発生は非常に少なくなっている（図9-1-5-2.5(a)）。一方、短時間事故の発生頻度は2016年・2017年には高い値であったが、2018年以降は2か月に1回の頻度にまで減少している。これも、二巡の樹木伐採の効果が現れてきたものと考えられる。

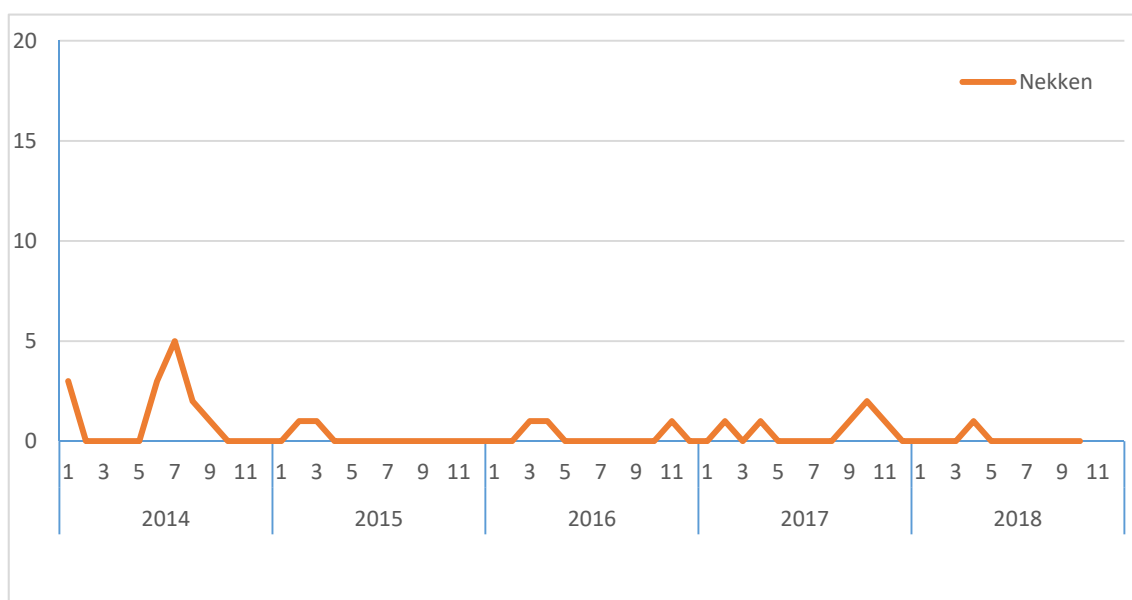
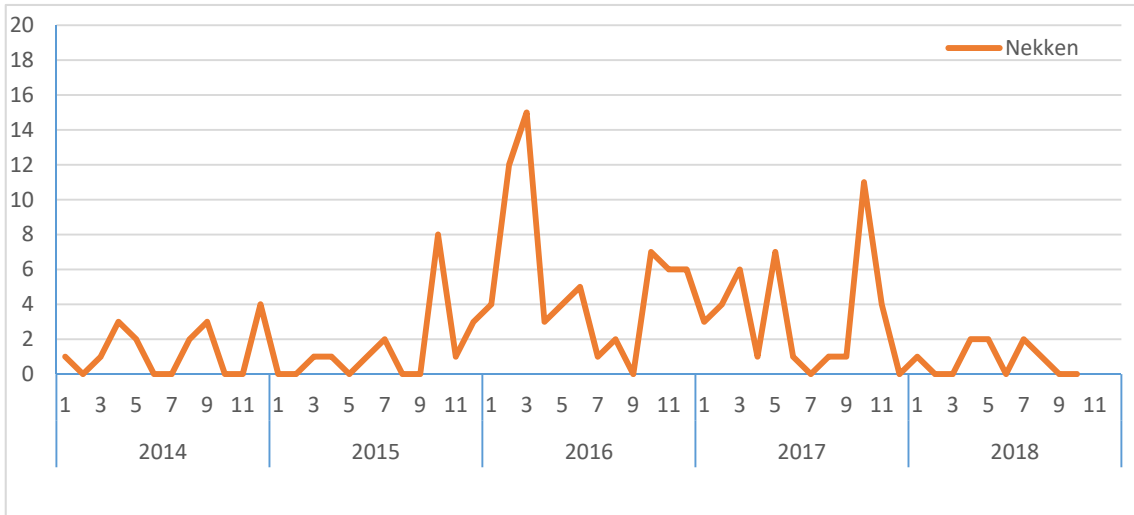


図9-1-5-2.4(a) Transition of Faults every month (Permanent Fault)



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.4(b) Transition of Faults every month (Transient Fault)

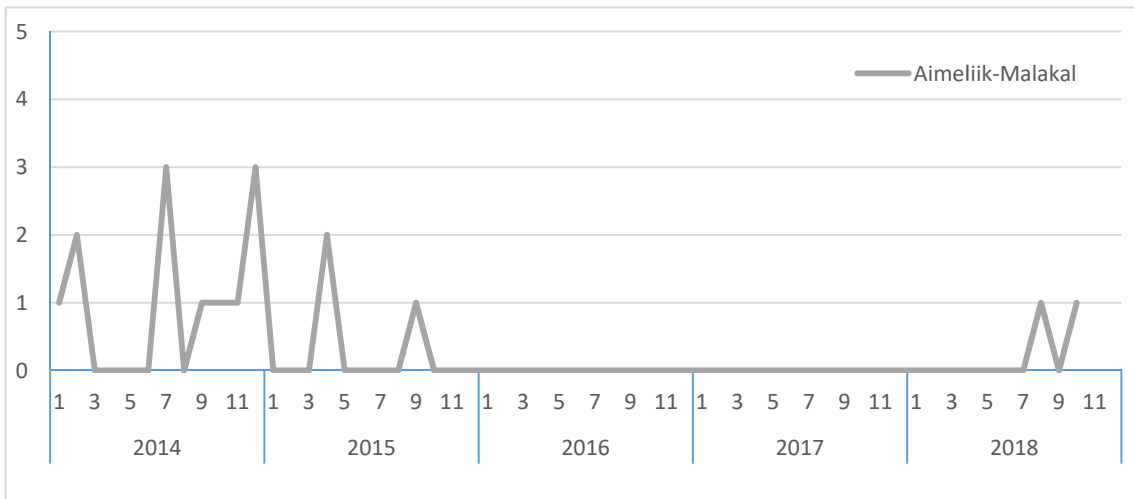
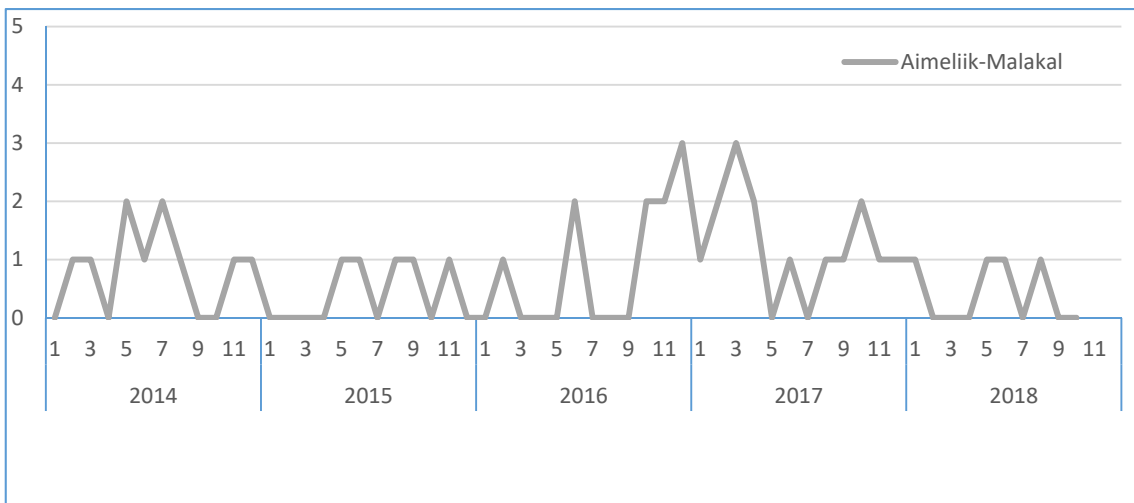


図 9-1-5-2.5(a) Transition of Faults every month (Permanent Fault)



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

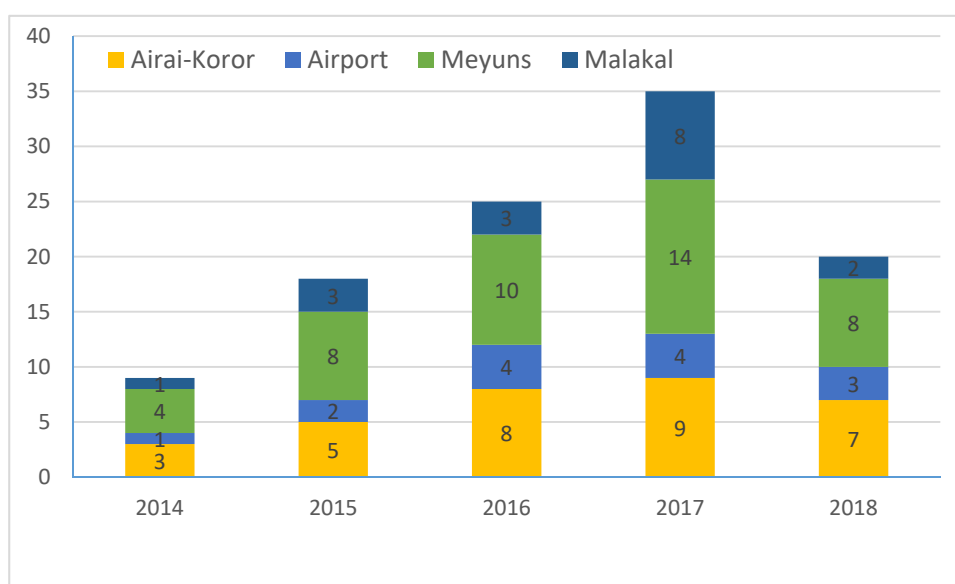
図 9-1-5-2.5(b) Transition of Faults every month (Transient Fault)

2) 13.8kV 配電線における事故

A. 事故件数の推移

図 9-1-5-2.6 に 13.8kV 配電系統のリレー動作により検出した事故回数の推移を示す。配電系統は、アイライーコロール、エアポート、ミュンズ、マラカルの 4 回線である。図 6 に示す事故件数は、永久事故と短時間事故（原因不明）の合計である。

図 9-1-5-2.6 から分かるように、事故件数は 2014 年から 2017 年にかけて約 10 件／年の割合で増加している。4 回線の内、事故発生件数が多いのはアイライーコロールとミュンズ配電線である。この要因としては、敷設地域の環境（樹木接近が多い）および線路亘長が長いことといった要因が考えられる。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.6 配電系統の事故件数推移

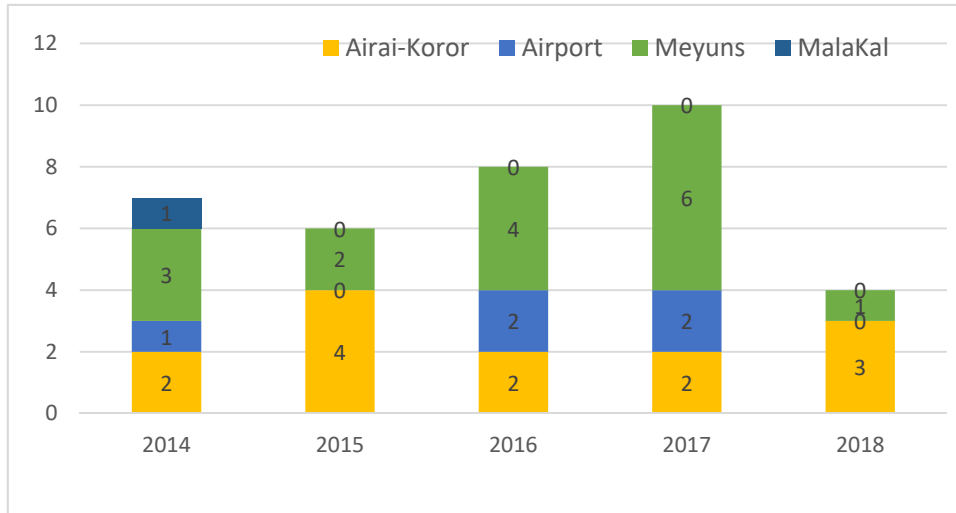
B. 事故発生様相の把握

図 9-1-5-2.6 で示した事故件数を事故種別ごとに示す。図 9-1-5-2.7 は永久事故の件数である。図 9-1-5-2.8 は短時間事故の件数である。

図 9-1-5-2.7 および図 9-1-5-2.8 から、2014 年から 2017 年にかけて増加の事故件数の増加は永久事故・短時間事故ともに増加していることによるものである。

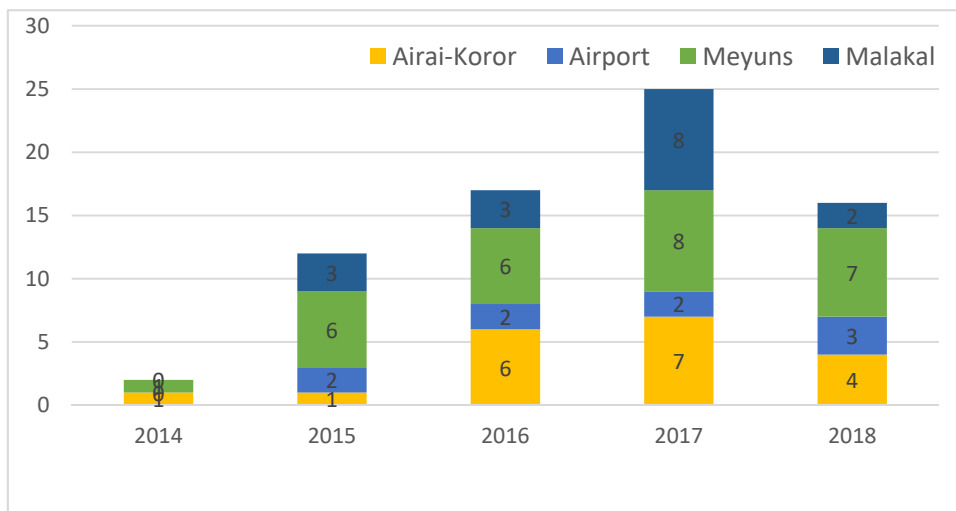
配電系統全体でみると、短時間事故の発生頻度は永久事故の約 2 倍程度である。

永久事故の発生頻度が高い配電線は、アイライーコロールとミュンズ配電線である。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.7 配電線永久事故の推移



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.8 配電線短時間事故の推移

2017 年まではミュンズ配電線の永久事故が特に多くなっているが、2018 年には激減している。アイライーコロール配電線の永久事故は、数件／年の割合で毎年ほぼ同レベルの発生傾向である（図 9-1-5-2.7）。

短時間事故は、3 つの配電線（アイライーコロール配電線・ミュンズ配電線・マラカル配電線）でほぼ同レベルの発生頻度になっている（図 9-1-5-2.8）。

C. 13.8kV 配電線の対策実施と事故発生の関連性検討

前項で示したように、リレー動作により検出した 13.8kV 配電システムの事故件数は、2014 年から 2017 年にかけて増加し、2018 年には減少に転じている。

一方、13.8kV 配電線に対する保全対策は、事故の都度修繕を実施する事後保全であった。本プロジェクトの取り組みとして、予防保全を狙いとした定期巡視が 2018 年 2 月から開始さ

れ、その点検結果に対する改修工事の一部が 2018 年 8 月までに実施された。

このような経緯から、上記 13.8kV 配電線の事故件数の推移には本プロジェクトの成果は未だ現れていないと考えられる。今後、定期巡視と改修工事を継続して実施していけば、事故件数は 2018 年のレベルから徐々に減少していくものと考えられる。

(3) 配電システムの停電の推移 (効果の定量的把握) [PDD 部門データ]

ここでは、配電部門 (PDD) が作成している停電発生件数のデータについて分析する。これらのデータは、配電線路に設置されるヒューズの溶断による停電をカウントしている。この停電発生情報は、顧客の停電申出等により PDD が検出する (原因調査と復旧のために Lineman が出動した) ものである。したがって、このデータの中には、図 9-1-5-2.7 に示す件数も含まれていると考えられる

なお、データ分析に使用できるデータは、2016 年以降のものしか残されていないことから、これ以降の結果を示す。

A. 事故件数の推移

PDD においては事故データの集約は、地域別に行われている。集約を行う地域として下記の 7 つが設定されている。

- a. Despedall (East Coast of Babeldaob) : ネットン送電線のコクサイ変電所から供給される配電線エリア
- b. Keyukl (West Coast of Babeldaob) : ネットン送電線の小容量変電所 (8 か所 : 表 6-1-1-2.1) 供給される配電線エリア
- c. Malakal Feeder : マラカル変電所から供給される配電線
- d. Meyuns Feeder : マラカル変電所から供給される配電線
- e. Airai-Airport Feeder (Entire Airai) : アイライ変電所から供給される配電線
- f. Airai-Koror Feeder (Airai Sub to PHS) : アイライ変電所から供給される配電線
- g. Airai (Airai Sub to Ngerikiil and to Ordome) : Airai-Airport Feeder の一部の分岐線

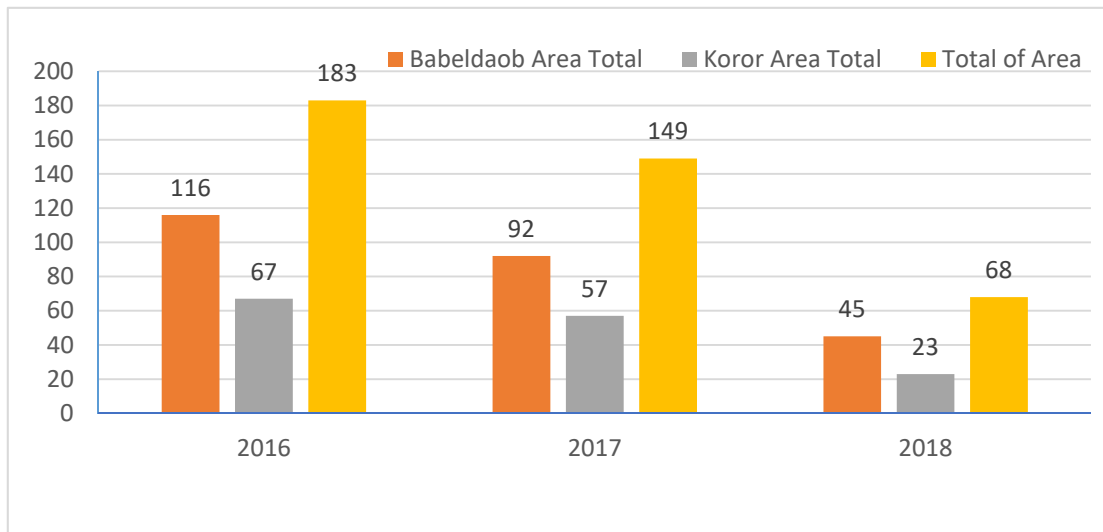
図 9-1-5-2.9 に地域別 (バベルダオブ島とコロール島) の事故件数の年度推移を示す。この図から、どちらの地域においても 2016 年以降事故件数は減少していることが分かる。これは、図 9-1-5-2.6 の変化とは全く逆の傾向を示している。しかし、図 9-1-5-2.6 の件数は図 9-1-5-2.9 の件数に比べて非常に少ないので、両者の傾向の差を考慮する必要はないかもしれない。

ただし、図中の件数は、下式によって集計されたものである。

- Babeldaob Area Total = a+b
- Koror Area Total = c+d+e+f+g

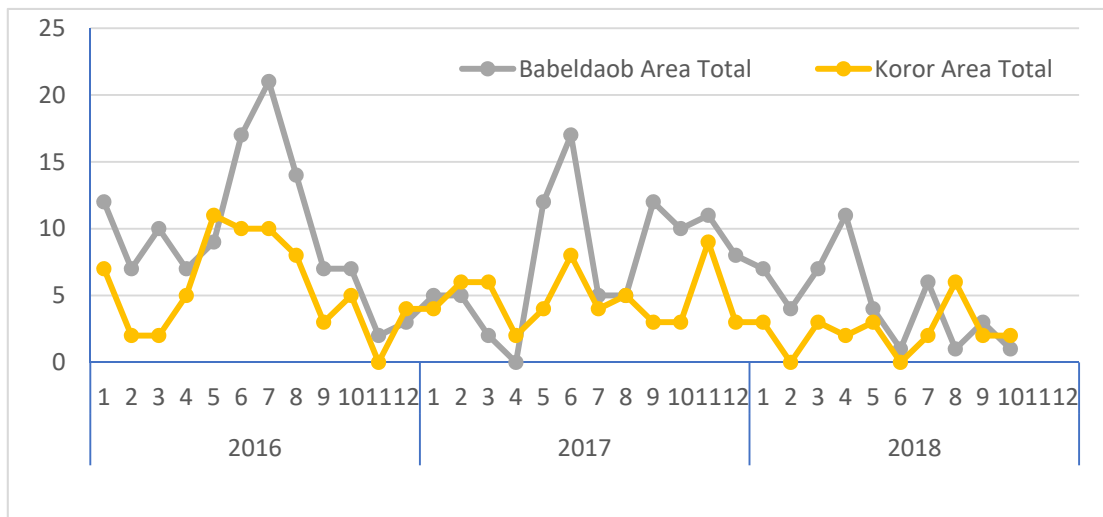
地域別に見ても、どの地域も年度を追うごとに事故発生件数は減少している。

図 9-1-5-2.9 の年度別推移を月別推移に展開したデータを図 9-1-5-2.10 に示す。月別推移に関しても、Babeldaob Area・Koror Area とともに、2018 年末に向けて減少傾向にあることが分かる。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.9 Annual change in the number of faults in each area



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.10 Monthly change in the number of faults in each area

B. 事故発生様相の把握

図 9-1-5-2.9 において地域別に事故発生件数を比較すると、Babeldaob Area は Koror Area よりも需要は相当少ないものの、発生頻度は 2 倍近くになっている。このような差が出る要因は、Babeldaob Area の配電線は樹木繁茂地域を通過している場合が多く、樹木や鳥獣接触の影響を受けているものと推測される。

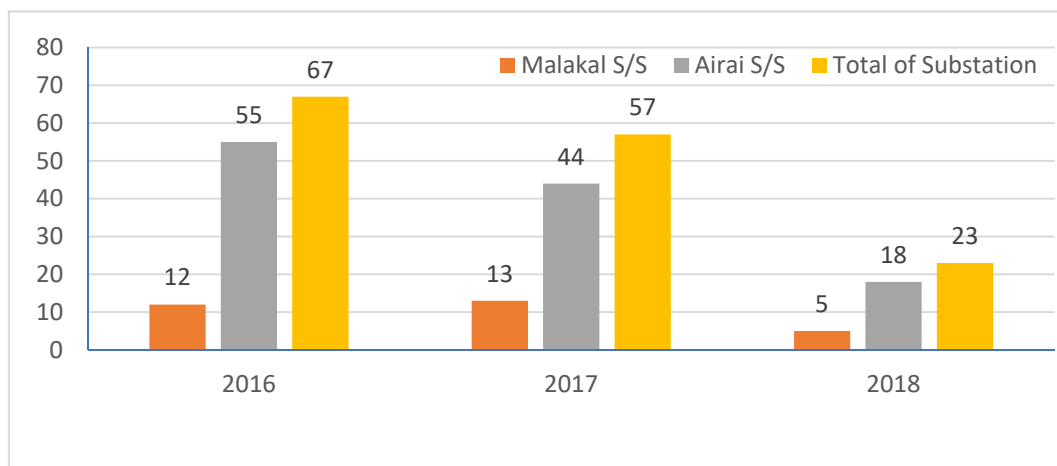
① 市街地域（Koror Area）での傾向

図 9-1-5-2.11 に Koror Area の年度変化を変電所ごとに分解して示す。変電所ごとに見ても、事故件数の推移は、年度ごとに減少傾向であり、2018 年度の減少が顕著である。

変電所間の比較では、アイライ変電所エリアの事故件数は、マラカル変電所エリアの 4 倍の

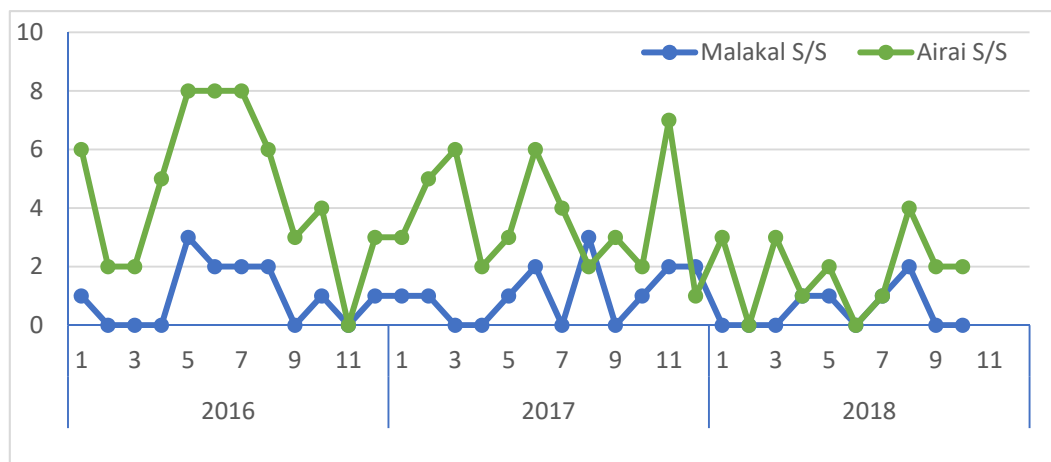
事故発生件数である。この要因は、アイライ変電所エリアの方が線路亘長が長いことと、樹木繁茂地域の通過部分が多いことによるものと考えられる。

図 9-1-5-2.11 の年度別推移を月別推移に展開したデータを図 9-1-5-2.12 に示す。図 9-1-5-2.12 では、マラカル変電所では 2 件/月でほぼ一定の発生頻度であるが、アイライ変電所エリアでは月ごとに減少する傾向になっていることが分かる。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.11 Annual transition of number of faults in each substation



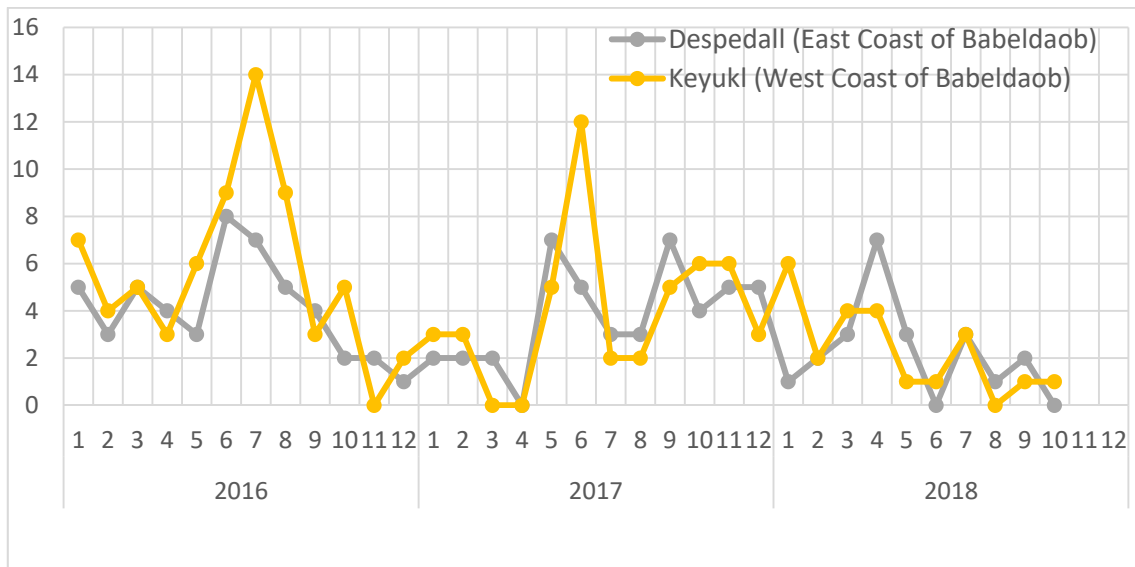
出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.12 Transition of number of faults in Koror Area

② 樹木繁茂地域 (Babeldaob Area) での傾向

図 9-1-5-2.13 に Babeldaob Area の月別変化をエリアごとに分解して示す。Babeldaob Area は、Despedall (East Coast of Babeldaob) と Keyukl (West Coast of Babeldaob) の 2 つのエリアに分けられている。

両エリアとも月ごとの発生頻度は、2018 年末に向けて減少傾向にある。2016 年・2017 年は、東海岸エリアの方が発生件数は多かったが、2018 年に入ってから両地域共にほぼ同レベルの発生状況になっている。



出所：PPUC のデータから JICA 調査団作成

図 9-1-5-2.13 Transition of number of faults in Babeldaob (Supplied from Nekken T/L)

以上、PPUC の送配電システムの事故発生の状況について、時間的推移と地域別（設備敷設状況に対応）の観点から分析した。さらに、事故発生の時間的推移と保全対策の実施の関係から、保全対策の効果について考察した。

現時点では、各種のデータ（設備データ、事故報告、設備点検データ等）が十分整備されていないことから、上述のような分析になった。今後、直接的事故要因に係わる保全対策を講じるためには、信頼度面で問題になるエリアや機材類の問題点等を客観的に把握することが必要であり、上述の各種データの整備と分析手法の確立が必要である。

9-1-6 送配電設備維持管理体制の強化に関する提言

本プロジェクトでは、送・配電設備の信頼度向上をねらいとして、パイロットプロジェクトを通じた予防保全の考え方の導入と具体的方策例の実施に取り組んだ。パイロットプロジェクトにおいて実施した方策は下記の2点である。

- ・ 34.5kV 送電線の樹木対策（樹木巡視と伐採）
- ・ 市街地域設備の定期巡視・改修工事

その内、送電線の樹木対策については、PPUC の取り組みとして 2015 年から樹木対策チームが設置され、その後増強されたことによって、その業務は恒常的に実施されるようになっている。一方、予防保全の中心的業務である設備の定期巡視については、所管部署の人員不足や予算調達の困難等の理由から十分な取り組みが行なわれてこなかった。また、予防保全業務の着実な継続実施を考える場合、その基礎となる組織、業務運行のあり方、管理データ等の整備も十分であるとは言えない。

以下に、PPUC において予防保全業務を着実に遂行するために必要と考えられ、今後、重点的に強化が必要と考えられる事項について述べる。

9-1-6-1 組織・人材の増強と業務運行の明確化

予防保全業務は、予防保全の業務サイクル（図 9-1-3-2.4）および予防保全の業務サイクルの要点（図 9-1-3-2.5）に示すように、PDCA の各段階の業務を効果的に関連付けて一連の流れとしてサイクリックに実施される必要がある（PDCA サイクル）。各段階の効果的な関連付けのためには、データやその解析結果等を関連する部署に引き継ぎ、次のステップを実施する部署では引き継いだデータ等をさらに分析するなどして、問題点を絞り込み、重点的に対策を講じるといった取り組みが必要である。

一方、現在の PPUC では、保全業務は概ね 3 つの実施方法に分かれている。つまり、点検・改修の周期は設備の規模・位置づけに応じて分かれており、大きくは表 9-1-6-1.1 に示すような取り組みがなされている。

この表の中で、(A) の方法は、巡視・点検データに基づき重点実施するものではなく、一定の経年設備を一斉に取り替えるものであり、計画部門が単独で計画立案してしまっている。この方法では、不要なものまで工事対象としてしまう恐れがあり、予算確保面で不適切になる可能性がある。

(C) の方法は、経験（事故多発情報や事故原因機材）に基づく、事故機材のその都度の改修になっている。すなわち、事後保全になっている。

表 9-1-6-1.1 予防保全の実施状況

	設備規模	点検・改修の周期	実施内容
(A)	地域規模の設備 (Area wide)	30 年程度の周期 (計画的改修)	施設後 30 年程度経過した地域の設備は、さびによる劣化が進んでいると想定し、地域規模で一斉改修する。
(B)	幹線設備 (Main line)	“MAINTENANCE GUIDELINE” に定めるような年単位の周期	信頼度面で影響が大きいことから、1~3 年の周期で定期点検を実施する。
(C)	分岐線 (Branch line)	随時	事故多発等、必要に応じて原因特定と対策実施のために、随時実施する。

(B) の方法は、予防保全の考え方に基づく取り組みであるが、これまでは実施されていなかった。

このように、PPUC で実施している保全業務は、上述のような PDCA サイクルが十分に構築されないうまま実施されている。

今後、PPUC の信頼度レベルを適切に維持していくためには、上記(A)(B)(C)の方法を適切に組み合わせながら、(B)の方法に重点を移していく必要がある。そのためには、各関連部署(SCDおよびPDD)の役割と業務運行を明確にし、責任範囲の不透明さを極力なくすような組織運営が必要である。

さらに、上記の組織運営を行うにあたっては、データ解析・計画立案・進捗管理を担当する人材を配置する必要がある。特に、現状はデータ解析・計画立案を担当する部署が欠落しているため、PDCA サイクルが効果的に回せない組織構造になっている。

また、これらの業務進捗等を全体的に管理する管理者の配置も必要である。SCD が所管する変電設備の保全業務に対する組織構成と役割分担・業務運行の例を図 9.2-3.1、図 9.2-3.2、図 9.2-3.3 に示す。

9-1-6-2 作業員 (Line worker) のスキルアップ (多能工化)

PPUC では現在、定期巡視の担当部署は SCD となっているが、人員不足 (業務多忙) と車両不足といったことが、定期巡視を継続的に実施できない理由になっている。一方、PDD の作業員 (Line worker) は車両を使用して毎日工事や事故復旧作業に従事しているが、巡視・点検業務は行っていない。このように、巡視・点検業務の実施にあたっては、合理的な体制となっていない。しかし、巡視・点検業務のために SCD の人員増加を図ることは、費用面で問題がある。

そこで、巡視・点検業務の実施に関して、SCD よりもやり易い環境にある PDD の作業員 (Line worker) のスキルアップを図り、本来業務の閑散期などに SCD に代わり巡視・点検業務に従事させることが考えられる。

そのために、本プロジェクトで作成した “Check point manual” を使用した研修や OJT 等により作業員 (Line worker) の巡視・点検業務への意識づけとスキルアップを図る (多能工化する) とともに、その報告書様式の制定する必要がある。これにより、業務実施コストの増加を伴うことなく、定期巡視・点検の継続実施が可能になると考えられる。

9-1-6-3 標準類の整備と周知徹底

予防保全の業務サイクルを組織の中で効果的に機能させるためには、業務に関する客観的なルールを各部署において共通認識する必要がある。しかし、PPUC においては、そのようなルールは標準類として成文化されておらず、これまでに各種支援において作成・提案された標準類も活用されていない状況である。現状、それらは職員の口伝 (OJT) によって継承されている。

このようなことから、予防保全の業務を一定の品質レベルで継続的に実施していくためには、主要業務の標準類を整備し職員の業務知識レベルの向上を図る必要がある。必要となる標準類として、下記のものあげられ、PPUC の現状に適した内容を反映する必要がある。

- ・ 設備計画基準 (長期計画策定の基準となる考え方、計画作成方法)
- ・ 設備の工事標準 (設備構築の構造・寸法・容量等の仕様)
- ・ 電気安全基準 (Electrical Safety Code) または電気設備技術基準
- ・ 設備保全基準 (“MAINTENANCE GUIDELINE” として提案済)
- ・ 各種業務の運行規則 (上記 1. 項で述べたもの)
- ・ 劣化機材の判定基準
- ・ 機材更新 (経年や過負荷による) の判定基準

9-1-6-4 設備管理台帳および各種図面の整備

上述の組織において予防保全業務 (設備維持管理とともに系統運用業務も含む) を実施するためには、少なくとも設備管理資料が整備され、関係者が情報として共有できる状態で随時更新されている必要がある。しかし、PPUC では、この点が根本的に欠如している。

予防保全業務において必要となる基本的な設備管理資料を表 9-1-6-1.2 に示す。今後、これらを整備するとともに、設備の変更 (新設による追加、改修に伴う取替など) の都度それらのデータがタイムリーに更新されるように、組織と業務運行のあり方を検討する必要がある。

特に、電柱番号の設定と現場への表示は、設備確認と情報管理の原点となる管理情報であるにもか

かわらず、現状は、建設当初に設置した電柱番号札の大部分は紛失するか表示が消滅してしまっている。このような状況では客観的な資料管理はできないことから、早急にこの問題を解決する必要がある。

送電・高圧配電線路図

資料・帳票名	記載すべき情報		整備の目的と用途
	主要情報	詳細情報	
1 電柱番号の設定および電柱番号札の整備			予防保全業務や設備計画業務のための設備・装置の管理を客観的・継続的に実施するための不可欠な指標となる。
2 送電・高圧配電系統図	送電系統・高圧配電系統別に各系統に関する構成・形態の明細を単線結線図で表記する。 シンボル化された単線結線図には、主要機器の情報を記載する。(右側欄)	1. 主要区間の互長・線種 2. 各区間の電流量(制限電流) 3. 自動区分閉器・リクローザーの位置(電柱番号) 4. 手動区分閉器の位置(電柱番号) 5. 線路区分用カットアウトの位置(電柱番号)、適用ヒューズの容量 6. 隣接系統との連系関係	<ul style="list-style-type: none"> 送電系統・高圧配電系統事故時の事故原因調査、事故復旧時の系統運用 作業停電計画および作業停電実施状況図の原因図 作業停電計画および作業停電実施時の系統運用 事故電流の計算 送電系統・高圧配電系統個々の構成および形態の把握 系統の運用・管理が的確に図れるよう関係資料を整備する。
3 送電・高圧配電線路図	送電線路・高圧配電線路別に各電線路の構成・形態の明細を地図上に表記する。 線路図には、主要機器の情報を記載する。(右側欄)	1. 主要区間の互長・線種、施設年度 2. 各区間の電流量(制限電流) 3. 自動区分閉器・リクローザーの位置(電柱番号)、電流量、製造年 4. 手動区分閉器の位置(電柱番号)、電流量、製造年 5. 線路区分用カットアウトの位置(電柱番号)、適用ヒューズの容量・タイプ 6. 変圧器・バンクの位置(電柱番号)/バンクの接続タイプ、変圧器容量、適用ヒューズの容量・タイプ 7. 大口契約の位置(電柱番号)、顧客名、契約電力	<ul style="list-style-type: none"> 送電線路・高圧配電線路の総合把握および設備管理 変(発)電所負荷対策および新增設需要供給対策 設計および工事計画の基本データ 非常災害対策の検討
4 開閉器台帳(一覧表)	線路区分用カットアウトを含む保安開閉装置に関する情報(右側欄)	1. 施設系統名・電柱番号 2. 開閉器種類、製造年 3. 通電容量 4. 点検・修理履歴	<ul style="list-style-type: none"> 装置管理、保全計画立案に関する基本情報
5 変圧器台帳(一覧表)	需要供給用柱上変圧器に関する情報(右側欄)	1. 施設系統名・電柱番号 2. バンク結線タイプ 3. 変圧器容量、製造年 4. 接続需要家データ(契約種別別の軒数)	<ul style="list-style-type: none"> 装置管理、保全計画立案に関する基本情報 負荷管理、設備増強設計に関する基本情報

9-2 変電設備の維持管理

9-2-1 変電設備に関する現状の組織体制と役割分担

System Control Division (SCD) では、マネジャー以下、14 名体制（2018 年 7 月現在）の下、変電・送配電設備およびメーターの新增設や改修時の設備容量計算の計算など技術的な検討を行っている。

SCD の組織体制を図 9-2-1.1 に示す。

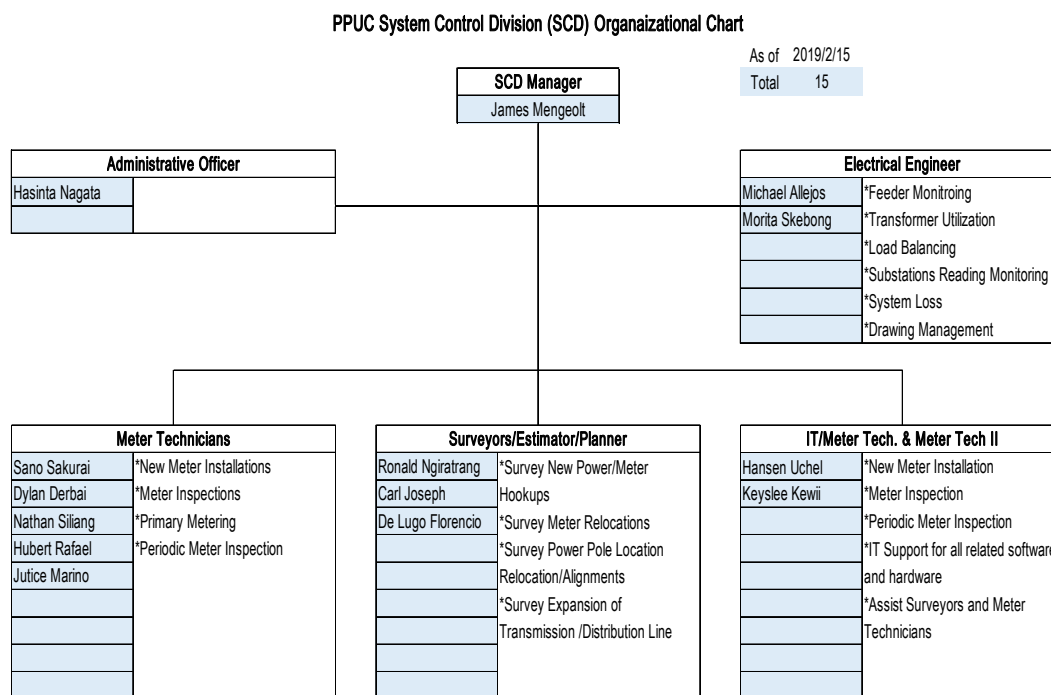


図 9-2-1.1 SCD 組織体制図

また、PPUC では、変電設備を SCD が、送配電線設備を Power Distribution Division(PDD)が所管しているが、変電設備の維持管理業務については、SCD と PDD で分担して実施している。具体的には、定期的な巡視については SCD が実施しており、事故や設備故障が起こった際の対応については、設備所管に関わらず初動対応は PDD が実施し、変電設備に異常が発見された場合 PDD からの連絡を受け、設備所管箇所である SCD が詳細調査等の対応を実施している。

一方、変電設備の改修業務については、計画策定・予算要求は SCD で実施しており、改修作業実施については柱上の変電設備であれば SCD 立会のもと PDD が、地上の変電設備であれば SCD 立会のもとコントラクターが実施している。変電設備維持管理における業務分担は表 9-2-1.1 の通りである。

表 9-2-1.1 変電設備の維持管理分担

	patrol	For failure		Replace and repair		
		Initial response	Detail survey	Plan	Request budget	Working
Substation equipment	SCD	PDD	SCD	SCD	SCD	PDD or Contractor
(reference) Transmission Line Distribution Line	SCD	PDD	PDD	SCD	PDD	PDD

変電設備を維持・運用していくためには、職制に基づき役割を明確にするとともに、保全に関する計画を策定し、それを実行し、必要な対策を講じるといった、いわゆる保全の PDCA サイクルを実践していくことが必要である。

マネジャーは、品質とコストのバランスを総合的に勘案し、安全を最優先に円滑適切に保全業務を遂行するとともに、所員を指導し、設備に対する「愛着心」をもたせ、あらゆる機会を活かし、技術技能の修得と向上に努めさせ、変電設備ならびにその周辺で起こる事象に対して「チャレンジしていく精神」を醸成し、責任をもって対応する。

すなわち、保全業務の確実な実施により、お客さま・地域社会および電気工作物の保安業務に従事する関係者の安全の確保および電気工作物の事故を未然に防止する。

所員は、当該業務が安全の確保・電力の安定供給の実現を達成する上で重要であることを認識し、これに関連する法規則ならびに業務手順に基づき、電気工作物の保全業務を遂行する。

9-2-2 保全業務の PDCA サイクル

PPUC では、設備点検を実施していないため、当面は巡視をベースにした保全業務の PDCA サイクルを実施していくことを基本とする。

- ① 巡視は、安定した設備の運転を維持するために、設備の老朽度、過去の巡視実績、事故障害履歴などを勘案のうえ、設備の実態に即して行い、事故障害の未然防止を図る。
- ② 現場作業員は変電設備について、前年度巡視実績および事故障害実績等の設備実態や設備改修計画、設備改修予算を勘案したうえで、SCD マネジャー以下にてコミュニケーションを図りながら巡視計画を策定する。

特に変圧器については、温度のトレンド管理ができるようにすることが望ましい。

巡視計画策定フローを図 9-2-2.1 に示す。

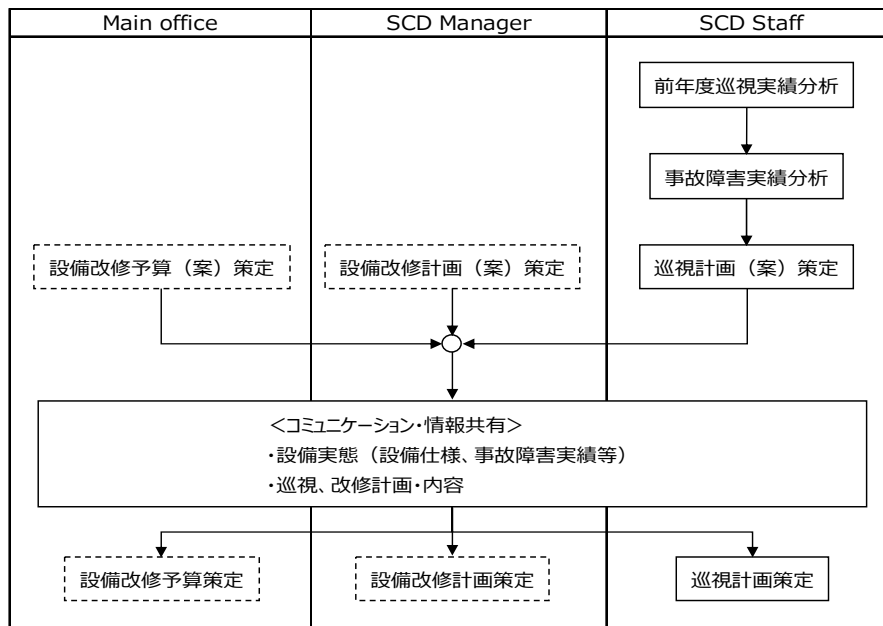


図 9-2-2.1 巡視計画策定フロー

- ③ 現場作業員は「巡視チェックリスト兼記録用紙」（添付資料-6）を基に巡視を実施し、巡視結果を記録し、保管する。巡視時は、設備から発生する異音に注意すること。巡視にて設備の不具合を発見した場合は、「事故障害報告書」（添付資料-7）を作成し、SCD マネジャー以下にて情報共有し、復旧方針についてコミュニケーションを図りながら、復旧を実施する。巡視業務実施フローを図 9-2-2.2 に示す。

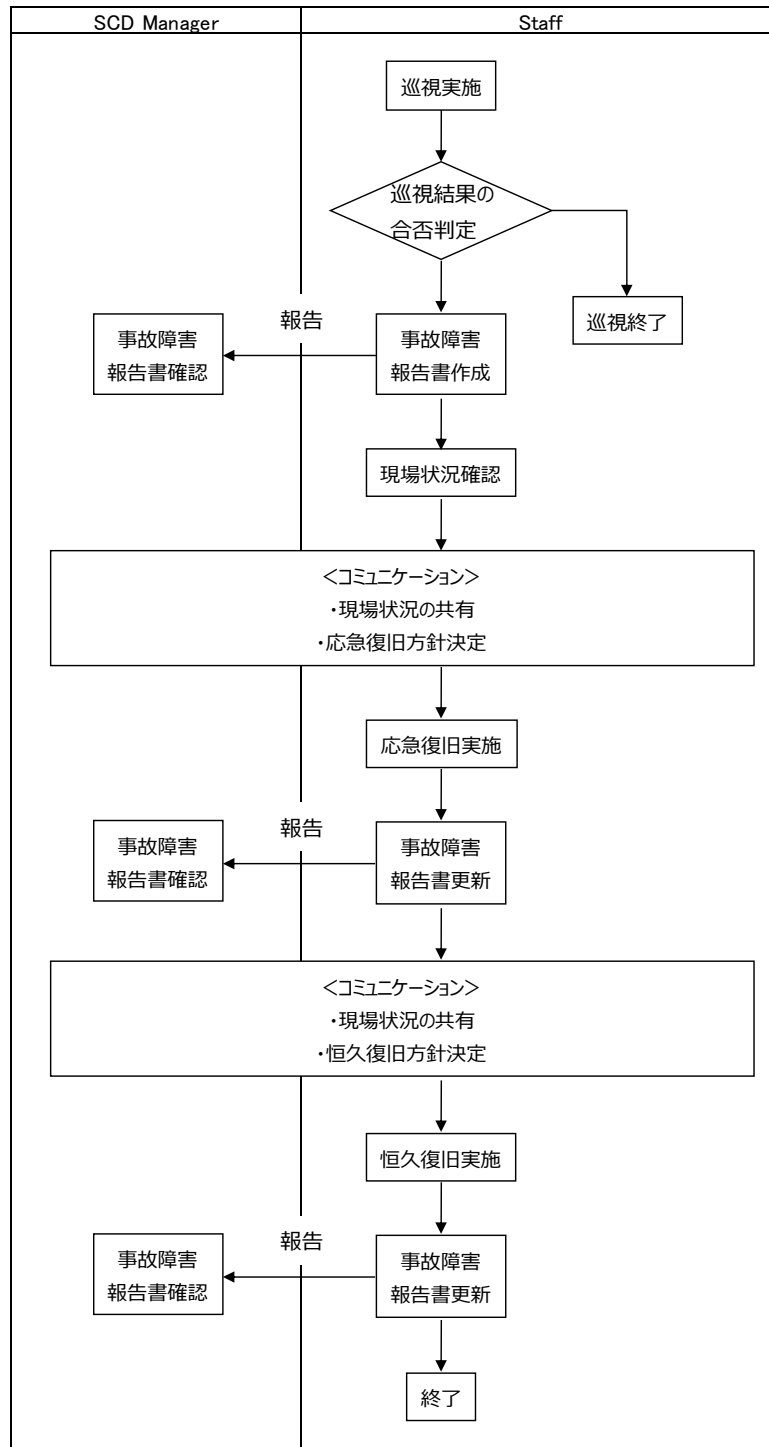


図 9-2-2.2 巡視業務実施フロー

- ④ SCD は、前年度の巡視実績および事故障害実績を基に、マネジャー以下にてコミュニケーションを図りながら年度改修計画を策定し、設備の改修を実施する。改修計画策定フローを図 9-2-2.3 に示す。

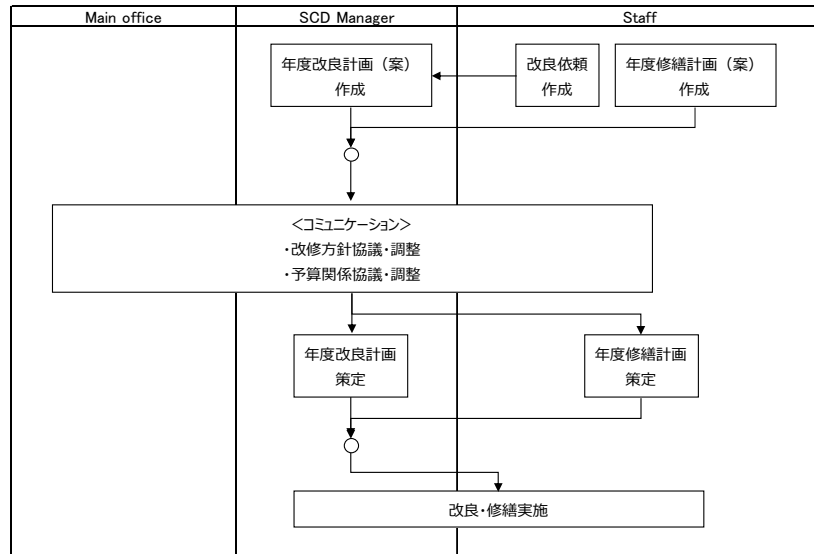


図 9-2-2.3 改修計画策定フロー

9-2-3 改修計画策定の考え方

変圧器、遮断器、断路器などの主回路設備については、概ね経年 40 年を目安として取替計画を策定する。予算設定にあたっては、「取替計画策定の目安」(添付資料-8) に示す改修基準を目安に、当該設備の障害状態を加味して決定する。

変圧器は漏油の状態や温度上昇の傾向の有無、遮断器は、異臭・異音の状態、断路器は、過熱の状態に特に注意する。既設に多く設置されている油遮断器は、事故遮断を多くすると、原理的にさすが内部に蓄積されるため、設備更新に合わせて、メンテナンスが容易な真空遮断器を適用することが望ましい。

9-2-4 保全データ管理

各変電所の各設備仕様(定格電流・電圧等のスペック、製造者、製造年等)を保管したものが一元管理されておらず、一覧表も存在しない。また、最も重要な図面である単線結線図も竣工時のものしかなく、部分更新後の状態を反映したものは存在しない。設備仕様データの管理は、設備実態の確実な把握のために、常に最新データを登録しておく必要がある。今回、各変電所の「単線結線図」(添付資料-4) および機器配置図(添付資料-4)を作成したので、これを設備更新の都度、修正をしていくことを推奨していく。

また、マネジャーは、設備を個別に管理していく観点から、変電設備の巡視、改修、事故障害などに関する保全経歴の記録を整理、保管するように、アドバイスをしていく。

9-2-5 保全分析評価

マネジャーは、保全業務遂行における問題点を継続的に改善するため、保全業務実績の分析評価を行い、保全業務の質的向上を図る。

巡視については、巡視計画と実績との差異を巡視実績から実施頻度の逸脱件数およびその要因を分析するとともに、実施頻度逸脱時に行った処置内容の妥当性を評価し、次年度の巡視計画への反映および業務ルール改善を行う。

事故障害については、事故障害報告書から、発生件数と増減傾向、発生要因を分析するとともに、発生時に行った処置の妥当性を評価し、次年度の巡視計画、改修計画へ反映するとともに機器の巡視・更新時期・取替目安などの業務ルールの改善を行う。

9-2-6 設備維持管理業務に関する改善提案

- (1) 現行の組織体制では、SCD が送電設備や配電設備の巡視時に発見した設備異常の対応を PDD へ依頼しているものの、いつ改修が完了したのかを把握できていないため、次の巡視時に同様の依頼を PDD へ繰り返している。このため、設備の健全性を管理できていない問題が生じている。このため、送電設備および配電設備については、専門的な知見を有する PDD が巡視、改修を行うような業務分担の見直しを行うことが望ましい。その一方で、SCD は、変電設備に関する巡視を行っていないため、重大事故を未然に防止する観点から変電設備に関して巡視を行い、記録し、必要な改修計画や予算要求の策定に資することが望ましい。
- (2) アイメリーク変電所で、既設変圧器の油取替作業を行っている状況を視察したが、変圧器一次側架線切り離し作業の前の検電が実施されていない状況であった。今後将来的に設備の点検を行うような機会が増えると思われるが、その際、安全を確保する、安全を確認した後に作業に着手するといった、安全文化の醸成が必要である。

9-2-7 設備維持管理業務定着化に向けた取り組みと成果

(1) 巡視業務の定着化

*取り組み

PPUC では変電設備に関する巡視を行っていなかったため、設備状況の把握ができず重大事故を未然に防止する仕組みが形成されていなかった。そこで巡視時に確認が必要な項目について設備ごとにリスト化した巡視チェックリスト（別添-1 参照）を、PPUC 内の各変電所用に作成した。巡視チェックリストを PPUC へ提供するとともに、巡視業務に同行し、巡視時の注意事項（変圧器については漏油状態や温度上昇の有無、遮断器については異音や異臭、断路器については過熱状態など）について指導し、また必要に応じて適宜フォローを実施することで巡視業務の定着化を図った。また巡視データを巡視チェックリストの記録・保管を実施し、設備状態のトレンドを定期的に確認することで重大事故を未然に防止および設備改修計画、予算要求に活用することを提言した。

*成果

指導および必要に応じたフォローの実施により、PPUC 単独にて各設備に応じた巡視業務を安全に実施できるようになった。また、提供した巡視チェックリストの活用による巡視データの記録・保管を実施することにより、各設備状態の把握が可能となり、設備維持管理能力の向上および重大事故を未然に防止する仕組み形成につながった。また PPUC 独自で巡視スケジュールを作成し、各変電所 1 回/月の巡視業務を着実に実施できており、巡視業務の定着化が図れた。

Patrol check-point and Record form

Substation : Airai S/S
 Date : 10-30-16
 Time : 8:49
 Transformer

Patrol by : M9A/ME

Segment	View point	Check	Note	
Main	Oil level	Transformer : (35) % , LTC : (32) %	/	
	Temperature	Transformer : (45) °C	/	
	Bushing	Oil leak, pollution, any damage	/	P
	Conservator	Oil leak, pollution, any damage	/	P
	De-hydrating breather	Degree of Silica gel discoloration, Degree of Insulation oil discoloration and its amount	/	discolored
	Elephant	Oil leak, pollution, any damage	/	rust on top & bottom
	Main body	Oil leak, pollution, any damage, abnormal noise	/	
	On load tap changer control box	Tap Position : (9) , any damage, abnormal noise or smell	/	
Sub	Radiator	Oil leak, any damage or deformation	/	
	LBS, Fuse	Rust, any damage	/	P
	Bushing	Oil leak, pollution, any damage	/	P
Elephant	Oil leak, pollution, any damage	/	P	

CB

Segment	View point	Check	Note	
CB01	Bushing	Oil leak, pollution, any damage	/	P
	Tank, Mount	Rust, abnormal noise, abnormal smell, or any damage	/	P
	Control box	Abnormal noise, abnormal smell	/	

LS

Segment	View point	Check	Note	
LS1	Bussing	Pollution, any damage	/	P
	Base, Mount	Rust, abnormal noise, abnormal smell, or any damage	/	

Other equipment

Segment	View point	Check	Note	
Cubicle	F1 760-152P	Counter: (968) times Pollution, rust, abnormal noise/smell, any damage	/	
	F2 760-152P	Counter: (822) times Pollution, rust, abnormal noise/smell, any damage	/	bulb no good
Arrester	Bushing	Pollution, any damage	/	P
	Base, Mount	Rust, any damage	/	
Building	Door	Key lock, rust, any damage		
	Fence	Rust, any damage		

9 fluorescent bulb - no good

図 9-2-7.1 巡視チェックリストの例 (PPUC 記載)



図 9-2-7.2 巡視業務技術移転の様子

(2) 変電設備メンテナンスの経緯

*取り組み

PPUC では変圧器設置以降、吸湿呼吸器（変圧器の絶縁油が吸湿により劣化するのを防止する乾燥剤）の取替を行っておらず変色しており、変圧器の絶縁性が確保できず設備維持に支障を来す恐れがあった。そこで、吸湿呼吸器取替の必要性を提言するとともに吸湿呼吸器の供与・取替を行った。変圧器の絶縁性確保のため今後も定期的な取替を実施することを提言した。

また、断路器等の変電設備においても設置以降メンテナンスを実施していなかったため、錆が顕著であり、接触不良により導電性が確保できず安定供給に支障を来す恐れがあった。そこで電力設備メンテナンス用のグリースを供与し、グリース塗布による定期的なメンテナンスを従へし設備保全の定着化を図った。

*成果

吸湿呼吸器の交換作業および変電設備へのグリース塗布によるメンテナンスを実施することで設備維持を図るとともに、設備維持のためのメンテナンスの必要性について理解を図れた。



図 9-2-7.3 吸湿呼吸器取替の様子



取替前



取替後

図 9-2-7.4 吸湿呼吸器の取替前後

(3) 安全文化の醸成

*取り組み

PPUC で停電作業着手前の検電が実施されていない状況を踏まえ、図 9-2-7.5 のような充電検出器^{*}を供与し使用方法・目的について説明するとともに、巡視等の現場作業時には充電検出器を常に携帯しておくことを提言した。

*成果

巡視時も含めて現場作業時における充電検出器の携帯が徹底されており、安全に対する意識向上が図れた。また送配電設備を管轄する他部門（PDD）にも水平展開されており、PPUC 全体として安全文化の醸成を図れた。（^{*}充電検出器：充電箇所へ近づくと発光と発信により通知する検電補助器）



図 9-2-7.5 充電検出器

(4) 故障計算講義の実施

*取り組み

系統事故時の故障電流の算定や保護リレー整定、遮断器における定格遮断電流の選定等に必要となる%Z（パーセントインピーダンス）法の概要、%Z法を用いた故障電流計算方法、事故点算定方法について、SCD、PDDを対象に演習を含めた講義を実施した。

*成果

故障計算に関する基本的な内容について演習を交えた講義を実施することで、PPUC内の技術計算スキルおよび知識の向上を図れた。今後PPUC内で本スキル・知識を水平展開することを提言した。



図 9-2-7.6 講義の様子



図 9-2-7.7 演習の様子