

劣化・故障診断機能を搭載した太陽光発電設備用遠隔監視システムの開発

1 はじめに

平成24年7月に、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行されたことにより、太陽光発電（以下、PV）設備が注目され、その導入スピードは急激に加速している。しかし、その一方で、様々な不具合事例も報告されるようになってきた。例えば、産業技術総合研究所で実証試験中の出力合計877kWのPV設備では、太陽電池モジュールの2.7%、パワーコンディショナ（以下、PCS）の16.6%に不具合が発生していることが報告されている^[1]。また、他の設備では、設計不良や施工不良による不具合も報告されている^{[2][3]}。

PV設備の不具合は、売電収入への影響や安全性の確保の面から早期に発見し対処する必要がある。このため、近年、遠隔監視システムを導入し、PV設備の監視を行う例が増えている。しかし、市販されている遠隔監視システムは、不具合を発見するための劣化・故障診断機能が十分とは言えない。そこで、他社と差別化できる独自の劣化・故障診断機能を有する遠隔監視システム（以下、本システム）を開発した。

2 PV遠隔監視システム開発における課題

PV設備の構成例を図1に示す。図1は200kWのシステムであり、定格出力250Wの太陽電池モジュール832枚、1ストリング（太陽電池の直列単位）を16直列として合計52ストリング、接続箱が4箇所、13ストリングずつ並列接続している。集電箱ではそれらを1つに並列接続してPCSへ接続する。

一般に、PV遠隔監視システムにおける発電量の監視単位として、PCS単位、ストリング単位、接続箱単位、モジュール単位がある。図1を例にした監視単位別仕様の比較を表1に示す。計測点

表1 PV遠隔監視システムの監視単位仕様比較

監視単位	PCS	接続箱	ストリング	モジュール
計測点数	1	4	52	832
監視容量	208kW	52kW	4kW	250W
モジュール1枚分の出力低下に対する低下率	0.12%	0.48%	6.25%	100%
出力低下検出	×	△	○	◎
イニシャルコスト*	1.0	1.4	2.0	2.2

*メーカーヒアリングから

はそれぞれ1点、4点、52点、832点であり、監視単位が細かいほど同じ発電量低下に対する計測値の低下率が大きいため、出力低下や劣化を検出しやすい。しかし、その反面、イニシャルコストが高くなるという課題がある。

また、これまでのPV遠隔監視システムは、発電量の見える化を主目的に開発されたものが多く、劣化による出力低下などの劣化・故障診断機能を搭載した製品は少ない。

以上より、当社独自の精度の高い劣化・故障診断手法を開発し、異常検出精度と採算性のトレードオフを解決することが、開発における課題となる。

3 開発システムの概要

3.1 システム構成

図2に開発したシステムの構成図を示す。本システムは、後述する「%電力量」を用いた劣化・故障診断機能、中継PCレス、サイネージ表示など、当社独自の機能を搭載した監視システムである。また、同時に監視単位を接続箱とすることで計測点を減らし、イニシャルコストの低減を図っている。

3.2 独自機能や特徴

(1) %電力量を用いた劣化故障診断機能

%電力量は(1)式で示すように、定格発電電力(P_0 [kW])、太陽電池モジュール温度(T_{PA} [°C])、日射強度(G [kW/m²])から求めた期待発電電力

$$\%電力量 = \frac{\int P(t)}{P_0 \int G(t) \left\{ 1 + \frac{\alpha}{100} (T_{PA}(t) - 25) \right\}} \times 100 \quad \dots (1)$$

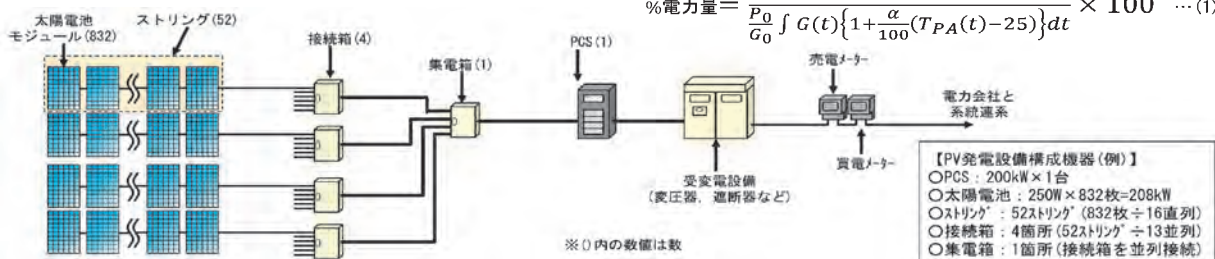


図1 PV設備構成機器(200kWシステムの例)

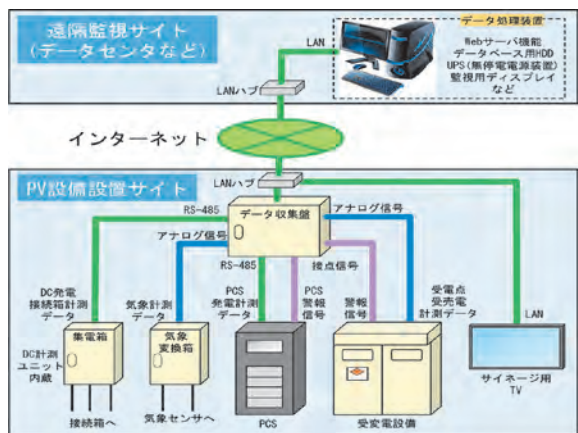


図2 PV遠隔監視システム構成図

量 [kWh] と、実測発電電力量 (P[kWh]) の比であり、PV発電電力が期待通り出力されているかを評価する指標である [3]。

ここで、標準日射強度 ($G_0 = 1 [kW/m^2]$) と出力温度補正係数 ($\alpha [%/^{\circ}C]$) は定数である。

%電力量の算出には、接続箱毎の傾斜面日射強度とモジュール温度が必要である。太陽電池の設置条件 (方位、角度) がサイト内に複数ある場合を想定し、本システムには、水平面日射強度から傾斜面日射強度を推定する機能を搭載しており、汎用性の高いシステムとしている。

この%電力量を用いた診断アルゴリズムは、当社大高営業所に設置した100kWのPV設備での実験結果を踏まえて開発した。例えば、モジュールの故障を写真1のような遮光実験で再現し、電圧・電流・発電出力の変化を確認しながら精度の良い診断アルゴリズムを開発した。その結果、監視単位をストリングまで細かくしなくても精度よく異常を検出することが可能となり、イニシャルコストを低減することができた。

本システムで検出可能な異常と検出条件を表2に示す。検出する異常は、長期と短期に発生するモードを想定している。PCS運転停止や系統異

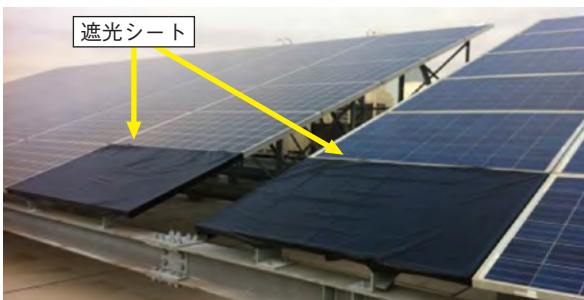


写真1 大高営業所での遮光実験の様子

表2 異常モードと検出条件一覧

異常モード	検出期間	検出条件
長期	動作電圧異常	3日後 1日の平均動作電圧が10日間 (正常日のみ) の平均値より $\pm 9V$ 逸脱する場合
	%電力量異常	3日後 1日の平均%電力量が10日間 (正常日のみ) の平均値より $\pm 7%$ 逸脱する場合
	経年劣化	3日後 1年の平均%電力量が初期値 (稼働開始年) の90%、又は80%を下回る場合 (2年目以降有効)
短期	計測機器故障	1日後 日射計、温度計の計測データが未取得の場合
	PCS警報	即時 PCS運転状態、装置・系統異常等

常など、採算性や安全性への影響が大きな短期モードは即時検出する。一方、出力低下や経年劣化などの長期モードは、誤検出確率を下げるため発生の3日後に検出するアルゴリズムとした。

(2) 中継用パソコン (PC) レス

一般的な遠隔監視システムでは、収集した計測データをいったん現地のPCに保存し、その後外部サーバに計測データを送信し保存することが多い。しかし、本システムは、コストダウンのため現地にPCを必要としない仕様とした。本システムは外部とデータ収集装置が直接通信するため、現地にPC不要となり、保守性が向上する。

(3) サイネージ表示

PV設備を導入する事業者からは社外PR用にサイネージ表示の要望が多い。そこで、サイネージ画面表示用のWebサイトをサーバ側で作成し、Webブラウザで閲覧する仕様とした。サイネージ画面の設置事例を写真2に示す。表示用のハードウェアにはWeb閲覧機能を搭載した液晶テレビを採用しているため、安価に導入可能である。

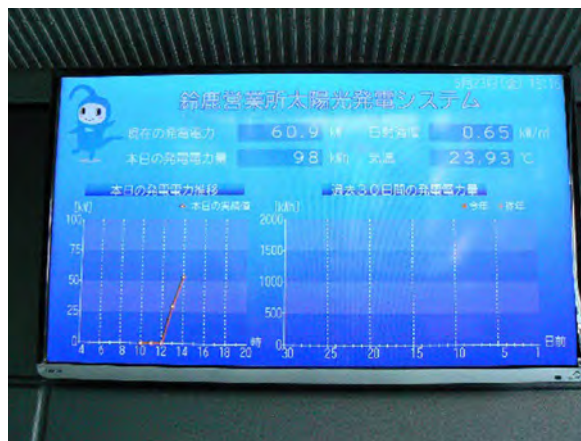


写真2 サイネージ用TV設置事例 (鈴鹿営業所)



図3 監視画面トップページ

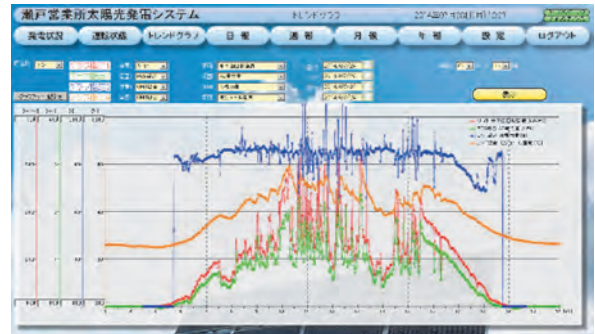


図5 トレンドグラフ表示画面

3.3 表示機能等

(1) 現在値と稼働状態の表示

図3の監視画面トップページに、日射強度、売・買電力量、接続箱単位の発電電力、%電力量等を表示する。各接続箱の%電力量の平均値に合わせて画面右上のバググラフが変化し、平均値が低下すると当社イメージキャラクタの表情も変化するなど、現在の発電状況を視覚的に確認できる。

(2) 故障・異常等の運転状態と履歴の表示

トップページ下方の空欄内に、受変電設備やPCSで発生した最新の警報情報が表示される。図4の「運転状態」画面では、PCSの運転・停止等の状態表示と、故障・警報履歴を閲覧できる。過去のイベントを検索する機能もある。

(3) 計測データのトレンドグラフ表示

図5に計測データのトレンドグラフの表示画面を示す。データのサンプリングとして、1分、30分、1日、1月単位を選択可能であり、1つのグラフに4種類の計測データを同時に表示することができる。特徴的な機能として、異なる日のデータを同じグラフ上に表示することが可能である。縦軸のスケールを計測データ毎に設定することが可能であり、過去データの分析には非常に有用な機能である。

(4) 日報・月報表示とCSVデータのダウンロード

日報、週報、月報、年報のデータを表示し、CSV



図4 運転状態表示画面

形式でダウンロードすることができる。より詳細にデータを分析する際や、使用者がデータから報告書を作成する際に便利である。なお、本システムのデータ保存期間を20年間とした。これは、固定価格買取制度の調達期間が20年間であることと、太陽電池の長期劣化を検出する機能を搭載しているためである。

(5) 故障・異常発生時のメール発信

故障・異常が発生した際に、指定したメールアドレスへメールを送信する機能を搭載している。常時監視画面を閲覧していない状態でも、すぐに警報情報を受け取ることができるため、早期の対応に有効な機能である。

3.4 他社システムとの比較

本システムと一般的な遠隔監視システムとの比較を表3に示す。中継用PCが不要な点や、データ保存期間が20年間を標準としている点、また、独自の故障・劣化診断機能を搭載している点などが優位である。PCSの最大接続台数が4台である点は、データ収集装置とPCS間の通信速度による制限であるが、要望によって台数の追加が可能である。

表3 他社製品との比較

項目	本システム	他社の一般的な製品	比較
設備保守	中継用PCレスのため保守が容易	中継用PCが必須な場合が大半	◎
データ計測	最短1分間隔の瞬時値を記録	最短1分間隔平均値を記録	—
データ保存期間	最短記録データを20年間	最短記録データは2~3年間保存 古いデータから消去	◎
機器接続台数	PCSは4台まで 接続箱は20程度	PCSを10台前後	△
故障・劣化診断	%電力量、動作電圧、動作電流の推移から絶対値評価	電流や電力値の相互評価	◎
監視対象	受変電設備、PCS、接続箱	受変電設備、PCS(接続箱やストリングはオプション)	◎

4 フィールドテスト

4.1 テスト概要

フィールドテスト先として、エコソリューション部の発電事業用PV設備（表4の4ヶ所）に本システムを導入し、各サイトの状態監視・発電量監視・%電力量による劣化故障診断アルゴリズムの検証を行った。表内の①～④はモジュールメーカーの違いを表している。

表4 フィールドテスト先PV設備一覧

サイト名	瀬戸		三河東	鈴鹿	津	
導入時期	2014.01		2014.04	2014.05	2014.06	
PCS	定格出力[kW]					
	100	100	100	100	100	100
太陽電池	モジュール定格出力[W]					
	①245	②245	③245	④245	④245	④245
	枚数					
	392	378	378	462	392	392
太陽電池	アレイ定格出力[kW]					
	96.0	92.6	92.6	113.2	96.0	96.0
	ストリング直列数					
	14	14	14	14	14	14
接続箱No:	1-1:13		2-1:14	1-1:15	1-1:12	1-1:14
	1-2:15		2-2:13	1-2:12	1-2:11	1-2:14
ストリング並列数	1-3:10		1-3:10	1-3:10	1-3:10	1-3:10
	2-2:14		2-2:14	2-2:14	2-2:14	2-2:14
集電数(接続箱数)						
	2	2	2	3	2	2

4.2 劣化故障模擬実験の検証結果

本アルゴリズムの検証として、1ストリング断線を模擬した出力低下を検出できるかどうかを確認した。瀬戸営業所の接続箱1-1のうち1ストリングの断路器を遮断した場合の水平面日射強度と各接続箱の%電力量の30分毎平均値の変化を図6に示す。7/24の16:00頃に断路器を遮断し、3日後の7/28に「%電力量異常」を検出した。本システムは現在も営業所にて稼働している。

5 今後の課題

現状の課題として、大規模発電設備への対応と故障・劣化診断アルゴリズムの改良が挙げられる。

以上

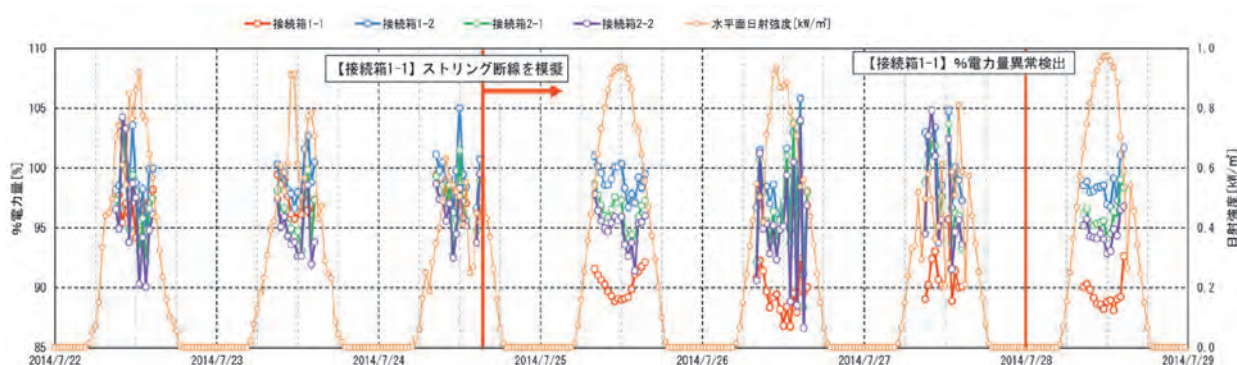


図6 ストリング断線模擬実験時の計測データ

PCSを4台以上設置する発電所を監視するには、データ収集装置とPCS間の通信速度を上げる必要がある。また、接続箱の台数に合わせ監視画面も改良する必要がある。アルゴリズムの改良では、ストリング断線よりも小規模な故障や出力低下を早期に検出できる高精度なアルゴリズムを開発する。

6 おわりに

今後は利用者の使い勝手やさらなる異常検出精度の向上を図り、本システムの実用化へ向けた開発を進める。また、本システムの提案で、PV設備の建設やメンテナンスの受注拡大を図り、当社PV事業へ大きく貢献できるよう研究を進めたい。

【謝辞】

本研究は、学校法人名城大学、株式会社シーエスデーとの共同研究によって得られた成果である。この場をお借りして深く感謝の意を表する。

【参考文献】

- [1] 加藤和彦：「太陽光発電システムの不具合事例ファイルーPVResQ！からの現地調査報告ー」 日刊工業新聞社、2010.07発行
- [2] 吉富政宣：「太陽光発電システムの構造設計とヒューマンファクター」 太陽エネルギー、Vol.40 No.2 220号、(2014)
- [3] 真田英和、山中三四郎、西戸雄輝、小林 浩：「%電力量と発電電力量の相関性に関する一考察」 太陽／風力エネルギー講演論文集、77、(2013)

ケーブル巻付ハンガの開発

1 はじめに

配電部門では、お客さまを停電させずに工事箇所の高圧線のみ停電させる工法として、高圧パイパスケーブル（以下、ケーブルという）で迂回ルートを設け、高圧線に流れる電流をケーブルに切り替える「高圧仮送電工法」により工事を行っている。（図1）

ケーブルは、一般的に絶縁体に架橋ポリエチレンを用いた耐張力のあるCVケーブルを使用するが、当社では、仮設開閉器と高圧線との接続には絶縁体にエチレンプロピレンゴムを用いた柔軟性があり扱いやすいPNケーブルを使用している。（写真1）現在、このPNケーブルの不良が多く、不良ケーブル削減を目的に新たな工具を開発することとした。

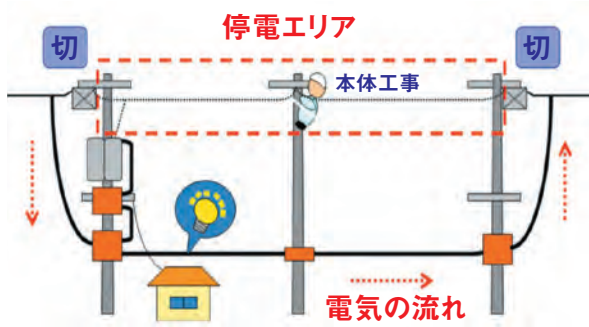


図1 高圧仮送電工法イメージ

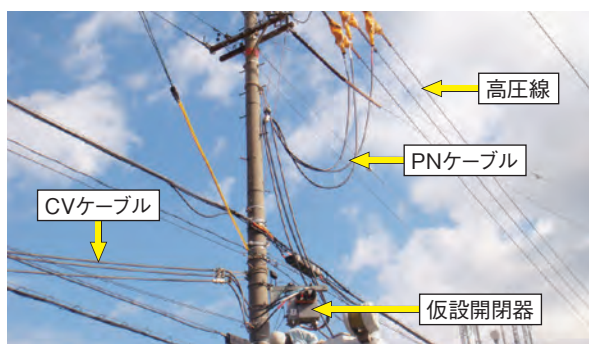


写真1 ケーブル布設状況

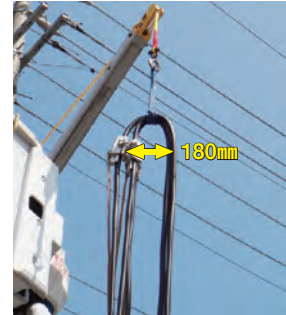
2 現状

不良ケーブルの解体調査を行った結果、高圧線へ接続する端子側から5~6mの位置で遮蔽層^{※1}の乱れが大きく損傷が著しいことがわかった。この箇所はケーブルを吊り上げる位置とほぼ一致しており、ケーブルを吊り上げる際、端末部・ケーブルの重量により大きな曲げ応力が加わり、過度な

屈曲^{※2}（曲げ直径180mm）を繰り返すことで遮蔽層の損傷を早めていると想定される。（写真2、写真3）



吊り上げ準備

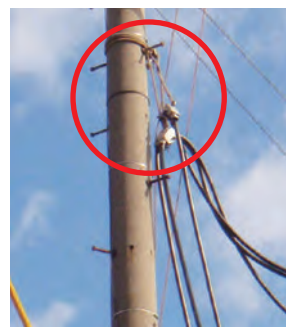


吊上げ時

写真2 ケーブル吊上げ状況



ケーブルクランプ



ケーブルクランプによる支持

写真3 電柱へのケーブル支持状況

※1 ケーブルは導体、絶縁体、遮蔽層、シースで構成（図2）され、遮蔽層は絶縁体表面に集積された電荷を大地に流す役割を果たしている。このため、人や物が触れても安全であるが、遮蔽層が損傷した状態でケーブルを使用し続けると遮蔽層の電圧に偏りが生じ、静電遮蔽の状態が崩れてしまう。

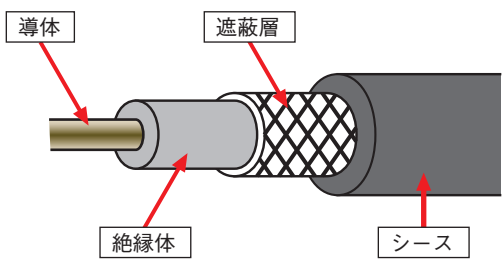


図2 ケーブルの構造

※2 38mm²ケーブルの許容曲げ直径は300mm（ケーブルを固定して長時間にわたって特性が保証できる値）とされているが、現状の工具、工法ではこの値を確保しながら

配電本部 配電統括部
技術グループ
／二之タ 弘



吊り上げ、電柱・腕金等に支持することが困難である。

(2) 作業性の確保
現行工法より作業効率が低下しないこと。

3 ケーブルへの影響確認

半径95mm (直径190mm) の治具と半径175mm (直径350mm) の治具による屈曲試験装置にて、ケーブルの曲げによる遮蔽層への影響を確認した。(写真4、図3)

屈曲試験10万回実施後に、解体調査を行った結果、遮蔽層の断線数は、半径95mmの場合36.9%であったが、半径175mmの場合は、遮蔽層の乱れはなく、断線数は0%であった。(表1)

このことから、ケーブル不良は、ケーブルの曲げ半径により大きく左右されることがわかった。

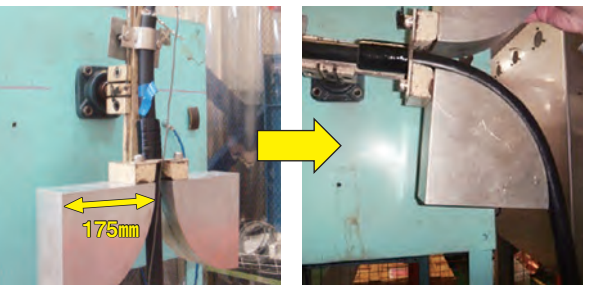


写真4 屈曲試験装置 (写真は半径175mm)

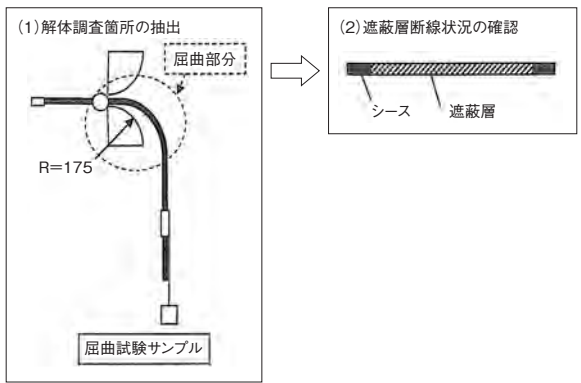


図3 屈曲試験

表1 屈曲試験結果

	半径95mm	半径175mm
遮蔽層断線数	62/168本 (36.9%)	0/168本 (0%)

4 開発の方向性

(1) 許容曲げ直径の確保
ケーブルの許容曲げ直径を確保しながらケーブルの吊り上げおよび電柱への仮支持ができること。

5 開発概要

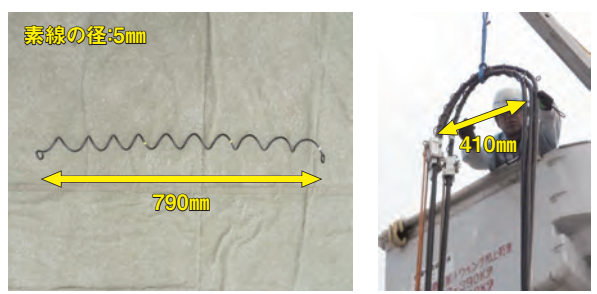
5.1 試作品の作製

R型の金具(試作品①)にケーブルを乗せて吊り上げる方法(写真5)とケーブルにステンレス素材のグリップ(試作品②)を巻付けナイロンスリングで吊り上げる方法(写真6)を検討した。

試作品①は確実に許容曲げ直径確保ができるが、工具自体が大きく取扱いづらいため作業効率が低下する。試作品②はケーブルに巻付ける作業に時間を要するが、材料自体が安価であり工具改善による作業効率向上も期待できることから、試作品②をベースとして改良検討することとした。



外観 写真5 試作品①
吊上げ状況



外観 写真6 試作品②
吊上げ状況

5.2 試作品の改良

(1) グリップ巻付け数の削減

試作品②は、素線の径をφ5mm、全長を790mmとし、ケーブルに10回巻付け吊り上げることで許容曲げ直径を確保する構造としていたが、ケーブルへの巻付けに時間がかかってしまう。巻付け数を削減しグリップの全長を短くするとグリップの両端部で屈曲してしまい、許容曲げ直径が確保できない。(写真7) このため直線のグリップではなく両端を少し曲げた形状としたが、素線

の径がφ5mmのままでは、ケーブルの重さで曲がり過ぎてしまうためφ6mmと太くし、ケーブル吊り上げ時に加わる自重で半円（曲げ直径は余裕を見て約450mm）となる構造とした。（写真8）グリップの幅は500mm、ケーブルへの巻付け回数は5回となり作業時間が半減した。

また、中央部にすき間を設けフックを掛けることができる構造としたことで、ナイロンスリングを使用せず吊上げが可能となった。この状態で電柱、腕金等への支持ができないか吊り上げ部の改良を検討することとした。

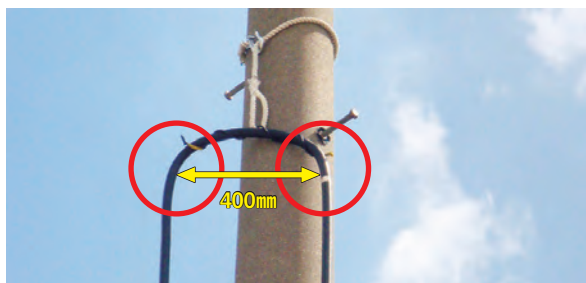


写真7 試作品の改良①



外観

吊上げ状況



写真8 試作品の改良②

(2) 吊り上げ部の改良

高所作業車のウインチフックを掛けるための吊り上げ用ナスカンフックと電柱・腕金等に支持するための固定用ロープを取付けるため、グリップの中央部に金具を取り付けた。（写真9）

従来はケーブルにナイロンスリングを取付けて吊り上げ、ケーブルクランプで電柱、腕金等に支持していたが、ケーブル巻付ハンガを使用することでこれらの作業が一つの工程で可能となった。（写真10）

保持力は従来使用していたケーブルクランプと

同じ性能（表1）を有し、左右にずれない仕様としているが、吊り上げた状態でもケーブル巻付けハンガを仮に外し、ケーブル取付け位置をずらすことも可能である。

また、スイベル（2つの接続点が互いに自由に回転できるようにした接続部品）（写真9）を用いることでケーブル3本を同時に吊上げた状態でも容易にケーブルの向きを変えることができる。



外観

吊上げ状況



写真9 試作品の改良③



現行工法

新工法

写真10 ケーブルを電柱に支持した状態

表2 性能試験結果

項目	性能
掌握力	245N (25kgf) 1分間保持し滑りおよび変形のないこと
引張荷重	490N (50kgf) 1分間保持し変形のないこと

5.3 試行実施による改良

試行的に現場で使用した結果、吊り上げ時に固定用ロープが邪魔になることから吊り上げ用ナスカンフックとは別に固定用のナスカンフックを設けることとした。固定用ロープの代わりにナイロンスリングを電柱に巻付け固定用ナスカンフックを掛ける仕様へ変更したことで作業性が向上し、材料単価の削減にもつながった。（写真11、写真12）

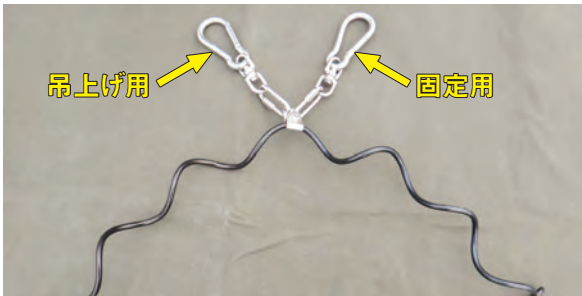


写真11 試作品の改良④



写真13 ケーブル収納状況



吊上げ状況 ケーブル巻付ハンガによる支持
写真12 使用状況

6 開発の効果

現行工法と比較し以下の点において効果があることを確認した。

①電柱・腕金等への支持

ケーブル巻付ハンガを使用することで電柱・腕金等への支持および撤収にかかる作業時間が短縮した。(表3)

表3 作業時間

項目	現行品	開発品	差
電柱への支持	1分23秒	1分15秒	▲8秒
電柱からの撤収	1分06秒	55秒	▲11秒
合計	2分29秒	2分10秒	▲19秒

※ケーブル3本を電柱へ支持および撤収にかかる時間

②工具の着脱

ケーブルクランプは使用の都度、ケーブルへの取付け・取外しを行っていた。ケーブル巻付ハンガはケーブルクランプと比較し取付け・取外しに時間がかかる(表4)もののケーブルへ取付けたまま収納袋へ収納してもケーブルを傷つけることがない。(写真13)作業ごとにケーブルへの取付け・取外しを行う必要がないため電柱への支持、電柱からの撤収を含めた作業時間が短縮できる。(表5)

表4 工具取付け・取外し時間

項目	現行品	開発品	差
工具取付け	44秒	48秒	4秒
工具取外し	38秒	42秒	4秒
合計	1分22秒	1分30秒	8秒

※ケーブル3本にかかる時間

表5 工具取付け・取外しを省略した場合の作業時間

項目	現行品	開発品	差
工具取付け	44秒	—	▲44秒
電柱への支持	1分23秒	1分15秒	▲8秒
電柱からの撤収	1分06秒	55秒	▲11秒
工具取外し	38秒	—	▲38秒
合計	3分51秒	2分10秒	▲1分41秒

③価格および重量

ケーブル巻付ハンガはケーブルクランプと比較し安価であり、また、重量が軽く取扱い易い。(表6)

表6 1本あたりの価格および重量の比較

項目	現行品	開発品	差
価格	100%	42%	▲58%
重量	1.7kg	0.7kg	▲1.0kg

※価格はケーブルクランプを100%としたときの比較

7 おわりに

平成25年度、全営業所に導入し、ケーブル吊上げ時に使用している。作業性向上とケーブルにかかる負担が軽減され、不良ケーブル数が平成24年度と比較し11%削減した。さらに今後も不良ケーブル数が減少すると想定され、不良ケーブル実績から効果を確認していく。

今後も、魅力ある作業環境作りを目指し、作業者の負担軽減、安全・品質の確保、生産性向上に繋がる技術開発を進めていきたい。

げっ歯類被害対策用通信ケーブルプロテクタの評価

1 はじめに

近年、中部電力(株)殿および中部テレコミュニケーション(株) (以下CTC) 殿の光ファイバケーブルにおいて、リスなどの「げっ歯類」による咬害が増加してきている。咬害とは写真1、写真2に示すようにケーブルの被覆がかじりとられるもので、これにより通信障害などが発生する。

障害が発生すると即座に対応が必要となるが、その場所の特定が困難であることに加えその復旧に多大の費用と労力がかかる。

このため、平成25年度に、2社と共同で「ステンレスケーブルプロテクタ*1 (以下プロテクタ)」による対策について、試行、評価を実施した。プロテクタは、ステンレス製で「げっ歯類」でも歯が立たず、また、スパイラル構造のため容易に既存ケーブルに巻きつけることができる。



線下の道路に落ちていた破片

写真1 (光ファイバケーブルの被害状況)
(直径11mm、材質：ポリエチレン)



写真2 (同)

2 被害状況

(1) 想定される動物
台湾リス、ムササビ、モモンガ など

(2) 被害地域
岐阜県 (美濃加茂、関、恵那、中津川、高山、郡上、白川) (図1)

愛知県 (足助、設楽)

静岡県 (浜松、大井川) など

図1に岐阜県におけるCTC殿の被害箇所を示す。



図1 CTC殿の被害箇所

(3) 被害地区の状況

写真3に示すように、この地点では下方に施設されている光ファイバケーブル3条のすべてが全径間に被害を受けている。上方の高圧線は被害を受けていない。



被害を受けた光ファイバケーブル

写真3

長野支店
情報通信グループ
／宮沢 正明



情報通信本部
ネットワークエンジニアリング部
技術グループ
／井上 雅司



3 対策の検証

今回、表1に示すプロテクタを教育センターにおいて試験施工し(写真4)施工性の検証を行った。

当初のメーカー提案工法(他電気通信事業者で採用)は、ケーブルに全径間巻付けるものであったが、下記の4点の理由から、当社では電柱際および樹木接触箇所と、その前後を吊線と一括で2m程度を巻付ける工法を提案し、検証の結果採用に至った。

- ①材料費および、ハンガー再取付の費用が多かりお客さまの負担が大きくなる。
- ②道路横断などで施工が困難な箇所がある。
- ③電柱際等で咬めなければ、リス等はあきらめると考えられる。
- ④吊線と一括して巻くことで、動物が渡って行けない可能性が大きい。



表1 プロテクタの種類

製品の種類	摘要ケーブル径	工法*の種類	採用状況
タイプA	~12mm	個別	今回はスラッグ部分に使用
//	//	一括	中部電力採用工法
タイプB	~35mm	一括	CTC採用工法
タイプS	~7mm	-	ドロップケーブル用のため未採用

※工法の説明

個別：ハンガーを外し、ケーブルに巻付け、再度ハンガー掛け。
一括：ハンガーを外し、吊線とケーブルをまとめて巻付け。

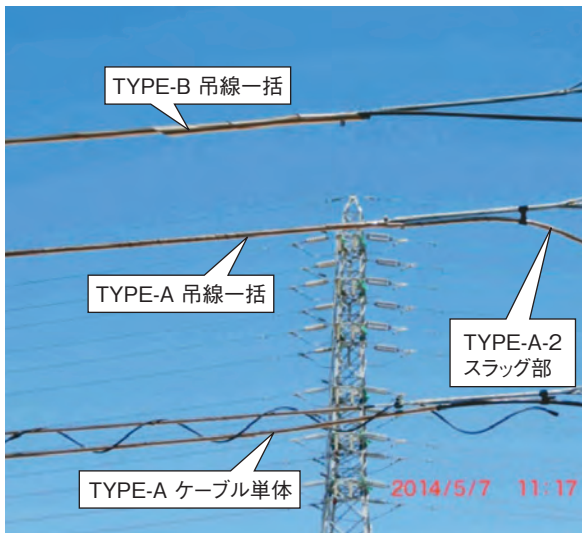


写真4 教育センターでの試験



写真5 現地施工状況
(一番手前のケーブル2m程度施工)

4 対策の実施箇所と効果

CTC殿の工事において当社が施工した対策箇所とその効果を表2に示す。

表に示すように7番を除き全対策箇所で被害を無くすことができた。7番については対策を施した箇所に隣接する径間での新たな被害発生であった。このことから、対策は被害箇所から3~5径間程度多めに実施することが望ましいと考える。

表2 対策実施箇所

番号	地域名	径間数	被害状況	
			対策前	対策後
1	加茂郡八百津町	6	あり	なし
2	加茂郡八百津町	10	あり	なし
3	加茂郡白川町	5	あり	なし
4	関市下の保	2	あり	なし
5	恵那市明智町	8	あり	なし
6	恵那市明智町	9	あり	なし
7	中津川市阿木	10	あり	あり
8	中津川市阿木	2	あり	なし

5 おわりに

今回の対策で、新たな工法を提案し良好な結果が得られたことから、メーカーと代理店契約を結んだ。

現状では、被害を与えている動物が限定できないことから、その生態に合わせた最も有効な対策を判断しかねるケースもある。このため今後もさまざまな情報、知見を収集、整理してさらに有効な対策の立案、提案を進めていく。

*1 「ステンレスケーブルプロテクタ」

製造メーカー 協栄線材株式会社

以上

地中通信ケーブル用エアシールの評価

1 はじめに

中部電力(株)殿の通信部門および中部テレコミュニケーション(株)殿では、マンホールなどに施設されている地中通信ケーブルの防水装置として、防水金物、または発泡シーラを用いている。しかし、これらには下記の問題点があるため、現場作業で苦慮している。

- ①防水金物：価格が高い（発泡シーラに比べ）。施工に技術が必要。施工時間が掛かる。
- ②発泡シーラ：取り外しが難儀（ケーブルを損傷させる恐れがある）。流水がある箇所では止水できない。

今回、他電力で使用されている「エアシール」*1について、中部電力(株)緑電力センター殿、同四日市電力センター殿のご協力を得て施工性、性能の評価を行ったので、その結果について報告する。

2 製品の概要

2.1 製品の構成

製品は、写真1に記載した部品とガス注入器で構成される。



①	本体チューブ
②	スペーサゴム
③	ガス注入器
④	ガスシリンダー
⑤	潤滑剤
⑥	サポートゴム

写真1 部品構成およびガス注入器

2.2 構造、取付け方法

- (1) 本体チューブは、アルミニウムにポリエチレンをラミネートしたものであり、上部右に出ているビニール管に、ガス注入器を用いてガスシリンダー内の二酸化炭素ガスを注入後、ビニール管を引き抜くことにより、本体の密閉弁が閉じる構造となっている。
- (2) 本体、スペーサゴム、サポートゴムに用いられるゴム（黒い物体）は、イソブチルゴムであり適度な粘着性を持っているため止水効果がある。
- (3) スペーサゴムは、複数のケーブルが收容されている場合にケーブルの間に挿むもので、サポートゴムはケーブルが小径の場合にケーブルに巻付けるものである。
- (4) 潤滑剤は、ゴムに塗布し粘着性を一時的になくすことで、装着作業を容易にするものである。



写真2 完成後見本



写真3 完成後見本（A視点）



3 製品の評価

(5) 写真2、3に、完成後の見本を示す。

以下の事項を評価した。

3.1 施工性評価

(1) 机上評価

当社別館および四日市電力センターで、125φKP管（軽量鋼管）と125φPFP管、同エンドベルの3タイプで施工性評価を机上実施した。

(2) 現場評価

緑電力センター、四日市電力センターの配電および送電マンホール、計25箇所（125φ×3箇所、150φ×22箇所）で評価を実施した。

(3) 評価結果

上記の施工を実施した4社の作業員28名に聞き取りを実施した結果、簡単に、短時間で、流水のある箇所でも確実に止水できたとの高い評価が得られた。

施工状況の例を写真4、5に示す。

施工前（写真4）は、発泡シースが破損し漏水が見られるが、施工後（写真5）では完全に止水できている。

しかし、下記の意見もあったため、今後、メーカーと改良を検討する。

- ・ エンドベルの奥の作業はしづらい
- ・ 5条以上はスペーサが入りにくい
- ・ 注入器およびエアシールのチューブが短い
- ・ シリコンが塗りにくい

3.2 性能評価

寿命、環境耐性について、当初は下記の事項を評価する予定であったが、本製品が東京電力(株)殿、東北電力(株)殿で十数年前から多数使用されており、下記(1)、(2)に起因する問題が発生していないことから検討を見送った。

(1) 材料性能の机上評価

材料の物理、化学特性についての机上評価

(2) 製品性能の試験評価

引張、圧縮強度、耐水圧、化学物質に対する耐性試験

4 おわりに

今回の検証結果により、中部電力(株)殿の施工について、平成26年度より本工法の承認を受けるよう調整中である。また、作業員の方から施工に関して貴重なご意見をいただいております。今後メーカーと改善につなげていきたい。

承認後は中部電力通信技術研究会を通じ、中部電力(株)施工会社へPRを実施するとともに、他のお客さまへのPRも実施して行きたい。

最後に、中部電力(株)殿の多大なご協力をいただいたことに感謝する。

*1 「エアシール」 製造メーカー

株式会社 土井製作所

以上

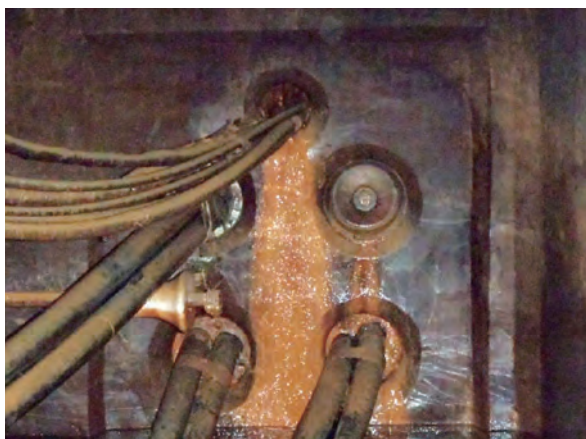


写真4 施工前

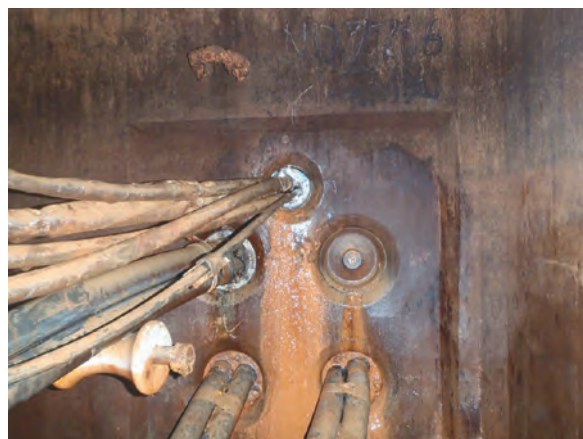


写真5 施工後

電波伝搬路調査ツールの開発

1 はじめに

送電線建設の際には、電波法で規定される890MHz以上の重要無線通信回線をはじめとする極超短波帯固定無線などの伝搬路を調査し、送電線が通信障害を発生させないことを事前に確認している。

今回、地形図データ*1とソフトウェア(カシミール3D*2)、およびエクセルを用いて、伝搬路の位置(平面、見通し)を自動作成し、送電線建設による障害の有無について判定を容易にする「電波伝搬路調査ツール」を開発したので報告する。

2 調査業務の内容

電気通信事業者をはじめとする無線設備の免許人から、電波伝搬路の回線情報(回線名称、局名、塔高、標高、周波数、距離、空中線径など)を収集し、下記の資料を作成する。

- ①電波伝搬路調査先一覧表
調査した免許人のリスト
- ②電波伝搬路設備調書
免許人から回答された回線情報(図1参照)
- ③電波伝搬路一覧表
電波伝搬路設備調書の回線情報を一覧表にまとめたもの
- ④調査判定結果
障害の発生有無、クリアランス(離隔距離)の判定結果(見通し図)

回線情報

回線番号	調査範囲	ルート名	事業者名
ACK3	愛知	伊CHUHNAG-5	トーエネット

調査用(西側)		基準局→対向局	対向局(東側)	
塔名	標高	緯度経度算出 区間距離(km)	塔名	標高
東海	14.08376	富士	富士	240.20
緯度・経度(世界測地系JGD)		緯度経度算出 方位角[°]	緯度・経度(世界測地系JGD)	
N 39 26 15		151.285	N 34 19 34	
E 127 21 03			E 128 23 31	
アンテナ標高(m)	350.30	フレネル角観測周波数(MHz)(10線)	アンテナ標高(m)	240.20
アンテナ地上高(m)	6.00	6575.0	アンテナ地上高(m)	9.00
東山標高(m)	344.30	同収容・MFL(10線)	東山標高(m)	231.20
アンテナ口径(m)	-	6735.0	アンテナ口径(m)	-
対向局(°)	151.28		方位角(°)	331.33
送電線の前	送受信		送電線の前	送受信
調査範囲	伊		調査範囲	伊

図1 回線情報の調査結果

3 電波伝搬路調査ツール

電波伝搬路の見通し図をエクセルにより作成し、地上からの伝搬路高を計算して、計画建設物が無

線通信の障害原因となるかの判定を行うものであり、以下の機能がある。

- ①伝搬路指定回線経路図の作成
1/25,000の地図中に調査した「回線情報」をもとに、免許人などを伝搬路ごとに任意に色分けして表示する。
- ②伝搬障害の判定
地上からの必要クリアランスを任意に指定することで、障害の有無を自動判定し、その結果を色分けして表示する。
また、平面での位置関係判定は5m間隔で行えるため、エクセル上で送信局からの距離、緯度経度、地上高、伝搬路高などが詳細に確認できる。



図2 経路地図

- ③見通し図の作成
エクセル上で、電気通信局審査要領に基づいたクリアランス算定を行うとともに、地形図データ(カシミール)を用いて立面での見通し図を作成する。



図3 見通し図(縦断図)



4 調査業務の効果

図4は、総務省ホームページ「伝搬障害防止区域図縦覧」から入手した重要無線通信指定回線の状況であり、図5は、調査で入手した「回線情報」をもとに本ツールで作成した伝搬路調査結果を示す。

比べてみると、図4の緑線の6回線が、図5の太い赤線に該当しており、重要無線通信の申請がなされていない回線や、その他の回線が多数施設されているのがわかる。

なお、伝搬路障害の発生が予測される場合は次のような対応が必要となる。

- ・ 建造物の工期を変更（延期）
- ・ // 位置、形状を変更
- ・ 迂回ルートを提供（補償）

今回開発したツールにより、これまで手作業で行っていた本調査業務を大幅に効率化するとともに、結果を電子データとして、視認性が高く、多様に活用することが可能となる。



凡例
— 重要無線通信 電波伝搬路中心線
— 重要無線通信 伝搬障害防止区域

図4 重要伝搬路の申請、指定回線の状況
(総務省hp伝搬障害防止区域縦覧より)

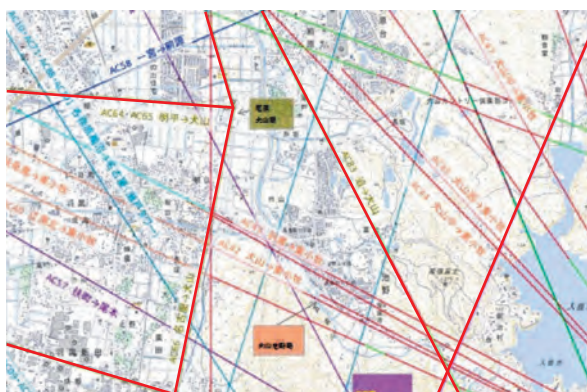


図5 電波伝搬路調査結果

5 おわりに

現在、本ツールによる調査業務を既に3件受託しており、今後、建設される高層施設は送電線以外にも、ビル、クレーン、橋梁、風力発電設備などますます増加することが考えられるため、送電線建設をご計画の方や地上31m以上の建築物を設計、建設される方などに幅広くPRし、本ツールによる調査業務の受注拡大に繋げて行きたい。

- *1 国土地理院発行数値地図(1/25,000)および50mメッシュ(標高)を使用。
- *2 カシ米尔3D:杉本智彦氏作成のフリーソフト。「改訂新版カシ米尔3D入門編」実業之日本社発行を使用。

以上

用語の解説(総務省ホームページを要約)

重要無線通信とは、890MHz以上の周波数の電波による特定の固定地点間の無線通信で、電気通信、放送、気象、電気、鉄道などの事業、および自治、治安の維持などに用いられるもの。

○建築主は、地上31mを超える建築物等が伝搬路上に位置するかどうかの判断を、総務省が作成している「伝搬障害防止区域」を表示した図面で確認しなければならない。

○確認の結果、高層建築物等が伝搬路上に位置する場合は、あらかじめ総務大臣にその高層建築物等の位置、高さ、形状等を届け出なければならない。

○総務省で障害の判定を行った結果、障害原因とならないように工事計画の変更等を行った場合、及び免許人との間に協議が整ったときを除き、障害原因となる旨の通知を受けた日から2年間は工事が実施できない。

遠隔監視データを用いた空調熱源異常検知ツールの開発

1 はじめに

中・大規模建物に多く導入される中央式空調システムは、非蓄熱式および蓄熱式のシステムがあり、図1に示すように、熱源、ポンプ、エアハンドリングユニット（AHU）、ファンコイルユニット（FCU）等の機器で構成される。

中央式空調システムが導入されている事務所ビルの用途別エネルギー消費量（図2）を見ると、空調熱源の占める割合が高く、エネルギー有効利用の点で熱源の効率的運用が重要であることがわかる。

空調設備の効率的運用を支援するシステムとして、近年、BEMS（ビルエネルギー管理システム）の導入が増えている。BEMSは蓄積データの『見える化』をはじめデータの分析機能を有しているが、これらのBEMS機能を使いこなして設備運用状況の良否を判断することは経験豊富な専門技術者でなければ難しい。このためBEMSを有効に活用できない場合も多く、専門技術者を有する設備関連会社による遠隔監視・運転管理サービスが広がりつつある。

当社のお客さまサービス部でも、早い時期から遠隔監視業務を請け負っている。専門技術者が毎日、遠隔監視データによって設備運転状況を確認することにより、設備の効率的運用を支援しているが、近年は監視点数の増加に伴い、作業負担の軽減が課題となっている。

このような背景から、技術開発室では、お客さまの空調熱源設備の効率的運用の支援、および当社遠隔監視業務の効率化を目的として、遠隔監視データを用いた空調熱源異常検知ツールの開発に取り組んでいる。開発はお客さまサービス部と連携して行うとともに、当社遠隔監視業務の主要顧客である中部電力㈱との共同研究として実施した。

本稿では、開発中のツールを検証し、実用性が高いことを確認した結果を報告する。

2 空調熱源異常検知ツール

2.1 ツール概要

異常検知ツールは、汎用表計算ソフト（Microsoft EXCEL）上で動作するソフトウェアである。プログラムは毎朝定時に1回起動し、物件情報と前日分の遠隔監視データを読み込み、異常判定の演算処理を行い、異常判定結果および

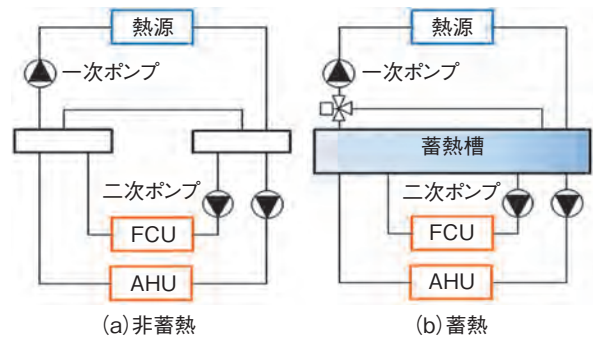
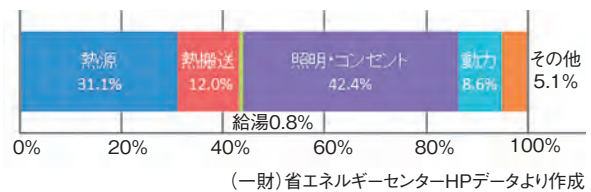


図1 中央式空調システムの構成例



（一財）省エネルギーセンターHPデータより作成

図2 事務所ビルのエネルギー消費の内訳

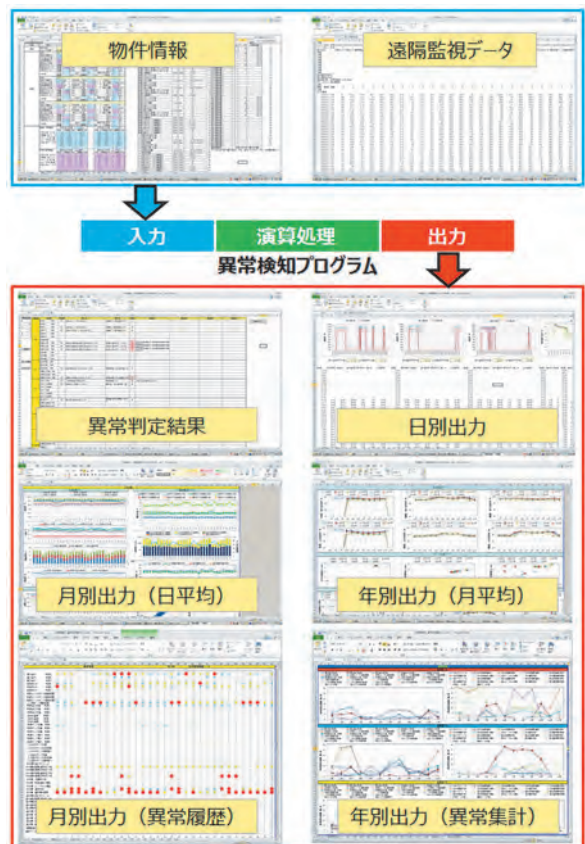


図3 異常検知ツールの構成

各種グラフを出力する。図3に異常検知ツールの構成を、表1にツールの入出力項目を示す。



2.2 異常検知手法

異常判定は「評価項目」に応じた「評価データ」と「評価基準値」を比較して行う。なお、異常検知ツールの目的は、不具合兆候を早期に発見し、重大故障やエネルギー浪費などに至る前に対策を取れるようにすることである。このため、本ツールでは見落としを避けるために異常検知の感度を高めに設定している。

以下に異常検知手法を概説する。ツールに用いた主要な「評価項目」、「評価データ」、「評価基準値」を表2に示す。

(1) 評価項目

「評価項目」は検知対象とする異常事象であり、熱源やポンプの機器単体の性能低下や運転制御に関する不具合など、当社の遠隔監視業務で収集している計測項目に基づいて決定した。熱源最大能力低下や効率（COP；成績係数）低下は、熱交換器の汚れ、冷媒漏洩などによって生じるほか、圧縮機故障の兆候として見られた事例もある。熱源やポンプの時間外運転は、消し忘れや調整時のスケジュール設定ミスなどによって生じる。

(2) 評価データ

「評価データ」は、各「評価項目」の異常を精度高く検出するための計測値や演算値に基づく瞬時値、日積算値、日平均値などの実績値である。

(3) 評価基準値

「評価基準値」は、異常判定の際に「評価データ」と比較する基準である。基本的には機器定格値や設計値、制御の運用設定値などを用いる。

(4) 評価指標値

「評価指標値」は、「評価データ」と「評価基準値」を割合や偏差の形で表した値である。例えば、熱源最大能力の「評価指標値」は、『能力達成率＝熱源能力（実測値）／機器特性値』とした。

(5) 異常判定値としきい値（図4参照）

「異常判定値」は、「評価指標値」から異常有無を判定する際に使用する値である。「評価指標値」が「異常判定値」で決められた異常範囲に達した場合に異常とする。

「しきい値」は、異常の程度（正常範囲からの逸脱程度）を示すためのものである。しきい値①と②を設定し、異常の重要度を『高』、『中』、『低』の3つのレベルに分けて結果を出力する。

なお、本ツールにおいて、「異常判定値」は物件毎に調整するパラメータであるが、「しきい値」は全物件共通で変更しないパラメータとした。

表1 ツールの入出力項目

入出力項目		内容
物件情報		設備や異常判定に関わるデータ。 ・ 遠隔監視データファイルの参照先 ・ 熱源機、ポンプ等の仕様 ・ 設備運転時間や制御設定の情報 ・ 異常判定値、しきい値
遠隔監視データ		異常検知に利用する計測データファイル。 10分または60分間隔のCSVファイルとする。
異常判定結果		異常判定日の検知結果を出力。 異常が検知された評価項目に異常「有」と異常内容等を表示する。
日別出力		異常判定日の代表的な評価データ、指標値の経時変化データとグラフを出力。
月別出力	日平均	1か月分の評価データ、指標値の日平均値を蓄積し、経日変化グラフを出力。
	異常履歴	評価項目毎に毎日の異常検知結果を蓄積し、経日変化グラフを出力。
年別出力	月平均	主要な評価項目の月平均値を蓄積し、年別の経月変化グラフを出力。
	異常集計	評価項目毎に異常検知発生回数の月積算値を蓄積し、年別の経月変化グラフを出力。

表2 評価項目

評価項目	評価データ	評価基準値
熱源の最大能力の低下	熱源能力	機器特性値
熱源の効率（COP）の低下	熱源COP	機器特性値
熱源の時間外運転	熱源運転時間	運用設定値
熱源の過剰な発停	熱源発停回数	—
熱源の出口水温の変動	熱源出口水温	運用設定値
冷却塔の能力の低下	冷却水出口水温	シミュレート値
熱源とポンプの不整合運転	各運転時間	—
ポンプの効率低下	流量に対する電力量	正常実績値
ポンプの流量過不足	流量	運用設定値
ポンプの台数制御の増減段不具合	流量に対する運転台数	運用設定値
蓄熱制御の不具合	隣接槽間の温度勾配	—
蓄熱・放熱の過不足	始端槽・終端槽温度	運用設定値
夜間移行率の低下	夜間電力量	正常実績値

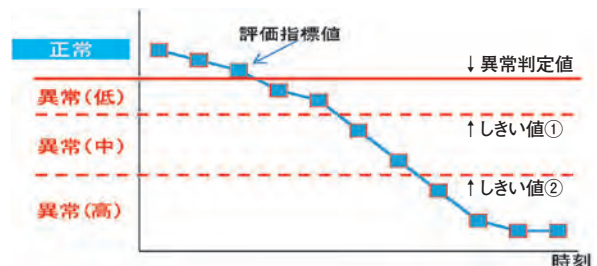


図4 異常判定値としきい値

2.3 異常検知精度向上のための対応

本ツールにおいて異常検知精度を高めるために用いた2つの方法を紹介します。

(1) 熱源最大能力の評価基準値の選定

空冷ヒートポンプなどの熱源能力は正常時でも外気温度や機器出口温度によって変化する特性がある。このため、熱源能力の「評価基準値」に定格能力のような固定値を用いると、この特性による

変化を異常と判定する恐れがある。そこで、実際の運転条件において本来発揮できる能力をメーカーから得られる特性曲線から求め、これを『機器特性値』として『評価基準値』に採用した。

(2) 安定データの抽出による評価

熱源最大能力やCOPの「評価指標値」は、変動が小さい時間帯のデータを『安定データ』として抽出した上で算出している。熱源の起動・停止直後の過渡的な変動を異常として検知しないために導入した。

『安定データ』は、熱源の消費電力、熱出力、出口水温について、『変動幅』と『安定継続時間』をチェックして決定している。『変動幅』とはある時刻とその前時刻とのデータの変動割合であり、『変動幅』が許容以下となる継続時間が『安定継続時間』である。

『変動幅』と『安定継続時間』は、事前に多くのデータを分析した上で適切な条件を決定した。熱源正常運転時の『安定データ』の抽出有無による外気温度とCOPの関係を図5に示すが、『安定データ』を用いればバラツキが小さくなり、異常の誤検知を低減できることがわかる。

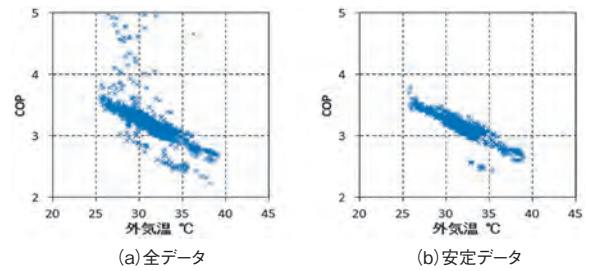


図5 安定データ時間帯の抽出効果

表3 検証の対象物件

名称	延床面積 [m ²]	蓄熱槽	熱源
物件A	9,500	あり	水冷チラー:1台、空冷HP:2台
物件B	4,500	あり	空冷HP:2台
物件C	9,800	あり	空冷HP:1台、水冷チラー:1台
物件D	4,200	あり	空冷HP:1台
物件E	3,600	あり	空冷HP:1台
物件F	2,700	なし	空冷HP:1台
物件G	2,700	なし	空冷HP:2台

3 異常検知ツールの検証

3.1 遠隔監視データの適用

表3に示す7物件の過去の遠隔監視データを用いて、異常検知ツールの検知精度を確認した。

「異常判定値」や「しきい値」の初期調整を行った後、過去データをツールに適用して検証した結果、既に確認されている不具合事象を異常として適切に検知できることを確認した。異常検知の事例を以下に紹介する。

(1) 熱源圧縮機の故障（熱源能力低下）

物件Eの熱源は、2台内蔵している圧縮機のうち1台が2011年3月に故障した。3月17日をツールで実行すると熱源最大能力について重要度『高』の異常が検知された。ツールの異常判定結果の出力イメージを図6に示す。評価項目毎に異常有無(有の場合のみ表示)、異常メッセージ、異常内容、重要度等が示される。

図7はツールの「月別出力」における熱源能力達成率の日平均値の推移(上段)と異常履歴(下段)の一部である。上段図より、熱源能力達成率が3月18日から「異常判定値」を下回っている。な

物件名		2011年3月17日の分析結果				
対象設備	評価項目	異常有無	異常メッセージ	異常内容	判定値	重要度
熱源	最大能力 熱源1	有り	熱源が劣化している恐れがあります。	出現回数:3 最低達成率:86.7%	90%	高
	最大能力 熱源2					
	最大能力 熱源3					
	定格時COP 熱源1	有り	熱源のCOPが劣化している恐れがあります。	出現回数:1 最低達成率:60%	60%	低
	定格時COP 熱源2					
	定格時COP 熱源3					
	熱源1と一次ポンプ運転時間					
	熱源3と一次ポンプ運転時間					

図6 異常判定結果(物件E)

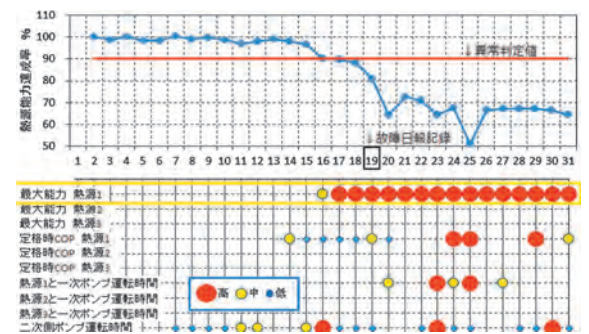


図7 熱源最大能力(物件E)

お、当社遠隔監視日報には3月19日に『電力低下』が記録されている。下段図の熱源1(黄色囲み部)によると、3月15日まで異常は発生しておらず、16日に重要度『中』が、翌17日以降は重要度『高』が継続して検知されている。

ツールは前日データを処理することから、最早検知日は3月17日か18日となるが、人が確認す

るよりも早期に検知できる可能性がある。

(2) 熱源の冷媒漏洩（熱源能力・COP低下）

物件Dの熱源では、2010年1月から能力およびCOPの低下傾向が見られた。図8に2010年1月と2月の「月別出力（日平均）」の熱源COP達成率のグラフを示す。「異常判定値」64%以下に対し重要度『高』の異常は5%の「しきい値」設定（59%以下）としているため、重要度『低』と『中』は1月中旬以降に検知され、重要度『高』は2月下旬から検出された。この異常は前出の急激に性能が低下する事例と異なり、熱源の冷媒漏洩によって熱源能力と効率が徐々に低下したものであるが、適切に検知できると考える。

なお、この事象は4月に修理する頃にはCOP達成率は50%程度まで低下していた。早期の異常検知及び対応によってエネルギー浪費防止の可能性を示す事例である。

(3) プレート熱交換器の汚れ（ポンプ流量低下）

物件Bの一次ポンプは定流量であるが、2011年6月以前に流量低下の異常が重要度『高』で頻繁に検出されていた。図9に2011年7月の「月別出力（日平均）」の一次ポンプ流量の推移を示す。「異常判定値」は熱源設計流量の240L/min、正常許容範囲を±5%で設定しており、この範囲を逸脱した場合に異常と判定する。流量低下の原因は使用しているプレート式熱交換器の汚れであったが、図中の7月12日、15日にバルブ調整、ストレーナ清掃を実施して若干の改善が見られた。このように異常検知ツールの結果は改善効果の確認にも有効である。

(4) 一次ポンプ連続運転（熱源と一次ポンプ不整合）

物件Eでは2014年2月末まで落水防止弁の故障への対応として一次ポンプの24時間運転を行っていた。図10に2月25日の熱源と一次ポンプの電力の時間推移を示す。ツールでは熱源とポンプの日積算運転時間を比較している。これにより重要度『高』の異常が毎日検知されており、早期の故障修復を促す効果がある。

3.2 試行運用

平成25年10月より、当社お客さまサービス部に検証用のパソコンを設置し、7物件（表2）を対象とした異常検知ツールの試行運用を開始した。

プログラム不具合や専門技術者からの使い勝手面での要望などに対して随時改良を施し、ツールの完成度を高めている。

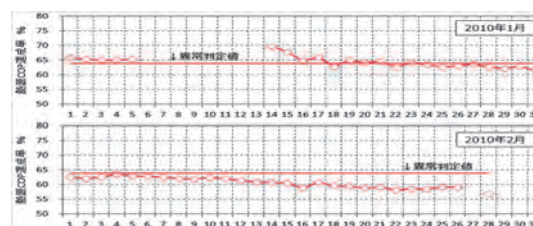


図8 熱源COP達成率（物件D）

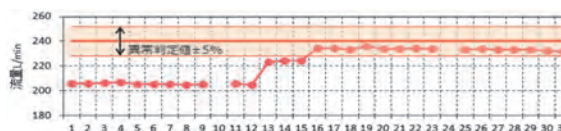


図9 一次ポンプ流量（物件B）

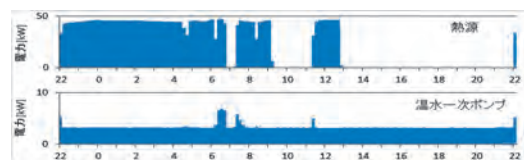


図10 熱源とポンプの運転時間（物件E）

4 異常検知ツールの評価

遠隔監視データを用いたツールの検証結果や試行運用の結果から、「評価項目」に挙げた異常事象を適切に検知できることが確認できた。

なお、異常検知精度は、次の2点を評価する必要がある。

- 異常を適切に検知する
- 正常を異常と検知しない

本稿では、a) について検証した結果を中心に紹介したが、b) についても重要度『高』で検知された事象をリストアップして、実際の異常有無を確認した上で、誤検知を低減するように改良や調整を行った。

これらにより、異常検知ツールの精度や使い勝手は改善され、お客さまの空調熱源設備の効率的運用の支援、および当社遠隔監視業務の効率化の点で、実用性が高いものにできた。

5 おわりに

異常検知ツールは、本稿で紹介した7物件に平成26年度からは新たな6物件を追加して検証している。ツール開発・調整は平成26年度で完了させ、その後はお客さまサービス部で実運用する予定である。また、開発ツールを当社の営業に活用する方法も模索し、当社業務に広く貢献できるように展開したいと考えている。

豊洲キュービックガーデンの設計コンセプトとその検証

(一社) 電気設備学会 第25回部門別学会賞 技術部門 施設奨励賞 受賞施設

1 はじめに

当該地区は、東京都の東部に位置し、昭和初期に埋め立てが開始され、豊かな洲となるように「豊洲」と命名された地区である。また、当該建物は2002年にマスタープランが計画決定され、再開発が進む豊洲街区全体の中央部に位置している。

当該建物は第一生命保険株式会社様を事業主とするテナントビルであり、下記コンセプトが計画段階から検討・提案・採用された建物である。また、建物は最終的に「豊洲キュービックガーデン」と命名された。

<設計コンセプト>

- ・豊かな大空間オフィス環境の構築
- ・都心近接湾岸エリアでのBCP性能を備えたオフィスの構築
- ・地球温暖化防止に向けた環境配慮型オフィスの構築

2 建物の概要

当該建物の建設場所を図1に、建物外観を写真1に、建物の断面構成図を図2に示す。また、建物の概要を下記に記載する。なお、当社は電灯コンセント・照明・弱電設備などの電気設備の施工を担当した。

建物名称	豊洲キュービックガーデン
所在地	東京都江東区豊洲3-2-3
建築主	第一生命保険株式会社
主用途	事務所、飲食店舗、店舗
敷地面積	16,242.60m ²
建築面積	9,015.10m ²
延床面積	98,805.96m ²
構造	S造、一部SRC造
階数	地下1階、地上14階、塔屋1階
建物高さ	74.96m
設計監理	清水建設株式会社
施工会社	建築 清水・前田・日本建設共同企業体 電気 (株)関電工、(株)トーエネック 空調 高砂熱学工業(株) 日比谷総合設備(株) 衛生 須賀工業(株)、第一設備(株)
工期	2009年1月19日 ～2011年1月31日



図1 豊洲キュービックガーデンの建設場所

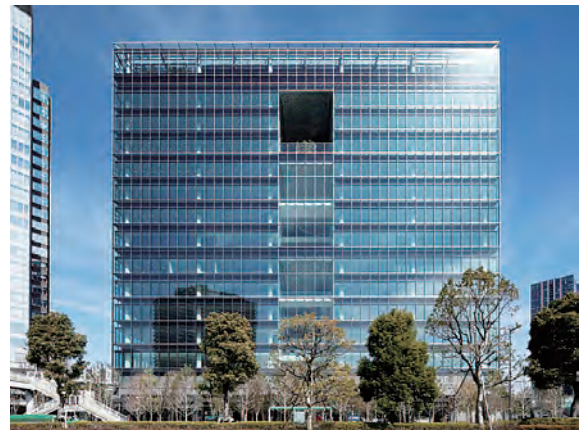


写真1 外観写真



図2 断面構成図

3 電気設備の概要

電気設備の概要を下記に記載するが、紙面の都合上、設計コンセプトに寄与する電気設備を中心に報告する。

3.1 特高受変電設備

受電方式は22kV2回線受電（本線予備線方式）

東京本部 工事部
 工事第二グループ
 / 矢吹 治久



とし、2台ある10,000kVA特高変圧器は地階と14階に分散された。なお、当該建物は免震構造を採用しており、2階が免震層となっている。これらは、設計コンセプトのひとつであるBCP信頼性向上を目的としたことである。地震等による建物への被災や豪雨や津波による建物内への浸水など、様々な被災が考えられる中、特高受電設備を14階とインフラ階である地階に分散設置してリスク低減を図る手法を採用し、電源の安定供給と機能維持が可能な設備としている。

図3に特高受変電設備の簡易単線結線図を、写真2に10,000kVA特高変圧器を含む地階特高電気室を示す。



写真2 特高受変電設備（地階）

3.2 非常用発電設備

保安負荷へ供給する防災用発電機設備（ガスタービン発電機1500kVA×1台、地階）に加え、事務室専有部の電灯コンセントの約50%を供給する保安用発電機（ガスタービン発電機2500kVA×3台、14階）を設けることで、大規模災害における停電時のBCP対策を行っている。燃料タンクについては、非常用発電機と保安用発電機の共有として、100kℓ（72時間）の備蓄タンクを設けている。

3.3 照明設備

当該建物の構造は、外周部からの自然光を採光し、これを最大限に利用するため、きめ細かな昼光制御を行っている。照明制御としては、オフィス空間のベース照明（蛍光灯45W2灯用、写真3参照）を用いた昼光利用制御・適正照度制御（図4参照）を採用している。具体的には、照度センサを天井面に設置し、昼光利用制御・初期照度補正制御・設定照度調光制御を実施している。さらに、外周部のブラインドも中央制御型電動ブラインドを採用し、季節ごと・時間帯ごと・建物方位面ごとにブラインドのスラット角度を0° 30° 60° 90° に自動制御している。

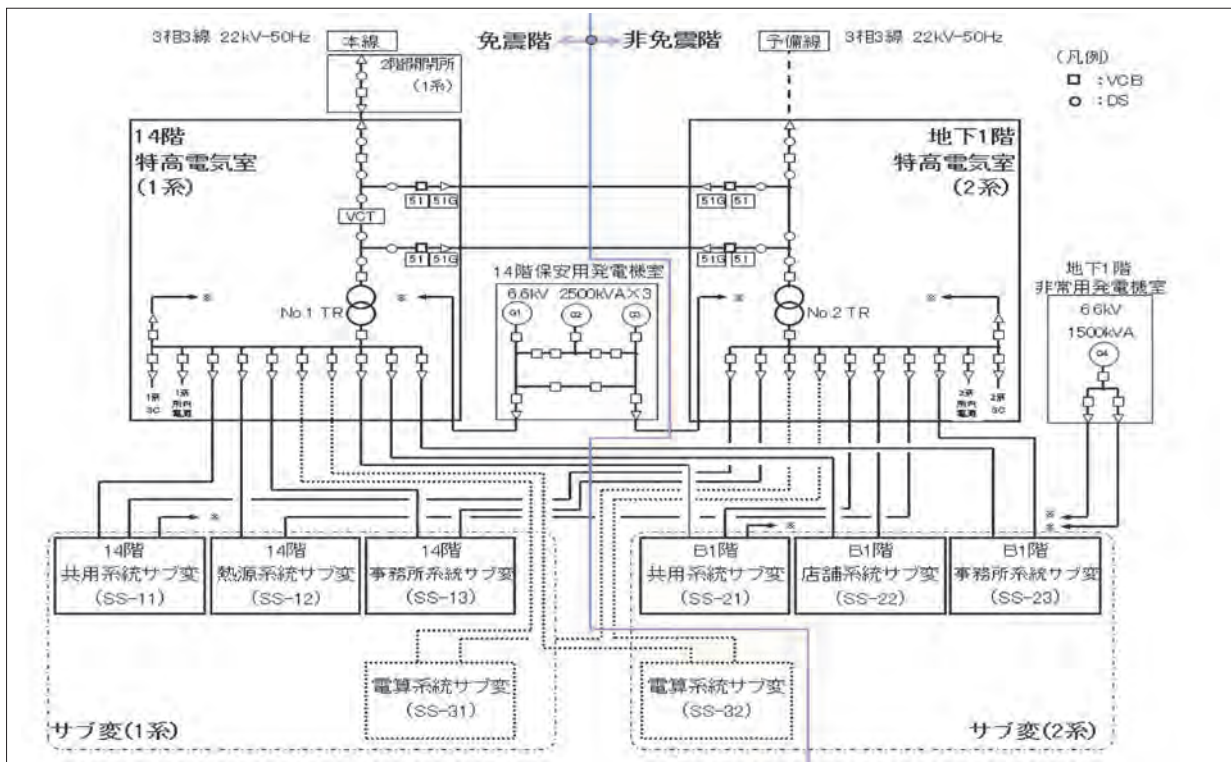


図3 特高受変電設備の簡易単線結線図



写真3 大空間オフィス(75m×72m)の照明設備

また、オフィスは75m×72mの大空間であり、写真3のように壁面が少ないことから、照明の点滅はスイッチに依存しない人感センサによる自動点滅とし、日中の不在エリアは減光制御としている。さらに、人感センサによる在・不在信号は空調機器へも送られ、不在エリアのVAV（約100㎡毎）の制御も行っている。

照明設備の一部として設置された照度センサと人感センサは、設計コンセプトの「大空間オフィス環境の構築」と「環境配慮型オフィスの構築」に沿って検討・システム化され、採用された。

竣工後における当該照明設備のシステム化の効果に関する検証結果を右記に示す。これは、照度センサによる昼光利用と人感センサ利用による両照明エネルギーの削減が、設計コンセプトの「地球温暖化防止に向けた環境配慮型オフィスの構築」にどの程度寄与するかを定量的に評価するためのものである。

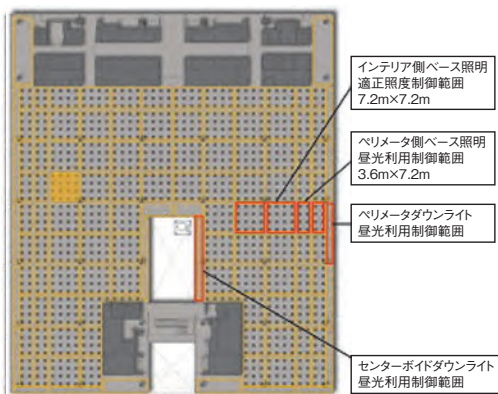


図4 昼光利用制御と適正照度制御（基準階）

(1) 昼光利用等による照明エネルギーの削減効果

オフィス空間は外周3方位からの採光とセンターボイドからの採光がある。図5に示すように、オフィス外周部から中心部に向けて5つのエリアに分割した。各々のエリアごとの調光制御の有無による照明エネルギー（電力量：kWh）の差を図6と図7に示し、削減率の効果結果を表1に示す。

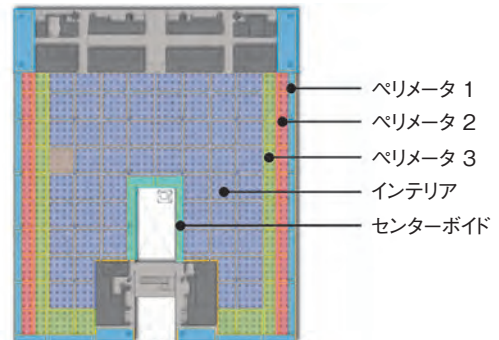


図5 削減効果検証時のエリア分割

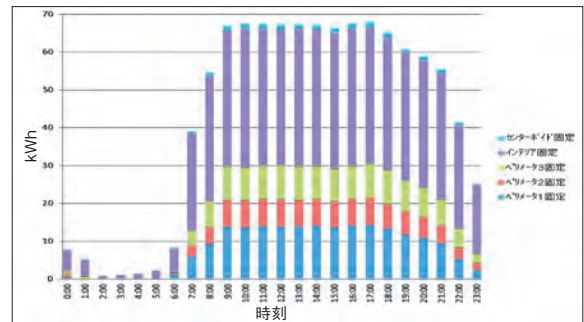


図6 調光率固定時の照明エネルギー

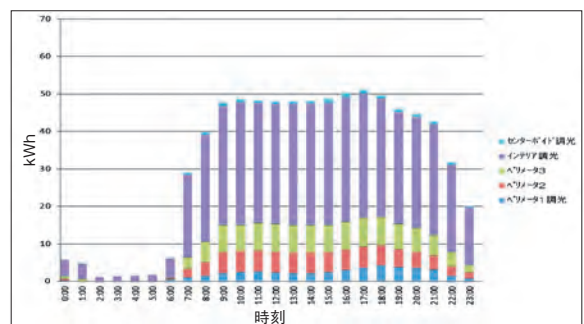


図7 自動調光時の照明エネルギー

表1 照明エネルギーの削減効果

分割エリア名	削減率
ペリメータ1	78%
ペリメータ2	22%
ペリメータ3	18%
インテリア	11%
センターボイド	33%
合計	26%

この結果から、外周部に近づくに従い、昼光利用による照明エネルギー削減効果が高いことがわかる。また、フロア全体の削減効果は26%となり「自然光を取り込んだ開放的なオフィス」としてのエネルギー削減効果を定量的に把握することができた。

(2) 人感センサによる照明エネルギー抑制効果

人感センサ自動点滅による照明エネルギー抑制効果結果を図8示す。

通常の運用形態における抑制効果検証を実施したため、日中の在席率が高く、18時以降の残業も多い業務形態であったことから、9時から18時のコアタイムにおける人感センサによる照明電力量の削減効果は1%程度であった。しかし、在席率の低い18時以降と早朝においては、人感センサによる省エネ効果が大きくなり、一日平均では、約8%の削減効果となった。

(3) 検証結果

(1)(2)の結果より、照度センサと人感センサを用いた照明制御による照明エネルギー削減効果は、照明制御なしに比べ約34%の削減効果を確認できた。

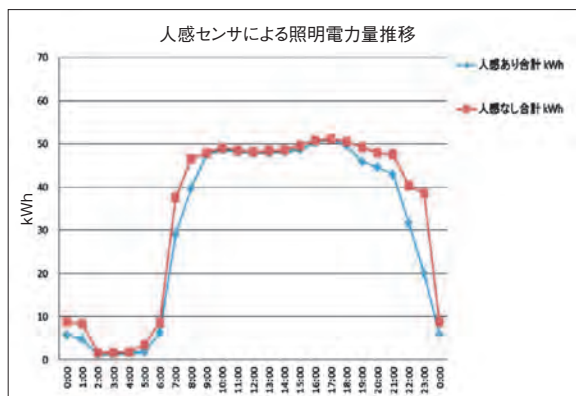


図8 人感センサによるエネルギーの抑制効果

3.4 中央監視設備

基幹設備である特高受電設備・高圧変電設備や熱源・空調などの中央監視機能は非免震階の1階防災センターに設置されている。災害時の機能維持という観点から、中央監視については冗長化を図っている。1階防災センター内の中央監視サーバ(1系)と14階通信機器室内の中央監視サーバ(2系)に基幹設備の発停状態警報を2点出力することで、万一防災センターが被災しても、2系中央監視により基幹設備の監視制御ができるように配慮している。

3.5 通信設備

当該建物への通信引込配管は別々に引き込み、2面の道路から異ルート引き込みとすることで、通信機能の信頼性向上を図っている(図9参照)。

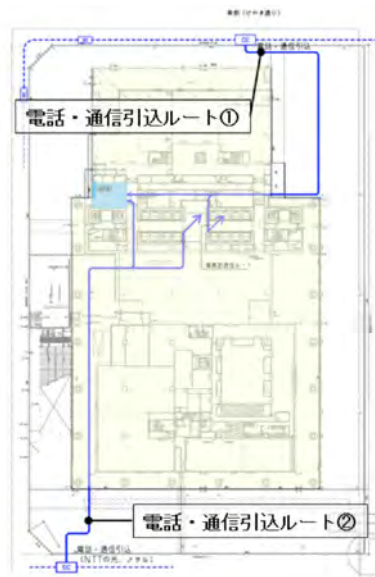


図9 通信引込の異ルート選択

4 おわりに

設計コンセプトに従い、BCPとして電気設備の機能維持を図るため、電源・通信機能等の維持を図ることを最重要課題として取り組んだ。また、環境配慮の面から、照明制御以外の様々な環境技術も導入した結果として、建物全体としての一次エネルギー削減率は初年度目標値35%削減に対し、実績値50%削減(2012年度)という結果を得ている。これは、2011年3月11日の震災以降、設定照度や設定温度の緩和などユーザーの節電意識の高まりの影響もあり、当初の計画以上の省エネルギー効果を得たと考える。また、この大震災による建物への影響は皆無であったことを追記する。

今回、2011年1月竣工物件を報告する理由は、竣工後にエネルギー削減に関する検証・測定・分析があったこと、および、電気設備学会の施設奨励賞受賞の機会に恵まれたことによる。

本報告に際し、第一生命保険株式会社・清水建設株式会社の関係者様をはじめとして、設計・工事・検証に携わった方々から多くのご指導とご協力を賜りましたことを、この誌面をお借りして御礼申し上げます。また、本報告が今後の技術者の一助になることを期待する。

縦型両面発光導光板照明の採用について

(一社) 照明学会 照明デザイン賞 最優秀賞 受賞施設

1 はじめに

株式会社電算様は、情報処理・通信サービス、ソフトウェア開発・システム提供サービスを業務とする企業であり、株式会社電算新本社建設工事において、視野が遮られない開放的なオフィス空間の実現と同時に感覚的な明るさ「明るさ感」の向上及び省エネルギー化を目指し、今回縦型両面発光導光板照明を採用した。

具体的には、従来の天井面で発光する照明とは異なり、照度測定では測ることの出来ない「明るさ感」を出す面発光の導光板照明を天井から垂直に吊下げ、必要最小限の照度に設定することでデスクアンドアンビエント照明を採用し省エネルギー化を図ることを目指した。

2 タスクアンドアンビエント照明とは

タスク照明とは、オフィス作業での書類やパソコン画面など視対象物（タスク）を照らす照明のことであり、アンビエント照明とは、天井・壁・床など作業者周辺（アンビエント）を照らす照明のことである。

従来の照明設備では、タスク照明とアンビエント照明の機能を分けて考えず、天井に均一に配置した照明器具によってタスク照明として必要な照度を確保し、それによって得られる光でアンビエント照明を兼ねている。

タスクアンドアンビエント照明とは、タスクとアンビエントそれぞれの機能を有する照明設備を分けて設置することで、アンビエントとして必要

な照度を確保した上に必要なところだけタスク照明を点灯すればよい為、省エネルギー化が図れる。

3 導光板とは

導光板とは側面から入射した光を拡散させ、パネル面に均一の光を出す特殊な板のことである。（図2参照）

入射した光を拡散させる方法として、導光板に塗料を塗る方法や導光板自体に溝を彫る方法がある。塗料を塗る場合には、導光板の片面に塗料を塗る方法と両面に塗る方法がある。以上のように多彩な方法で導光板自体は製作可能なのである。

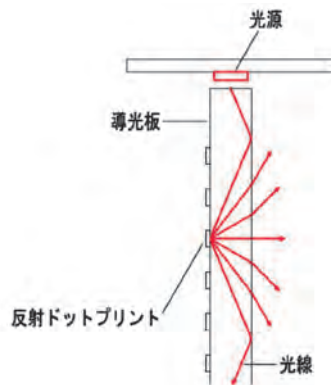


図2 導光板の仕組み

4 導光板照明とは

導光板照明とは、導光板を用いてパネル面全体を均一に発光させる照明のことである。

現在商品化されているものは、下面アクリルパネルの照明器具やブラケットの照明器具などパネ

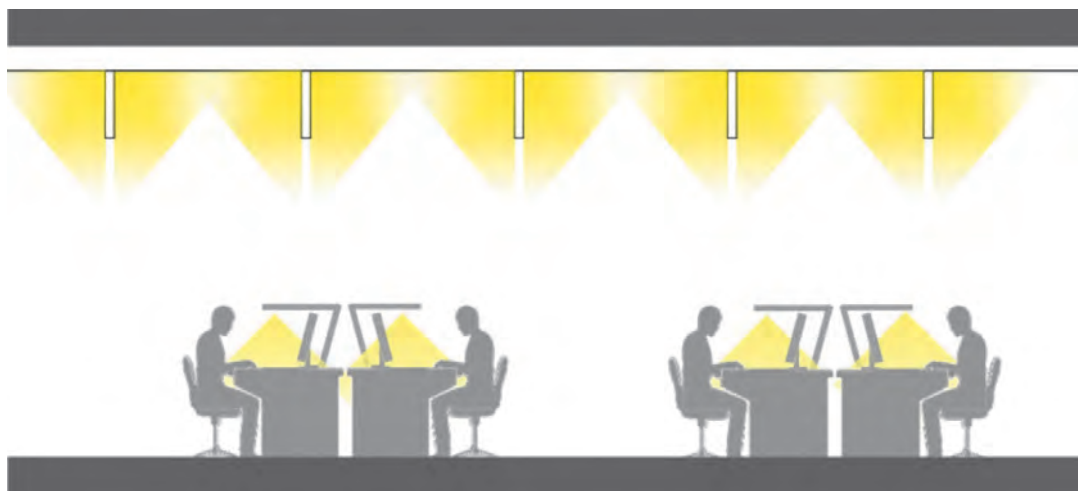


図1 イメージ図

長野支店 営業部
営業グループ
／會澤 達也



ル面の片面だけを光らせるものがほとんどであるが、今回は天井からパネル面を垂直に吊下げる照明器具ということで両面発光が求められた。

両面を均一に発光させ尚且つ省エネルギーを満足するために、数社のサンプルを比較し、導光板自体は片面ドットプリントのメーカーを採用することとした。

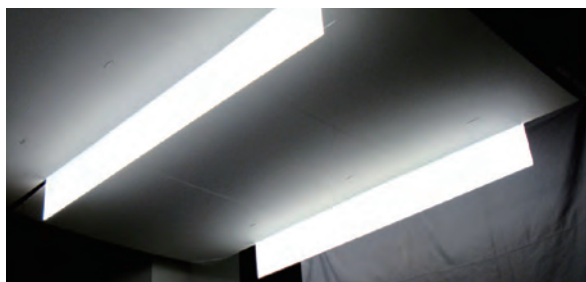


写真1 縦型両面発光導光板照明

5 機器製作時の問題点

(1) モアレ (干渉縞)

モアレとは規則正しい模様を重ね合わせた時、それらの周期のずれにより視覚的に発生する縞模様のことである。

導光板照明は光を拡散する導光板のみではゴミや傷により均一拡散出来なくなるので、導光板を両サイドから保護アクリルで挟む構造となっている。初期段階では照明消灯時のパネルの透明感にこだわり、保護アクリルを透過性の高いものに設定していた。その結果、保護アクリルに反射光が生じるのが原因で、モアレが生じてしまった。

透過性を落とすとモアレは消えるが、透明感や出力光束が落ちてしまうので、モアレが発生せず透明感や出力光束を落とさない透過性を結論付けるのに苦労した。

(2) パネル端部の処理

導光板は側面から入射した光を拡散させる仕組みの為、拡散し切らなかった輝度の強い光が光源の反対側のパネル端部から出てしまう。そのままでは照明を見上げた人がまぶしく感じてしまうので遮光テープを貼ることとした。また、導光板と保護アクリルは光の乱反射を防ぐ観点から接着剤を使用しない。開き止めの為に透明なテープを使用することとした。

現在この遮光テープ及び開き止めのテープを貼る機械が存在しない。その為その工程を1つ

1つ熟練した職人が貼っていく。気泡が入っただけで点灯すると気になる点として見えてしまうので、工場での検査を全数厳しく行わせた。

(3) 固定ボルト影

パネル面を垂直に設置することと約2mのパネル長を考慮すると、導光板を光源と固定するには光源より下にあるパネルに固定用のボルトを通さざるを得ない為、ボルトの位置によってはボルトの影がパネル面に表れてしまい均一発光とならなかった。そこで、ボルトの位置を出来るだけ光源に近付けたり、ボルトを光源のLED間に配置したり、ボルトの箇所では光が拡散せずに直進するようにパネルの塗料塗布開始位置をボルトより下にしたり、ボルトの径を荷重計算から出来るだけ細くしたり、試行錯誤を繰り返しボルトの影を消すのに成功した。

(図3参照)

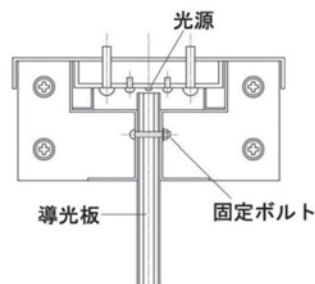


図3 固定ボルト位置



写真2 光源 (LED)

(4) 色ムラ

LED素子は製作するロットにより微妙に色温度が異なってしまうことがある。それがパネル面へ発光されると色ムラとなり同色のパネル面発光とならない。そこで、今回照明器具製作に必要な数量を同一ロットで製作させ、尚且つ同一色温度と判断される基準を厳しくチェックさせた。

(5) 熱によるアクリルパネルの反り

LEDからの熱によりアクリルパネルが反ってしまい、隣り合う導光板との取付精度がくってしまうことが懸念された。アクリルメーカーに長時間熱を加えることでどの程度反るか実際に実験させ、製作誤差の範囲内という結論になるまで精度を上げることが出来た。

(6) 帯電防止

アクリルはそれ自体で帯電してしまい埃を引き寄せてしまう。埃がパネル面に付いてしまうと埃が明るく光ってしまいパネル面が均一に発光しなくなる。しかも今回の導光板照明と天井の間は天井リターンスリットとなっていた為、執務スペースの空気が導光板の横を通り天井裏へ流れる仕組みとなっていた。帯電防止スプレーにより帯電を除去することも考えられたが、効果の持続期間や変色につながる可能性から、アクリルを製作する過程で帯電防止材料を混ぜて帯電のし辛いアクリルを製作した。

(7) 電源出力

今回の導光板照明用に電源ユニットを製作させたが、電源メーカーが商品化を決定しており、今回同形状で4種類の出力をラインナップした。調光率に対してLED及び電源ユニットが、直線的に光束を変化させてくれれば問題なかったが、調光率の低いときに急激な光束の変化を生じさせる為、高出力の電源ユニットを選べば選ぶ程、低出力時の調光制御が難しくなってしまった。

「明るさ感」を出すことで照度を下げ、消費エネルギーを少なくすることを目指しているばかりでなく、照明器具としては余力を残しながら低出力の調光率での運用も目指していた。

現場内に先行ルーム（モックアップ）と称するスペースを建設し、実際の仕上りを施主及び設計事務所に確認して頂き、そこで最高出力の電源ユニットを取付けることとした。最高出力の電源ユニットでは最高出力時の照度が出過ぎる面及び低調光率時の制御の難しさから実用に向かないとの判断となった。そこで低出力の電源ユニットに交換し実測データを取り検証したが、納期の面から実現することが出来なかった。結果的に、最高出力の電源ユニットの実測データ値からどの電源ユニットが実用に適しているか設計事務所と協議を重ね決定した。

(8) 取付精度

導光板照明を4台1列とした配置となる為、隣り合う照明器具との上下左右のずれが許されなかった。アクリルパネル同士を下部で固定出来れば楽だったが、固定するものが影となってしまうアクリルパネル全面が発光する目的から外れてしまうという観点から、施工方法を検討する様指示され、照明器具本体同士をボルトで固定し上下左右のずれを少しでも解消することにした。

(写真3参照)

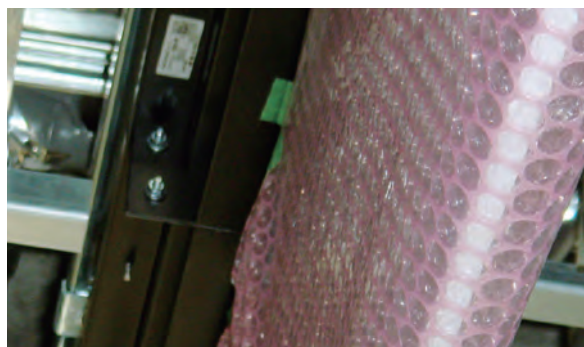


写真3 器具間固定ボルト

6 施工時の問題点

(1) 搬入

照明器具1台が、全長約2m重量16kgと大きい為、搬入及び現場内の移動に労力が掛かってしまうことは目に見えていた。そこで、照明器具10台単位で移動できる台車を製作することにした。尚且つ台車ごとクレーンで吊り上げることが出来るように台車の4隅にアイボルトを取付けた。



写真4 搬入台車

(2) 取付方法

先述した通りの大きさの為、1台あたり6本の取付ボルトを必要とした。取付精度の問題が

ら、天井下地に照明器具取付金物を乗せて施工可能か重量計算を依頼し、「取付可能である」との返答がきたので、下地金物を乗せての施工方法を採用した。

1台あたりの器具長が約2m、4台連結されるので約8mからピンポイントに取付ボルトを下ろす金物が必要となった訳だが、取付精度を考慮すると、ある程度の強度を持った金物とする方が良く考えた。そこで、1本4mのレースウェイ（支持材として使用）を逆さに取付てどこからでもボルトを下ろせるようにした。

（写真5参照）

また、今回の導光板照明は片面ドットプリントの為、両面を見比べると微妙に色が異なっていた。ドットプリントの施された面を全て同じ向きにしなければならなかった為、照明器具製作時にメーカー名のステッカーを統一向きで端に貼るよう指示した。施工時は、作業員にステッカーの向きを合わせるよう指示し、全てのパネルの向きを合わせた。



写真5 照明器具取付下地金物



写真6 導光板照明器具取付状況

7 おわりに

既製品や既製品を元にした特注照明器具ではなく、初めから製作の照明器具の為、試行錯誤に時間が掛かってしまった。もう少し検討する時間があれば改善出来た点があったのかもしれないが、最善を尽くせたと思っている。今まで実在しない照明器具に顧客や設計事務所、関係者が驚いていたのは言うまでもなかった。

感覚的な明るさ「明るさ感」だが、デスクに向かい顔をあげると天井面全体が発光しているように見える点や、近くからの光だけでなく遠くからの光を感じることが出来る点、LED独特の輝度の高い光ではなく直視できる光という点から「明るさ感」のある照明設備が出来たように思う。実際、現在の机上面照度を測定すると、顧客からの要望により350 [lx] 程度に設定しているが、タスク照明を必要とせずに執務を行っている。

省エネルギー一面については、設計当初は机上面200 [lx] で6 [W/m²] を目標としていたが、現在は夜間でも350 [lx] で6 [W/m²] となっている点から、顧客が満足いく設備が出来たと思っている。

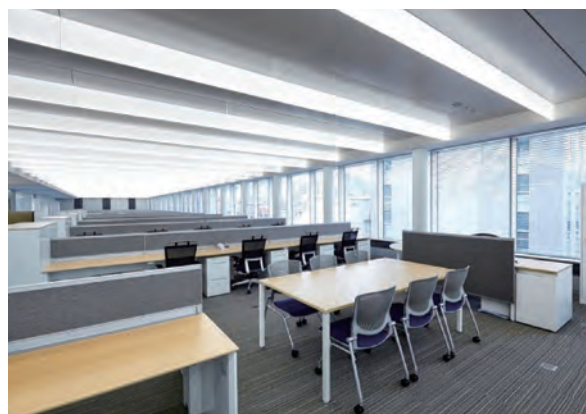


写真7 点灯状況

技術開発室だより

技術開発室の研究開発テーマ

技術開発委員会は、平成25年度に技術開発に関する中長期ビジョンを作成し、当社の研究開発の方向性を明らかにするとともに、中長期的に取り組むテーマを示した。

平成26年度における技術開発室の研究開発テーマは、25年度からの継続件名についてビジョンで示された方向性との整合を確認し、省エネ分野、環境分野のテーマ各1件を新たに加えた。

研究開発のテーマは、表1に示すように4つの技術分野に分かれる。

「電力品質」は、進相コンデンサを活用し、需要家

と配電系統の電力品質の改善を図る装置の開発である。「保守点検」では、太陽光発電設備の診断技術を開発することに注力し、遠隔監視による診断システムの開発と現地で活用する診断技術の獲得を目指している。

「省エネ」で、工場の生産設備に目を向けた省エネ提案のための技術と、計測データをもとに空調機器の性能低下を評価し、空調設備の更新提案に結び付ける技術の獲得などである。

「環境」では、工場の排水に着目したテーマに取り組んでいる。

表1 平成26年度技術開発室研究開発テーマ

テーマの分野	研究開発テーマ（目標とする成果）	協調推進部署（*）	調整済み部署（*）
電力品質	低コスト型自動力率調整装置（APFC）の開発	—	商品販売センター
	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究	—	商品販売センター
保守点検	低圧電動機駆動時の固定子巻線短絡診断システムの開発	—	商品販売センター
	アセットマネジメント手法を活用した電気設備の保守管理手法に関する研究	—	営業本部
	太陽光発電システムの劣化・故障診断に関する研究	エコソリューション部	エコソリューション部 お客さまサービス部
	太陽光発電システムのオンサイト診断装置の開発	エコソリューション部	お客さまサービス部
	対地静電容量測定装置の開発	—	商品販売センター
	非接地電路用常時絶縁監視装置の開発	—	商品販売センター
省エネ	ダイカスト工場におけるエネルギー最適化手法構築に関する研究	—	エコソリューション部
	樹脂成形工場におけるエネルギー最適化ツールの開発	—	エコソリューション部
	独自機能を備えたエネルギーマネジメントシステムの開発	エコソリューション部	エコソリューション部
	ビル用マルチパッケージ型空調機の性能評価手法に関する研究	空調管統括部	空調管統括部
	遠隔監視データを用いた空調異常検知システムの開発	お客さまサービス部	お客さまサービス部
	コージェネレーション設備の最適運用改善計算ソフトの開発	お客さまサービス部	お客さまサービス部
環境	生物学的排水処理システムの開発	エコソリューション部	—
	排水系産業廃棄物の減容化技術の開発	エコソリューション部	—
	排水処理設備の計測診断手法に関する調査	エコソリューション部	—

(*) 「協調推進部署」 情報交換を行ない、協力しながら研究を進める部署
「調整済み部署」 研究開発の成果移転先部署
上記はいずれも技術開発室と相手部署で相互に確認し、研究開発計画書に記載している。



技術開発室の現業支援業務

技術開発室では、研究開発業務だけではなく、技術支援業務も行なっている。目的は、現業部署の技術サポートと、お客さまの技術的信頼獲得である。

内容は、現業部署での提案・設計・施工・保守などの実務で生じた技術的な課題の解決であり、具体的な例は以下のとおりである。

- ・ 障害の原因調査と対策提案
漏電遮断器の不要動作、各種機器の動作不具合などの各種障害に対する、計測などによる原因調査、および対策の提案
- ・ お客さまへの技術提案支援
エネルギー遠隔監視システム、TLDシステム、MIELCASTなどの当社独自技術や、お客さまのニーズに応じた最適なシステムなどの提案
- ・ 技術計算を含む設計支援
高調波流出電流計算、蓄熱槽設計、各種シミュレーションなど高度な技術計算
- ・ 新技術・新製品の調査
LED照明器具の消費電力や電流波形の簡易実験による評価、各種規程・技術文献などの調査
- ・ 技術関連アドバイス
電気設備や空調設備などに関わる技術的なアドバイス

最近7年間の現業支援件数は図1のとおりであり、合計では234件の支援を行っている。また内容は図2のとおりであり、平成25年度には技術関連アドバイスの比率が増加した。

なお、これまでに行った技術支援から今後の参考になると思われる事例を52～55頁に掲載したので、あわせてお読みいただきたい。

以上

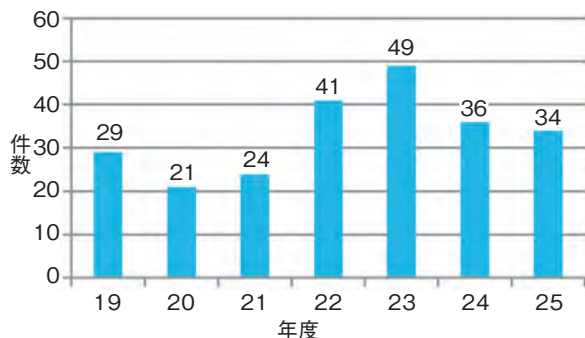


図1 最近7年間の現業支援件数

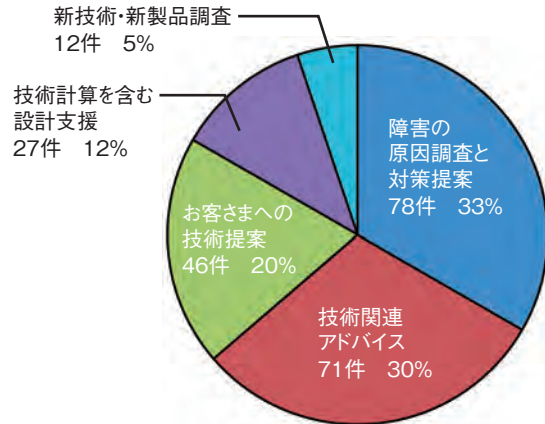


図2 最近7年間の現業支援内容

表2 技術支援内容と担当する研究員

技術支援の項目	担当する研究員
各種電気障害	小林、高橋、山本、西戸、大島
エネルギー遠隔監視システム	高橋、眞玉橋
TLDシステム、DGR	山本、西戸
MIELCAST	水野、西村
電気技術計算、電気法規	小林、山本、西戸、藤田
空調全般	中井、千葉
省エネ	小林、高橋、眞玉橋
太陽光発電	西戸、井上
環境	加藤、高石

技術開発室だより（30年変遷）

技術開発室を1985年に設立して以来、お客さま設備における様々な課題を解決するための研究開発や、当社の業務高度化に向けたツール群を開発してきている。

開発した成果は現業部署へ技術移転を行い、提案や設計施工において活用されている。現在活用中である技術開発成果を下表に示す。これらの多くは当社独自のものとして、同業他社との差別化に

よる競争力強化に役立つ。

昨年度に新しく策定した「全社技術開発中長期ビジョン」を踏まえ、技術開発室ではこれからも積極的に独自技術の展開を目指した研究開発を推進し、一般工事の受注拡大に寄与するよう努力を続ける。

なお、設立からの技術開発成果の30年間の変遷を年表にまとめたので一読されたい。

現在活用中の技術開発成果

	技術開発成果	内 容	活用部署	活用例
電力品質	TLDシステム	「ノイズによる周辺機器の不具合」や「漏電遮断器の不要動作」など、低圧電路において発生する様々な障害を解決するトーエネック独自の低圧配電システム	営業部	提案営業
	低圧電路用 地絡方向継電器	既存の漏電遮断器のように電流の大きさではなく、電流の変化量と方向を検出することにより、地絡事故が発生した電路を確実に検出する、低圧用の地絡方向継電器	営業部	顧客トラブル対応
	既設対応型 TLDシステム	通常の（混触防止板付変圧器を使用していない）変圧器を使用している既設の電路用のTLDシステム	営業部	顧客トラブル対応
	改良型TLDシステム （1回路用）	TLDシステムの操作性の改善と、コストダウンを実現する1回路用ラインアップの追加	営業部	提案営業
計測・ 監視・ 制御	エネルギー遠隔 計測・監視システム	エネルギー使用状況の見える化を行い、省エネルギーへの一助を担うシステム	エコソリューション部 お客さまサービス部	提案営業
	MiELCAST （みえるキャスト）	鑄造工場における日々の生産計画に基づき、各工程（溶解と造型）のタイミングを合わせた最適な操業スケジュールを自動作成し、リアルタイムに操業状況把握を可能とするシステム	エコソリューション部	新規顧客開拓
	デオマイスター	食品工場や飲食店テナントなどから排出されるにおいを低減・除去するための2種類の脱臭方法を組み合わせたハイブリッド型脱臭システム	エコソリューション部	新規顧客開拓
	エアーマイスター	当社製エアーコンプレッサ台数制御システムに対する、空圧設備の劣化診断を可能とする「吐出能力計測」と「エア漏れ量計測」の2つの機能追加	エコソリューション部 空調管統括部	提案営業
	Eco-Vent ACA	学校給食センターにおける作業環境を改善するとともに、省エネルギーを実現した食器洗浄機システム	エコソリューション部	提案営業
業務支援 ツール	省エネナビ	省エネ改修による費用対効果を簡易に試算するソフトウェア	内線統括部	提案営業
	空気線図への計測 データ表示ソフト	湿り空気線図上に温湿度計測データなどの値を表示するソフトウェア	空調管統括部	提案営業・設計
	ホーム・ECO・ヘルパー	住宅の消費エネルギー・光熱費を試算するソフトウェア	市場開発部	提案営業
	騒音検討ソフト	比較的簡単な入力で、音の専門知識を持たない担当者であっても、騒音検討が可能なソフトウェア	空調管統括部	設計
	幹線余裕度判定ソフト	既存幹線の電流測定データから、当該幹線の最大電流を想定するとともに、追加して増設可能な負荷機器の容量を算出するソフトウェア	内線統括部	設計
空調年間負荷想定ソフト	建物の空調負荷を簡易に想定し、その負荷に対して、様々な空調システムにおけるエネルギー消費量を計算できるソフトウェア	空調管統括部	提案営業	

注：技術開発成果の具体的な内容等、詳細をお知りになりたい方は、技術開発室技術企画G（担当 高津）へお問い合わせください。



技術開発室30年の変遷

西 暦	主な事柄	技術開発成果の変遷		
1985 (昭和60年)	技術開発室設置	電力品質	計測・監視・制御	業務支援ツール
1986	TDレポート創刊			
1987				
1988				
1989 (平成元年)	本店別館竣工			
1990	第1回全社技術研究発表会開催		ビル監視制御システム	
1991	教育センター教育棟竣工 FS研究所に名称変更			
1992				
1993				
1994	電気設備学会中部支部設立	高調先生(連続多点同時計測システム)		
1995				T-CASE(設計支援ソフト)
1996		才高調くん(高調波流出電流計算・対策支援ソフトウェア)	マルチ蓄熱コントローラ	TOENEC-CFD(熱流体シミュレーション) 照度測定装置
1997				
1998		高調先生(改良型、Windows版)		空調設計用負荷計算ソフト SUPER-LX(自動照度測定装置)
1999	技術開発室に名称変更 瀬戸フィールド試験場開設		小型電力測定器(3168) 電力線通信電力計測システム	水蓄熱槽最適容量設計ソフト 3次元照明シミュレーション
2000				
2001				
2002		TLDシステム(低圧配電システム)		
2003	全社技術パンフレット発刊 技術開発委員会設立		エネルギー遠隔計測システム	省エネナビ(省エネ効果試算ソフト)
2004		低圧電路用地絡方向継電器		空気線図への計測データ表示ソフト
2005		既設対応TLDシステム	エネルギー遠隔監視システム	ホーム・ECO・ヘルパー (住宅のエネルギー消費量・光熱費試算ソフト)
2006			部分更新対応型ビル管理システム	
2007				騒音検討ソフト
2008				
2009				
2010				幹線余裕度判定ソフト
2011			MiELCAST(みえるキャスト) (鋳造工場向けエネルギー利用最適化システム)	空調年間負荷想定ソフト
2012			デオマイスター(ハイブリッド型脱臭システム)	
2013	全社技術開発中長期ビジョン策定		エアーマイスター(エアークOMPレッサ 台数制御システム、独自機能追加)	
			Eco-Vent ACA(省エネルギー洗浄システム)	
2014		TLDシステム(改良型、1回路用)		
2015				

技術開発室成果報告会

技術開発室が平成25年度に取り組んだ研究開発の成果報告会を、平成26年4月21日から23日の3日間に渡り開催した。これまで参加された他部署の方々から「開発の意図や目的がよく理解できる」「自部署での活用を考えるきっかけになる」とのご意見を得て、昨年の報告会から全社に開催を通知している。

今回は昨年の倍近い90名もの方が他部署から参加され、高木常務は最終日の講評で「本質につながるシビアな質問や応用に関わる意見があった。この報告会のように異なる知識を持つ人、現場を知る人と開発担当者が話し合う機会は、課題解決や新しいアイデアのために有効で大切な機会だ」と述べた。

いただいたご意見やアドバイスは各研究員とも真摯に受け止め、今後の研究開発に活かしていく所存である。

研究件名と報告者

分野	報告者	研究テーマ
Ⅰ.電力品質 ・保守管理技術	小林 浩 研究主幹	低コスト型自動力率調整装置（APFC）の開発
	藤田 悠 研究員	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究
	大島誠一郎 研究員	アセットマネジメント手法を活用した電気設備の保守管理手法に関する研究
	中村 久栄 研究副主査	低圧電動機駆動時の固定子巻線短絡診断システムの開発
	山本 達也 研究副主査	対地静電容量測定装置の開発
	山本 達也 研究副主査	非接地電路用常時絶縁監視装置の開発／TLDシステムの改良
Ⅱ.省エネ技術	井上 泰宏 研究員	太陽光発電システムの劣化・故障診断に関する研究
	西戸 雄輝 研究員	太陽光発電システムのオンサイト診断装置の開発
	西村 叔介 研究員	ダイカスト工場におけるエネルギー最適化手法構築に関する研究
	水野 誠 研究主査	ジャストインタイム生産方式への対応を目的としたMIELCASTの改良
	古田 涼亮 研究員	生産プロセス改善による省エネ化・生産効率化に関する調査（射出成形機）
	水野 誠 研究主査	生産プロセス改善による省エネ化・生産効率化に関する調査（鍛造設備）
	高橋 和宏 研究主査	独自機能を備えたエネルギーマネジメントシステムの開発
Ⅲ.環境技術	中井 一夫 研究主査	遠隔監視データを用いた空調異常検知システムの開発
	千葉 理恵 研究副主査	太陽熱エネルギー有効利用に関する技術調査
	眞玉橋剛志 研究副主査	工場における負荷設備に関する省エネ提案を実現する技術の調査
	仲道 真也 研究員	工場における電化設備技術提案の効率化に関する調査
	高石有希子 研究員	生物学的排水処理システムの開発
	加藤 勇治 研究副主査	排水系産業廃棄物の減容化技術の開発



「学」との交流

平成25年度 共同・委託研究報告会

タイトル	報告会においていただいた共同研究先の先生
進相コンデンサを用いた高圧配電システムの電圧不平衡解消に関する研究	名古屋工業大学 電気電子工学科 青木 睦 准教授
旋回式クロスフローによる含油廃液処理への適用と応用検討	岐阜大学 工学部 機械工学科 小林 信介 准教授
太陽光発電システムの出力低下・異常検出手法開発に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
酸素供給型DHS法における酸素供給条件の最適化	岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 角野 晴彦 准教授 阿南工業高等専門学校 建設システム工学科 川上 周司 助教

平成26年度 研究開発における大学等の協力

技術開発室の研究開発件名	協力をいただく大学等
太陽光発電システムの出力低下・異常検出手法の実用化に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
旋回式クロスフローによる切削油廃液の高効率分離と応用検討	岐阜大学 工学部 機械工学科 小林 信介 准教授
電気設備の故障および劣化診断手法の開発	名古屋工業大学 電気電子工学科 水野 幸男 教授
進相コンデンサを用いた高圧配電システムの電圧不平衡抑制に関する応用研究	名古屋工業大学 電気電子工学科 青木 睦 准教授
変圧器故障予測に関するモデルのデータ出力	広島工業大学 工学部 電気システム工学科 西村 和則 准教授
フィールド試験による酸素供給型DHS法の実用性評価	岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 角野 晴彦 准教授



第23回全社技術研究発表会

第23回全社技術研究発表会は、平成25年11月5日、テクニカルフェアに合わせ、教育センター 6階講堂で開催した。開会に先立ち、高木常務から「良い研究開発の成果を生むためには、良い発想が必要。そのためには、日常と違うところを見つけ出す感性、その違いの原因を探る探求心、そして改善の検討は自分だけでなくいろんな人と話すことが大切だ」との挨拶があり、続いて8件の発表が行われた。設計、提案、施工現場、開発のそれぞれで行われた課題解決や工夫がわかりやすく説明される各発表に聴講者は、真剣に聞き入っていた。

表彰式および名古屋工業大学鶏飼副学長（現学長）による講評は、テクニカルフェアのメイン会場であるアリーナで行った。

研究テーマと発表者

発表件名	発表者所属	発表者	受賞名(*2)
SBM様向け新支持物(アイトラス)の採用について	情報通信本部 モバイルエンジニアリング部設計グループ	遠藤 伸晃	
縦型両面発光導光板照明の採用について	長野支店 営業部 営業グループ	會澤 達也 (*1)	社長賞
県立芸術大学音楽学部校舎新築工事における騒音対策施工事例	営業本部 空調管統括部工事第二グループ	竹谷 国明	
学校給食センターの洗浄室および洗浄機の省エネルギー	技術開発室 研究開発グループ	千葉 理恵	
旭硝子(株)千葉工場における設備提案と施工事例	配電本部 地中線部工事グループ	西尾 智有	奨励賞
空圧設備の劣化診断機能の開発	技術開発室 研究開発グループ	高橋 和宏	奨励賞
柱間切分工具用のカムラーの開発	配電本部 配電統括部技術グループ	森 剛	審査員賞
学校法人愛知医科大学新病院棟の電気設備	営業本部 内線部工事第二グループ	太田 清丈	

(*1)発表の施設は、(一社)照明学会の第12回(2014)照明デザイン賞最優秀賞を受賞し、會澤担当課長は、(株)日建設計殿、(株)竹中工務店殿の関係者とともに表彰を受けた。

(*2)賞の種類と審査基準は、前号、前々号のTDレポートの本欄をご参照願いたい。平成24年度から技術開発室も全ての賞の対象としており、26年度も同様の予定である。



JECA FAIR 2014 ～第62回 電設工業展～

日本電設工業協会が主催する平成26年度のJECA FAIR（第62回電設工業展）は、5月28日（水）から3日間、インテックス大阪で開催された。大阪開催のJECA FAIRとしては最大の展示ブース面積となり、来場者は98,000人を数えた。

技術開発室が、「ハイブリッド脱臭装置『デオマイスター』」「エアーコンプレッサ台数制御装置『エアーマイスター』」「MiEL CAST（みえるキャスト）」「エネルギー遠隔監視システム」「低圧電路用地絡方向継電器」「TLDシステム」「低圧自動力率制御システム」を出展したほか、情報通信本部が「電波電搬路調査システム」、地中線部が「太陽光発電用FXT鋼管基礎（太陽光パネル架台基礎）」を出展した。

当社ブースへは多くの来訪者があった。その中で技術開発室の展示について詳細な説明と意見交換を行ったお客さまは、需要家、設計事務所、ゼネコンおよび同業他社など62組あり、貴重な意見をいただくことができた。



低圧電路用地絡方向継電器の展示



ハイブリッド脱臭装置『デオマイスター』のデモンストレーション

社外講師・セミナー講師

演 題	担当者所属	講 師	講演先・日付
太陽光発電システム構築における発電電力量推定の位置づけ	技術開発室 研究開発グループ	西戸 雄輝	日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第7回セミナー 『太陽光発電システムの発電電力量評価・推定技術の最近動向』 2013.12.19 会場：東京大学 生産技術研究所 中セミナー室1
平成25年度 蓄熱技術研修会 水蓄熱・プログラム演習コース (負荷計算プログラムMicroHASP/TESの解説)	技術開発室 研究開発グループ	千葉 理恵	ヒートポンプ・蓄熱センター 2014.2.5
「スマートパワーシステム特論」のうち 事例解説	技術開発室 研究開発グループ	小林 浩	名古屋工業大学（非常勤講師） 2014.6.11 2014.6.18
電気電子工学概論 －電力事業と電気電子工学－	技術開発室 研究開発グループ	伊藤 公一	名城大学（非常勤講師） 2014.7.7

受賞・表彰の記録

年月日	受賞名	内容	担当者所属	担当者
2013. 10. 30	日置電機株式会社 感謝状	小型電力測定器「クランプオンパワーハイテスタ(型式3168)」	技術開発室研究開発グループ	小林 浩
2013. 11. 3	(一社)日本電気協会 第58回「澁澤賞」	低圧電路用地絡方向継電器の開発	技術開発室研究開発グループ	山本 達也
2013. 12. 4	第18回 資源循環型ものづくりシンポジウム IMS2013 (一社)中部産業連盟 会長賞	ハイブリッド脱臭装置「デオマイスター」の開発	技術開発室研究開発グループ	加藤 勇治
2014. 3. 26	(一社)日本電気協会中部支部 特別功績者表彰	鋳造工場向けエネルギー最適化システム MiELCAST(みえるキャスト)	技術開発室研究開発グループ	水野 誠
2014. 3. 26	(一社)日本電気協会中部支部 特別功績者表彰	地上設置型太陽光パネル用FX鋼管基礎の開発	配電本部 地中線部	深川 広則 中林 清美 澤 克治 堀田 侑揮
2014. 6. 6	(一社)電気設備学会 第25回部門別学会賞 技術部門 施設奨励賞	豊洲キュービックガーデンの電気設備	東京本部 工事部	矢吹 治久 柳瀬 貴志 深尾 彰彦 片野 英樹 西部 明男 牧野 徹
2014. 9. 4	平成25年電気学会電子・情報・システム部門大会企画賞	シンポジウム「再生可能エネルギーの有効利用を実現するデータ計測・活用技術」の企画	技術開発室研究開発グループ	小林 浩
2014. 9. 4	(一社)照明学会 照明デザイン賞 最優秀賞	導光板を用いた照明器具により空間の明るさを確保したアンビエント照明の工夫	長野支店 工事グループ	會澤 (*) 達也

(*) 平成25年度第23回全社技術研究発表会で會澤担当課長は、表彰の対象となった施設における照明設備施工の創意工夫について講演し、社長賞を受賞した。



第58回澁澤賞を受賞した山本研究副主査



第32回電気設備学会全国大会に参加して

1 はじめに

平成26年8月28日と29日の2日間にわたり、第32回電気設備学会全国大会が東北文化学園大学で開催された。今年度の一般講演の発表件数は202件であり、昨年度(216件)と比べて若干減少している。しかし、昨年度に劣らず、大変有用な内容の発表が多いと感じた。聴講者に人気の技術分野は、昨年度と同様に、太陽光発電設備等のエネルギー分野や接地・雷・絶縁分野である。これらの分野では会場は常に満員であり、活発に質疑応答が行われていた。

本稿では、筆者が聴講した一般講演の一部の内容について紹介する。なお、プログラムの概要については、電気設備学会学会誌2014 NO. 8目次4頁または電気設備学会ホームページを参照願いたい。

2 主な一般講演の聴講内容

(1) 「接地方式の違いによるノイズ電流分流に関する検討」(EMC/EMI、環境、高調波分野)

発表者：(株)きんでん 森田祐志 氏

(発表概要)

需要家構内低圧配電システムにおける接地方式の違いによるノイズ電流の分流について、シミュレーションによる検討を行い、望ましい接地方式を提案している。ノイズ電流の発生源としては、近年、障害事例が多数報告されているインバータを対象としている。接地方式は、動力、電灯回路においてB種接地を共用する場合とそれぞれ単独に設ける場合、負荷側の接地については鉄骨等の建物構造体を利用する場合と通常の場合、D種接地を利用する場合について検討している。結果は、ノイズ電流を電灯回路に流入させない接地方式として、動力、電灯回路においてはB種接地を単独とすることを推奨している。

(筆者の感想)

発表者も述べていることだが、B種を単独接地とすることは、雷保護の観点からは好ましくない。これは、B種とC種またはD種接地極間に雷サージによる過電圧が発生し、電子機器を破損させる恐れ

があるためである。したがって、本提案の採用にあたっては、雷に対する影響についても別途検討を行う必要がある。

当社で開発したTLDシステムは、電灯回路へのノイズ電流の回り込みを防止するとともに、雷障害の防止にも有効である。

(2) 「ノイズ低減を可能としたファン周波数制御装置の製作」(EMC/EMI、環境、高調波分野)

発表者：(株)三菱地所設計 森山泰一 氏

(発表概要)

既存電算センターの大規模修繕工事において、空調機ファンの周波数制御装置の電源高調波電流抑制対策としてマトリクスコンバータを採用した。そして、マトリクスコンバータの入出力回路にラインノイズフィルタを設置し、かつシールドケーブルを使用することで、CISPR11 ClassAに準拠した高周波ノイズ対策を実施した。

(筆者の感想)

マトリクスコンバータは、交流波形を直流に変換することなく直接周波数変換を行う装置であり、現在主流の汎用インバータと比べて電源高調波を低減できること、また電力を電源側に再生できることから注目されている。また、価格が高いことと、瞬低による影響を受けやすいため適用できる負荷が制限される、などの欠点もあるが、今後、普及すると考えられ注目したい。

(3) 「ELCB不要動作対策を目的とした接地システムの構築」(EMC/EMI、環境、高調波分野)

発表者：(株)きんでん 西村鉄平 氏

(発表概要)

動力変圧器の2次側(480V)に50の分岐回路があり、それぞれにインバータが設置されている。また、全ての分岐回路には感度電流30mAのELCB(漏電遮断器)が設置されている。このような設備において、ある回路のインバータを運転した際、ELCBがトリップした。

調査の結果、当該回路の絶縁は良好であったため、漏電によるトリップではないと判断した。そして、ELCBの動作を一時的にロックし、インバータ運転中の漏れ電流を計測して周波数解析を行った。そ

の結果、商用周波数の電流値は3.2mAと小さく、高調波電流は3次が14.5mA、5次が24.4mAと大きいことがわかった。このことから、ELCBは高調波電流により不要動作したものと推定した。

対策として、480V動力変圧器の2次側にタイトランスを設置し、その二次側回路の系統接地線に500Ωの抵抗を接続して高調波電流を低減した。

(筆者の感想)

インバータに起因する障害事例として、大変貴重な報告である。しかし、今回の対策には疑問を感じる。ELCBには、一般に、高調波電流に対して不要動作しないようにローパスフィルタ(LPF)が内蔵されている。今回不要動作したELCBにもLPFが内蔵されており、3次高調波電流は50mA未満、5次高調波電流は200mA未満では動作しないことが報告されている。今回計測された電流値はこの範囲内である。したがって、このような低次の高調波電流を今回の障害原因とすることはできない。

上記以外の障害原因として、インバータのスイッチング動作によって生じる高周波漏れ電流の影響が考えられる。これは、インバータのスイッチング周波数(一般に、数kHz~15kHz)以上の高周波電流である。ELCBに内蔵されているLPFは、この電流に対しても低減効果がある。しかし、当該変圧器内には50台のインバータが存在する。これらが全て動作し、対地静電容量の大きな回路に高周波漏れ電流が回り込んだとすれば、極めて大きな電流値となりフィルタの許容値を超え、ELCBは不要動作する可能性がある。この回り込み電流は、今回接続した500Ωの抵抗を流れないためこの抵抗による低減効果は期待できない。この推測が正しいとすれば、有効な対策は、インバータにフェライトコア等を設置して高周波漏れ電流を低減することである。

(4)「ケーブルの多条布設時の電流平衡化方法(その2)」(材料・工具・機器分野)

発表者: (株)関電工 武藤信行 氏

(発表概要)

低圧の大容量負荷に対し、通常はバスダクトを使用して送電する。しかし、施工性がよくコストダウンできることから、バスダクトに代えて、同じ相にケーブルを多条布設して送電する場合がある。しかしこの場合、電流は各ケーブルのインピーダンスの相違から均等に流れず、一部のケーブルに過大な電流が流れて焼損することがある。

この対策として、電流バランスを検討した。各ケーブルに鉄心を挿入し、さらに各鉄心にV線を通してループ配線とすることにより、ループ配線で2次側電流を共用した1対1の変流器を構成した。そして、各ケーブルの電流が平衡化されることを実験により確認した。

(筆者の感想)

この内容は、昨年度はポスターセッションで発表されていたが、今年度は、さらに施工しやすく改良されていた。このような同相多条布設ケーブルは、当社でも施工されており、当社では各ケーブルに流れる電流を計算するソフトを作成している。(株)関電工ではさらに検討を進め、対策技術を開発した。鉄心断面積の設計方法が今後の課題ということであったが、それほど難しい課題ではないであろう。大変有用な技術と考える。発表の中で平衡化による省エネ効果を強調されていたが、平衡化によって必ずしも省エネにならないことは簡易な計算で確認でき、この点は疑問である。

(5)「太陽光発電設備工事における基礎工事工法の比較について」(施工分野)

発表者: (株)ユアテック 渡部弘明 氏

(発表概要)

太陽光発電設備の基礎工事工法について、傾斜の有無、地盤の固さや水分、設置場所の天候の特徴、施工の難易度、コストなどの評価項目により比較した。対象工法は、現場打ち鉄筋コンクリート基礎、2次製品コンクリート基礎、スクリー基礎、ベース基礎の4種とした。

それぞれ一長一短があり、状況に応じて選定することが重要と結論付けられた。

(筆者の感想)

コスト面で最も安価なスクリー基礎に関する質問が多く、関心が高いことが窺えた。地盤が柔らかいところで使用可能ということであったが、あまり柔らかすぎる場合には経年沈下の可能性が否定できない、ということであった。また、固い石などで溶融垂鉛メッキが傷つき腐食する恐れはないか、という質問に対し、その影響については不明ということであった。

スクリー基礎は、当社開発のFX鋼管基礎の競合技術になると考えられ、優位性の評価を行う必要があると考える。

(6)「太陽光発電所の雷対策について」〔施工分野〕

発表者：(株)九電工 江頭 誠 氏

(発表概要)

海岸の埋め立て地に設置された70MWのメガソーラに対する雷対策の紹介である。対策は、回転球体法に基づく避雷針の設置、メッシュ接地、等電位ボンディング、SPD (Surge Protective Device)の設置である。

しかし、これらの対策を行っても雷障害が発生した。落雷箇所は、溶融痕があるため避雷針と考えられた。障害状況は、太陽光パネルの接続端子部における放電痕、一部の太陽光パネルの出力低下である。また、弱電機器も影響を受けた。

原因は、雷電流による電磁誘導によって太陽光パネルに過電圧が発生したことによると推測した。このため、太陽光パネル接続端子部にSPDを設置した。

(筆者の感想)

太陽光パネルの接続端子に接続された配線は、接続箱に集約される。今回、この接続箱にはSPDが設置されていたが、障害が発生した。

接続端子部で放電が発生した原因は、接続箱と接続端子部の配線距離が最大で100mと長く、接続箱に設けられていたSPDが動作する前に接続端子部で放電開始電圧に達したためと推測されていた。この放電対策として、接続端子部にSPDを設置することは有効と考えられるが、SPDを設置してもサージ電流はセルを流れると考えられるため、太陽光パネル自身の保護は難しいと考える。

雷対策は難しい課題である。このような貴重な報告を参考にし、効果的な対策を検討すべきである。

(7)「協調を考慮した雷保護対策」〔接地、雷、絶縁分野〕

発表者：(株)サンコーシャ 伊藤秀敏 氏

(発表概要)

山頂にある通信鉄塔基地局において雷による障害が発生した。この場所の落雷日数は50日／年であり多雷地域である。雷サージにより破損した機器は、無線装置と受電盤内SPDであった。無線装置にはSPD (1/4λショートスタブ形) が設置されていたが、このSPDの動作電圧が無線装置の耐電圧を超えたため破損したと推測される。また、受電盤内のSPDは、クラスⅡが設置され、その後段にはメーカーの異なるクラスⅡのSPDが設置されていた。両者は動作協調を行い処理エネルギーを分担

する必要があるが、既存設備はこの協調がとれていなかったため、受電盤内のSPDのみが動作し、全てのエネルギーを処理しきれずに破損したものと推測した。

対策として、受電盤内のSPDをよりエネルギー耐量の大きなクラスⅠに変更し、後段のSPDを同一メーカーのSPDに変更して動作協調を図った。また、通信装置用のSPDは、1/4λオープンスタブ形SPDを追加し、雷サージに対して絶縁する対策を行った。これらの対策後約2年が経過したが、障害は発生していない。

(筆者の感想)

雷保護対策において、一般に、SPDを設置することの重要性は広く認識されているが、動作協調の重要性についてはあまり認識されていないように感じている。保護機器の過電圧耐量に基づき、また、雷サージの侵入経路を想定して、SPDの設置場所、動作電圧 (順序)、エネルギー耐量を適切に設計する必要がある。

3 おわりに

本稿では、第32回電気設備学会全国大会において筆者が聴講した一般講演の内容の一部を紹介した。

本大会では、様々な障害事例やその対策方法、新製品から施工に至る幅広い技術の紹介など、内線技術者にとって大変有用な内容が報告される。当社の技術者も積極的にこれに参加し、情報収集を行うとともに技術者同士の交流を深め、互いに切磋琢磨すべきと考える。

本稿により、電気設備学会への関心が高まるとともに全国大会への発表者・聴講者が増え、当社の技術力のさらなる向上につながれば幸いである。

以上

学会・雑誌等への発表・投稿

件名	著者（発表者○）および連名者	発表機関・掲載誌
傾斜面日射量の推定精度に関する研究 －全国各地における傾斜面日射量推定の精度比較－	○奥田文彬、山中三四郎(名城大学)、 西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成25年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会 2013.11
PCSの性能評価に関する研究 －10年間運転したPCSの性能評価－	○小島祥太、山中三四郎(名城大学)、 西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成25年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会 2013.11
%電力量と発電電力量の相関性に関する一考察	○真田英和、山中三四郎(名城大学)、 西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成25年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会 2013.11
酸素供給型DHSリアクターによるでんぷん含有排水の連続処理	○段下剛志、角野晴彦(岐阜高専)、川上周司(阿南高専)、 高石有希子(技術開発室)、珠坪一晃(国環研)	土木学会 第50回 環境工学研究フォーラム 2013.11
エネルギー計測の必要性和電気設備分野におけるデータ活用事例	○小林 浩(技術開発室)	電気学会 メタボリズム社会・環境システム技術研究会 2014.01
高調波抑制対策技術指針の改定内容とプラント設備との関わり	○小林 浩(技術開発室)	電気学会ものづくり研究会 2014.02
PVシステムの出力低下診断に関する一考察 －%電力量を用いた出力低下の判定基準－	○奥田文彬、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成26年 電気学会全国大会 2014.03
40kWpPVシステムの出力低下診断	○小島祥太、山中三四郎(名城大学)、 西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成26年 電気学会全国大会 2014.03
旋回式クロスフローによるO/Wエマルジョンの分離に関する研究	○森 崇弘、小林信介、板谷義紀(岐阜大学)、 加藤勇治(技術開発室)	平成26年 化学工学会第79年会 2014.03
でんぷん含有排水を処理するHi-DHSリアクターの運転方法の検討	○段下剛志、角野晴彦(岐阜高専)、川上周司(阿南高専)、 高石有希子(技術開発室)、珠坪一晃(国環研)	平成25年度 土木学会中部支部研究発表会 2014.03
酸素供給型DHSリアクターにおける処理性能向上のための運転方法の検討	○段下剛志、角野晴彦(岐阜高専)、川上周司(阿南高専)、 高石有希子(技術開発室)、珠坪一晃(国環研)	第48回 日本水環境学会年会 2014.03
でんぷん含有排水を高速処理する酸素供給型DHSリアクター内の微生物群集構造解析	○鈴木香奈子、小島誠貴、川上周司(阿南高専)、 段下剛志、角野晴彦(岐阜高専)、 高石有希子(技術開発室)、珠坪一晃(国環研)	第48回 日本水環境学会年会 2014.03
%電力量の入射角依存性	○奥田文彬、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
太陽電池とPCSの容量比がPVシステムの発電電力量と回収年数に与える影響の評価	○西戸雄輝、井上泰宏、小林 浩(技術開発室)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
低圧お客さま設備における雷対策の実態に関する調査研究(第1報) －アンケートによる家電機器の雷被害状況の調査結果－	○飯塚和夫、小林 浩(技術開発室)、 田口正明、福永竜己、國井康幸(中部電力)、 梅村正人(中部電気保安協会)、 箕輪昌幸(愛知工業大学)、 出口真行、松村年郎(名古屋大学)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
低圧お客さま設備における雷対策の実態に関する調査研究(第2報) －屋内配線への雷過電圧進入に伴うコンセント電圧上昇の線路巨長・並列数依存性－	○小林 浩、飯塚和夫(技術開発室)、 出口真行、松村年郎(名古屋大学)、 田口正明、福永竜己、國井康幸(中部電力)、 梅村正人(中部電気保安協会)、 箕輪昌幸(愛知工業大学)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
電気設備のLCC02、LCC削減のケーススタディ(第5報) －太陽光発電システムと蓄電池の導入効果－	○小林 浩(技術開発室)、鈴木俊之(東光電気工事)、 滝澤 総(日建設計)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
病院電気設備における変圧器励磁突入電流の実測と瞬時電圧低下の評価	○太田清丈、大森達哉(営業本部)、 小林 浩(技術開発室)、 矢崎祝秀、村上英樹(愛知医科大学)、 菊池 尚(山下設計)、足立光弘(鹿島建設)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
進相コンデンサを用いた高圧配電システムの電圧不平衡抑制に関する検討(その1) －PSOを用いた実測データに基づく不平衡配電システムモデルの作成－	○小寺孝典、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 丸 俊介、福永竜己(中部電力)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08

件名	著者（発表者○）および連名者	発表機関・掲載誌
進相コンデンサを用いた高圧配電系統の電圧不平衡抑制に関する検討(その2) ー单相進相コンデンサを用いた電圧不平衡抑制装置の提案ー	○藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 小寺孝典、青木 睦(名古屋工業大学)、 丸 俊介、福永竜己(中部電力)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
%電力量による出力低下診断機能を備えた太陽光発電設備用遠隔監視システムの開発	○井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)、 山中三四郎(名城大学)	平成26年 電気設備学会 全国大会 2014.08
短絡を有する固定子巻線スロットの特定手法の提案	○中村久栄(技術開発室)	平成26年 電気学会産業応用部門大会 2014.08
進相コンデンサを用いた高圧配電系統の電圧不平衡抑制に関する検討(その1) ー配電線実測データの分析ー	○藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 小寺孝典、青木 睦(名古屋工業大学)、 丸 俊介、福永竜己(中部電力)	平成26年 電気学会 電力・エネルギー部門大会 2014.09
進相コンデンサを用いた高圧配電系統の電圧不平衡抑制に関する検討(その2) ーPSOを用いたシミュレーションー	○小寺孝典、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 丸 俊介、福永竜己(中部電力)	平成26年 電気学会 電力・エネルギー部門大会 2014.09
エネルギー監視データを利用した空調熱源の異常検知システムの開発(第2報) 各種診断項目の説明と異常履歴との照合事例	○河路友也(愛知工業大学)、 成瀬 仁(技術開発室)、 松井伸夫、柴田篤宏(中部大学)	平成26年度 空調和・衛生工学会全国大会 2014.09
ライフサイクルエネルギーマネジメントに有用なシミュレーションモデルに関する研究 その4 水蓄熱システムモデルの拡充と某病院における試算	○千葉理恵(技術開発室)、 田中英紀(名古屋大学)、 丹羽英治、小池万里(日建設計総合研究所)	平成26年度 空調和・衛生工学会全国大会 2014.09
旋回式クロスフローによるO/Wエマルジョンの機械的分離	○森 崇弘、小林信介、板谷義紀(岐阜大学)、 加藤勇治(技術開発室)	平成26年 廃棄物資源循環学会第25回研究発表会 2014.09
負荷電流の特徴量分布を用いた誘導電動機の巻線短絡故障診断	○八神佑輔、荒木千佳、城戸俊輝、 水野幸男(名古屋工業大学)、 中村久栄(技術開発室)	平成26年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2014.09



現業支援業務の事例紹介

本稿では、技術開発室がこれまでに実施した現業支援業務の中から、今後の参考となると思われる事例を4つ紹介する。

1 漏電遮断器の不要動作障害の原因調査と対策提案

(1) 状況と客先要望

某工場にて、複数のELCBが同時に動作する不要動作障害が発生した。障害発生箇所は、変圧器二次側母線の分岐回路のELCB3箇所（プラグイン2箇所、他1箇所）であった(図1-1)。

客先より、原因を特定するとともに、低コストで対策を実施したいとの要望があった。

(2) 技術支援の概要

(a) 原因調査

不要動作障害の原因は、地絡電流の回り込みによるものとの仮説を立て、不要動作障害が発生したELCBの二次側回路の対地静電容量を計測した。さらに、その計測値から、他の回路での地絡発生時に当該回路に回り込む地絡電流を推定した。この結果から、不要動作障害の原因は、仮説の通り地絡電流の回り込みである可能性が高いことを確認した(表1-1)。

(b) 対策提案

ELCB1回路は、対地静電容量が特に大きく、回り込み電流が極めて大きくなると推定した。よって、ELCBの整定値変更だけでは対策不十分と判断し、当社開発製品の「低圧用地絡方向継電器(低圧用DGR)」を提案した(図1-2)。

ELCB3回路は、上位に中感度のELCBが設置されており、負荷状況からも感電保護(高感度ELCB)は必要ないと判断した。よって、ELCBからMCCBへの変更を提案した。

ELCB4回路は、対地静電容量が0.4 μ F、回り込み電流が最大で約30mA(420V回路地絡時)と小さい。よって、感電保護(高感度ELCB)は必要ないと判断し、整定値変更のみとした。

(3) 技術支援のポイント

当社にて原因調査のための測定や対策検討を速やかに実施し、当社独自技術として開発した製品を提案し採用に至ったことで、当社の技術力をアピールでき、客先の信頼を得ることができた。

(4) 関係部署: 営業本部 内線部 名西営業所

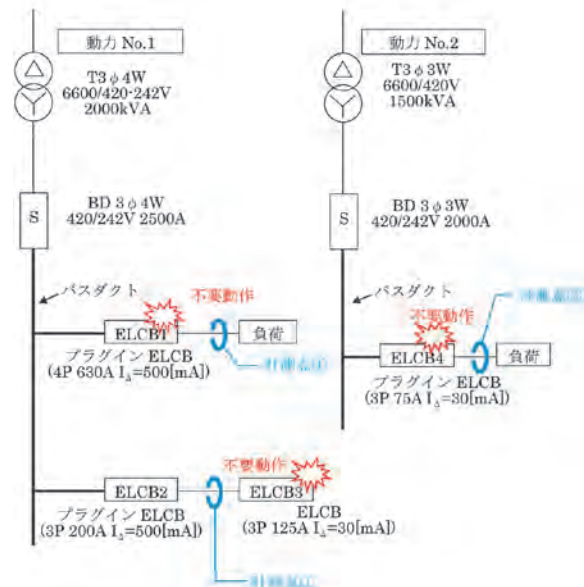


図1-1 障害発生箇所と計測点

表1-1 対地静電容量の実測値と回り込み電流の推定値

回路	対地静電容量	推定回り込み電流最大値
ELCB1	11.6 μ F	883.7mA
ELCB3	0.6 μ F	45.7mA
ELCB4	0.4 μ F	30.5mA

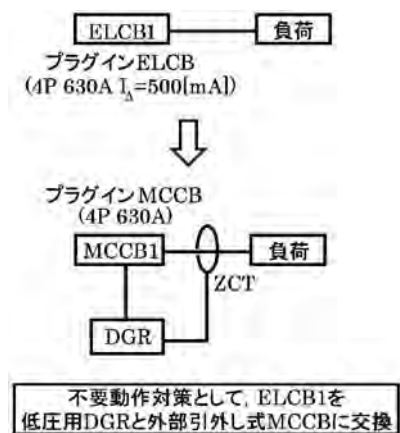


図1-2 ELCB1回路の対策方法

2 ボルトの赤熱現象による電気事故の再現実験

(1) 状況と客先要望

某店舗の分電盤内から発煙したため調査した結果、端子部が炭化し、圧着端子の絶縁キャップ（材質：PVC）から発煙していた。この事故の原因はボルトの緩みが原因と推測された。客先より事故原因を突き止めたいとの要望があったため、事故状況の再現実験を行った。

(2) 技術支援の概要

(a) 実験方法

事故発生時に使用していたボルトを使用し、ボルトが緩んでいる状況を再現した（写真2-1）。ここに負荷電流を20A通電し、ボルトの温度と圧着端子の様子を観察した。計測中には、電線を揺らして火花放電が発生する状況を作り出した。

(b) 実験結果

実験開始から2500秒までは火花放電によって端子部の温度が上昇した（図2-1）。その後、ワッシャーとスプリングワッシャーの間に亜酸化銅が形成され赤熱部が現れた。赤熱部の温度は1000℃以上になることが知られている。よって、赤熱部によって端子部の温度が急激に上昇し、4000秒後には170℃まで到達した。この温度は絶縁キャップ（融点147℃）を熔融させ、炭化するのに十分な温度であった。この再現実験から、事故の原因を図2-2の通りと判断した。

(3) 技術支援のポイント

事故の原因を、推定ではなく実験により再現して突き止めたことにより、客先の信頼を得ることができた。また、本結果を共有することにより今後の工事に対する安全意識を高めることができた。

(4) 関係部署：営業本部 内線統括部 技術G

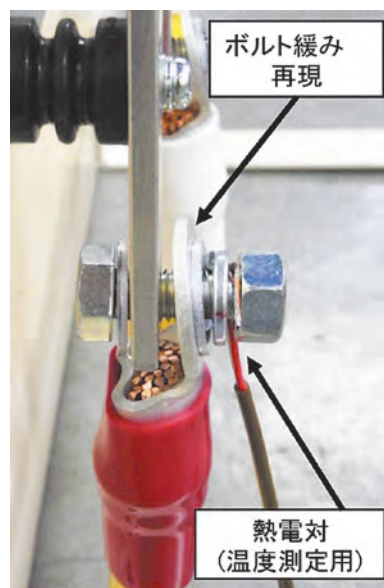


写真2-1 端子部の緩みの再現の様子



写真2-2 赤熱現象発生時の端子部の様子

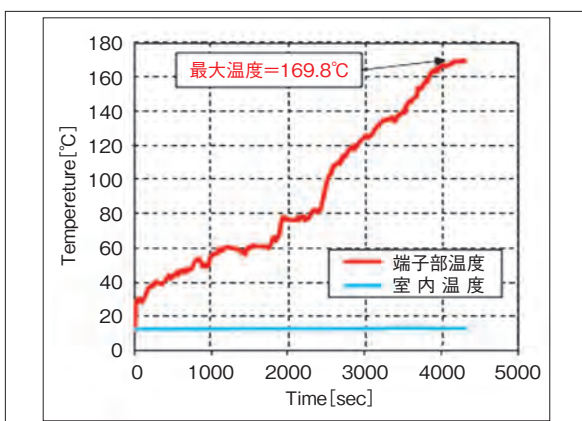


図2-1 赤熱現象発生時の端子部の温度変化

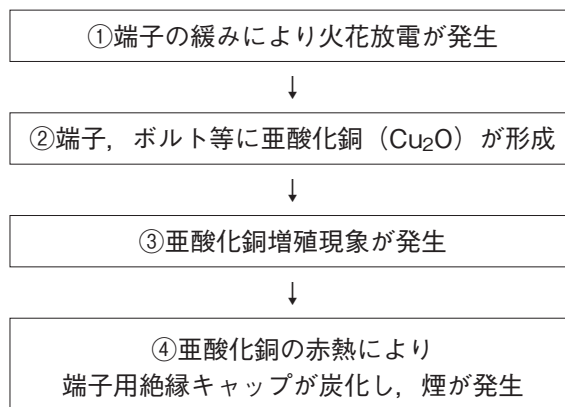


図2-2 事故の原因の判断結果

3 太陽光発電システムの出力低下発生時の詳細診断

(1) 状況と支援要望

太陽電池モジュールの直列毎の電圧・電流・電力を計測し異常を監視する「ストリング監視システム」を導入している太陽光発電システムにおいて、「出力低下発生」の警報が挙がったため、客先から詳細診断と原因究明を求められた。

(2) 技術支援の概要

(a) 対象システムの概要

- ・ 太陽電池アレイ：単結晶型300W×760枚
=228kW
- ・ PCS：100kW×2台
- ・ アレイ構成：PCS1：10直列×42並列
=126kW
PCS2：10直列×34並列
=102kW

(b) 詳細診断の流れと結果

① 熱画像診断

出力低下が発生したストリングを構成する10枚のモジュールを赤外線カメラにより観察し、局所的に発熱しているモジュール (No. 3) を特定した (写真3-1)。発熱は、一部のセルとジャンクションボックス付近に見られた。

② I-V曲線 (電流-電圧特性曲線) 測定

モジュール毎のI-V曲線を測定し (図3-1)、開放電圧が低いモジュール2枚を特定し (No. 3、No. 8)、これらのモジュールの発電電力が低下していることを確認した。この2枚以外にもI-V曲線に変曲点があるモジュールを発見し、汚れの影響等で発電電力が低下している可能性があることが分かった。

③ EL*画像撮影

発電電力低下の原因究明のため2枚のモジュールのEL画像を撮影した。No. 3では3分の2のセルで発電電力がゼロであり (写真3-2右)、バイパスダイオードのショート故障と判断した。またNo. 8にはEL画像の撮影時に外部電源より印加する電流が流れなかったことから、モジュール内配線の断線故障と判断した。

(c) メーカーの見解

後日、メーカーにモジュールを送付して詳細調査をした結果、No. 3はバイパスダイオードのショート故障、No. 8はジャンクションボックス内での半田不良による断線と判断された。これ

により、当社の診断結果の妥当性が示された。

(3) 技術支援のポイント

当社自らが各種試験装置を使用して詳細診断を行い、故障箇所と原因を突き止めたことにより、客先の信頼を得ることができた。また、太陽光発電システムの不具合診断技術を蓄積することができた。

(4) 関係部署：営業本部 エコソリューション部 技術提案G

※Electroluminescence (電界発光)：太陽電池に電流を流すと特定波長の光を発光する現象。発電に寄与していない部分は暗くなるため、この光を撮影することで太陽電池の故障診断が可能となる。

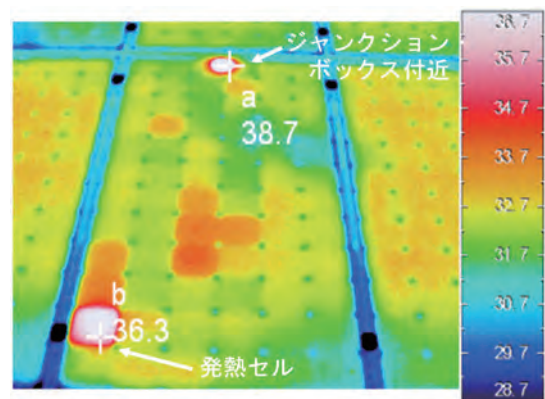


写真3-1 発熱があるモジュール (No.3) の熱画像

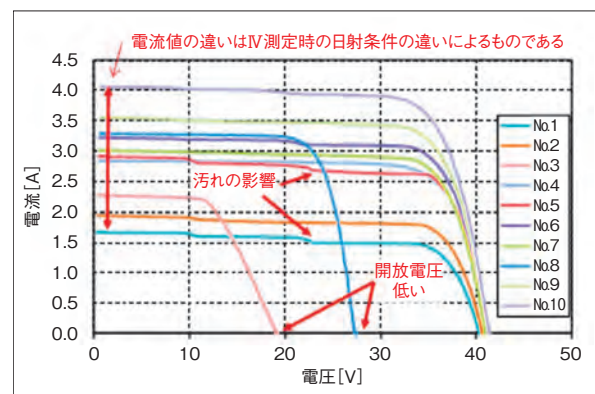
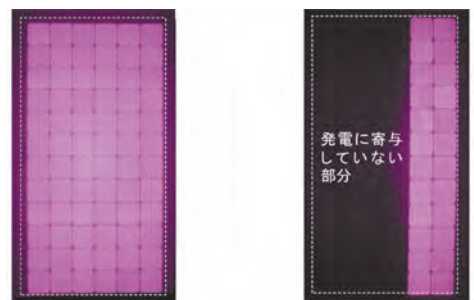


図3-1 モジュール毎のI-V曲線の測定結果



(a) 正常なモジュール (b) 発電出力が低下したモジュール (No.3)

写真3-2 モジュールのEL画像

4 変圧器励磁突入電流の実測と瞬時電圧低下の評価

(1) 状況と支援要望

某病院施設において、電源停止時は一刻も早く電力供給を再開するため、複数台ある変圧器の投入方法を、順次投入ではなく一斉投入としたい。ついては、過大な励磁突入電流の発生や、それに伴う瞬時電圧低下の影響が懸念されるため、客先から実測により確認を求められた。

(2) 技術支援の概要

(a) 励磁突入電流と瞬時電圧低下の実測

竣工前に、実際に変圧器のサブ変毎の順次投入と全変圧器の一斉投入を行い、励磁突入電流波形及び電圧波形を、波形記録計を用いて実測した。

(b) 実測結果の分析と評価

図4-1は励磁突入電流が最大であった結果であり、電圧印加後の1周期目にV相に最も大きい5,000A(波高値)程度の電流が流れ徐々に減少し、メーカ提示値よりも小さいこと、電圧が波高値6,000V程度まで低下していることを示している。

励磁突入電流は、投入のタイミング等により大きく変化するため、順次投入・一斉投入とも同一条件で3回実測し、メーカ提示値と比較した(図4-2)。これより、すべての実測値がメーカ提示値より小さいことを確認した。また、瞬時電圧

低下が負荷機器に与える影響を評価し(図4-3)、一斉投入の場合のみ高圧放電ランプに影響が出る可能性があるものの、病院施設として重要な医療機器等には影響がないことを確認した。

(3) 技術支援のポイント

当社自らが計測機器を用いた実測と結果の定量的な分析を行うとともに、客先や設計事務所に直接説明を行うことで、客先の信頼を得ることができた。

(4) 関係部署:営業本部 内線部

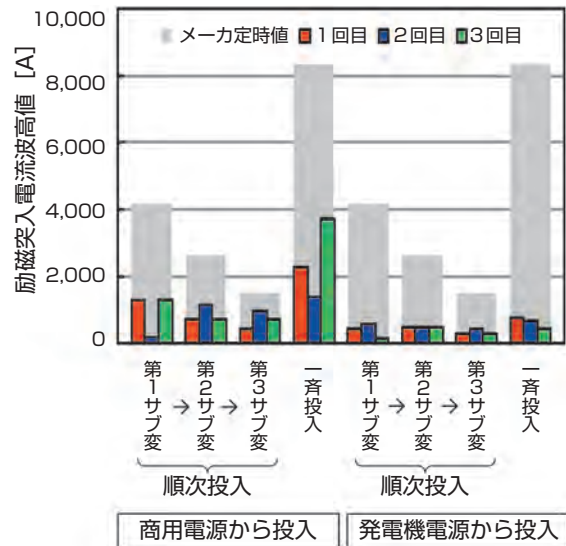
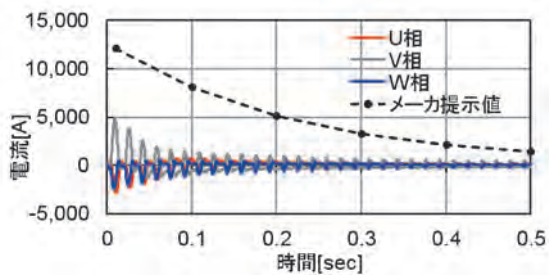
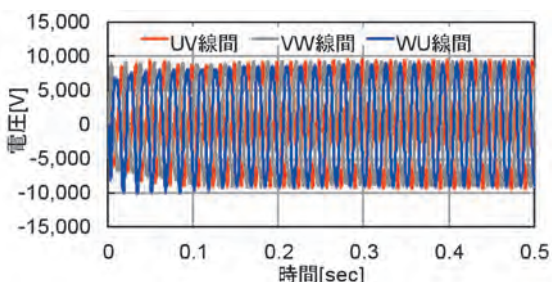


図4-2 励磁突入電流とメーカ提示値との比較



(a) 励磁突入電流波形



(b) 励磁突入電流発生時の電圧波形

図4-1 励磁突入電流と瞬時電圧低下の実測結果

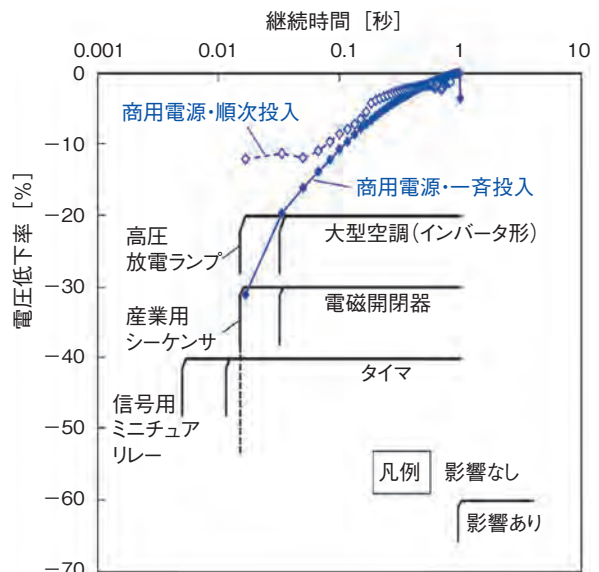


図4-3 瞬時電圧低下の負荷機器への影響評価結果

各種学会・士会への加入奨励について

当社にとって、技術者一人一人が技術力を向上させることはいうまでもなく重要であり、その手段として図1に示すものが考えられる。このうちいくつかは、教育センターにより進められているが、最新の技術情報や技術動向をタイムリーに得るには、各種学会・士会への加入が最も有効な方法である。このため当社では社員に対し、学会・士会への加入を奨励している。

また、技術士に挑戦する社員にとって、学会を通じて得られる各種情報は極めて役に立つと言われている。

各種学会は、最新技術の解説や施工事例の紹介を、会誌や見学会、講習会といった学会事業により提供している。これらは各個人が技術力を高めることに加え、お客さまへ技術的な提案やアドバイスを行なう情報源となる。また各士会も、同様に詳細な技術情報の提供や見学会を行なっており、活用が期待できる。

社内に学会・士会の加入者が増えることは、社内の技術への関心を高め、全体の技術レベルの向上につながるほか、お客さまの当社技術力に対する信頼を高める期待もある。

特に電気設備学会について、同業他社が競って加入者を増やすのはこのためであろう。

当社業務に関係が深いと思われる学会・士会は表1のとおりであるが、業務上の必要に応じてこの限りではない。自分の業務に関係の深い学会・士会に是非加入し、技術力の向上に努めていただきたい。

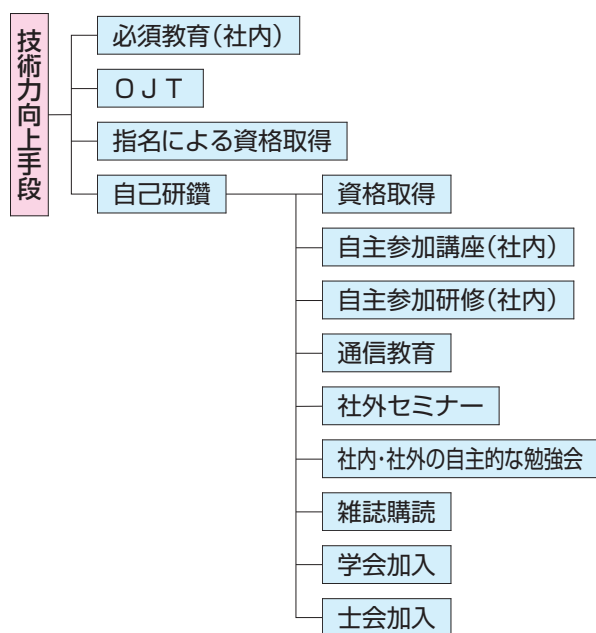


図1 技術力向上手段

表1 学会・士会

学会、士会名
電気設備学会
電気学会
空気調和・衛生工学会
日本建築学会
電子情報通信学会
情報処理学会
照明学会
技術士会
計装士会
建築士会

学会加入奨励については、イントラネットの部署情報で、「技術開発室だより」内の「各種学会・士会の加入奨励について(通知) (H21.2.3発信文書)」を参照していただくか、技術開発室にお尋ねください。

編集 後記



撮影：技術開発室 西村叔介

本号には当社が学会で表彰を受けた2件の施設を技術報告として掲載した。1件は長野支店の「縦型両面発光導光板照明の採用について」で照明学会から、もう1件は東京本部の「豊洲キュービックガーデンの設計コンセプトとその検証」で電気設備学会から表彰された。

前者については、昨年度の全社技術研究発表会で「社長賞」を受賞したことを覚えておいでの方もいらっしゃるだろう。社内で評価した技術が公にも評価されたことはもちろん、学会を身近に感じられることも嬉しく思う。

私たちの開発する技術も、広く社内外から認められるものでありたいと強く思った。(未)

TDレポート 第30記念号

平成26年10月発行

編集

株式会社トーエネック技術開発室 TDレポート編集委員会
TEL(052)619-1707 FAX(052)619-1705
〒457-0819 名古屋市南区滝春町1番地79



vol.30 記念号 TDレポート
2014.10

快適以上を、世の中へ。

TOENEC

株式会社 トーエネック
名古屋市中区栄1丁目20番31号
TEL (052) 221-1111

