

快適以上を、世の中へ。

TOENEC

中部電力グループ

TDIR

Technology Development Report
2018.10

Technology Development Report

vol.34

C O N T E N T S

はじめに

- 新たな時代のビジネスチャンスに向けて 3
取締役 専務執行役員 堀内 保彦

特別寄稿

- 雷写真から読み解く雷現象 4
音羽電機工業株式会社 新規事業室 担当部長 博士(理学) 工藤 剛史

技術報告

- マルチャットコの開発について 14
配電本部 配電統括部 技術グループ/土屋 公二・伊藤 智之
- 自動火災報知設備の足場レス更新 18
岡崎支店 刈谷営業所 工事グループ/岩田 三徳
岡崎支店 営業部 営業グループ/三浦 定
- 太陽光発電設備のメンテナンス用ドローンの開発 22
技術研究開発部 研究開発グループ/西戸 雄輝・青山 泰宏
- 低圧電動機の巻線短絡診断システムの開発 26
技術研究開発部 研究開発グループ/中村 久栄
- 既設ハイテク印刷工場におけるB種接地抵抗値の調整について 30
中部本部 名西営業所/井戸田 泰伸・池端 伸一
中部本部 内線部 工事第二グループ/西部 明男
- 鉄骨造の建物に設置される脈動の大きなポンプの防振対策 34
空調管本部 設計部 設計・積算グループ/南谷 昌宏
東京本部 空調管部 工事グループ/半田 一史

- 技術研究開発部だより 38

- 編集後記 56

快適以上を、世の中へ。

TOENEC

TDR

Technology Development Report
2018.10





新たな時代の ビジネスチャンスに向けて



取締役 専務執行役員

堀内 保彦

本誌は34号を迎え、今回が平成最後の発刊となります。あらためて平成を振り返ってみますと、バブル景気とその後の失われた20年や、IT技術の高度革新など、世の中が大きく変化した時代と言えるでしょう。

このようななかで、わが国や世界を取り巻く環境とエネルギーに係わる問題は、2011年3月の東日本大震災、2016年11月のCOP21パリ協定発効などにより、大きな変革期を迎えました。

東日本大震災では、原子力発電所の事故発生により国内すべての原子力発電所が停止し、電力需給バランスが大きく変動したため、省エネルギーや未利用エネルギー導入の必要性が、あらためてクローズアップされるようになりました。また、COP21パリ協定では、多くの異常気象を引き起こす地球温暖化の克服に向けて、世界的な温室効果ガスの排出抑制などが決議され、わが国もその対応を求められています。

さて、わが国では建物消費エネルギーのうち空調・衛生設備が約40%を占めるといわれ、その削減は重要な課題となっています。

当社では、建物消費エネルギーの削減に向けて、エネルギー効率の高いヒートポンプ機器をベースに、蓄熱システムによる電力平準化、電化による化石燃料の削減、未利用エネルギーの導入（再生可能エネルギー、排熱回収など）などの技術を積極的に活用するとともに、熱流体解析（CFD）による室内環境の適正化、コジェネレーションシステム（CGS）による総合エネルギー効率の向上、ビルエネルギー管理システム（BEMS）のビッグデータ分析結果を参考にした最適化など、お客さまに積極的な提案を行なってまいりました。

そして、今後はゼロエネルギービルや総合的なエネルギーマネジメントなど、さらなる省エネルギー化や低炭素化が求められています。

一方、建設業界に目を向けると、建設投資は東京オリンピック・パラリンピックが開催される首都圏をはじめ全般的に回復基調にあり、当面は堅調に推移する見通しです。しかし、長期的には少子高齢化とそれに伴う経済停滞により、新規投資の減少は避けられず、この問題を克服するためには、生産性の向上と付加価値の高い分野に経営資源を重点的に投入することが必要となります。

このように、当社を取り巻く環境が変化していくなかで、当社は総合設備企業として、時代を先取りした総合技術力が求められています。電気、熱、空気、水を総合的にコントロールする高度な技術開発を進め、環境と調和したものづくりや、エネルギー・資源の有効利用などにより、持続可能な社会の実現に向けたさまざまな提案力と、お客さまニーズに迅速に対応できる体制整備を進め、社会と環境に貢献できる企業を目指さなければならぬと考えます。

まもなく新しい時代を迎えますが、当社が目指すべきキーワードは「低炭素社会実現のキー・プレイヤー」です。

再生可能エネルギーの導入促進、省エネルギー技術、ゼロエネルギービル、エネルギーマネジメント、ICT、IoTなど、知的生産性や付加価値の高い分野に各部門の技術を集結し、オールトータル体制で総合技術力を高め、新たな時代のビジネスチャンスに向けて、積極的にチャレンジしていきましょう。

雷写真から読み解く雷現象

音羽電機工業株式会社
新規事業室 担当部長

博士（理学） 工藤 剛史



1. はじめに

音羽電機工業(株)では、2003年から雷写真コンテスト[1]を開催している。毎年、国内外の写真愛好家や一般の方々から、多くの素晴らしい作品を応募いただいている。一つ一つの雷写真をよく見ると、雷放電現象の特徴を捉えていることに気付くことができ、一瞬の現象の理解を深めることができる。そこで本稿では、雷写真コンテストの優秀作品(以下、作品という)を用いて、雷放電現象を中心に雷現象全般について述べる。

一方、雷は災害を引き起こす自然現象の一つである。落雷した場所やその周辺では、構造物や電気・電子機器に被害が発生することがある。作品の中にも、ビルや鉄塔などの構造物への雷の直撃を捉えたものもある。本稿の後半では、雷被害事例と基本的な雷害対策について述べる。

雷に関する現象は地球規模で起きていることが知られている。そこで最後に、地球規模の雷活動と、「雷と宇宙」について、紹介する。

2. 雷写真の撮影方法

雷放電はマイクロ秒(1マイクロ秒 = 1/1,000,000秒)からミリ秒(1ミリ秒 = 1/1,000秒)オーダーという極めて短時間の現象であるため、一般的には長時間露光で撮影する。撮影に用いる推奨機材は、一眼レフカメラ、三脚、レリーズである。

作品の多くは長時間露光で撮影されているため、雷放電の全過程を捉えていることが考えられる。図1は花火大会で撮影された作品である。同じく長時間露光で狙う花火と一緒に写った雷写真の応募は多い。図2は8分間の露光で撮影されたもので、

数十もの落雷を確認することが出来る。



図1 (左) 第3回雷写真コンテスト銀賞「雷鳴と花火」、撮影者：尾道薫、撮影地：大阪府泉南郡岬町、(右) 第4回雷写真コンテストグランプリ「夜空のダンス」、撮影者：浅野健治、撮影地：茨城県ひたちなか市



図2 第6回雷写真コンテストグランプリ「放電群舞」、撮影者：武山富久夫、撮影地：岐阜県加茂郡坂祝町

3. 雷写真から見る雷現象

3.1 落雷の種類と放電進展過程

積乱雲は時に集中豪雨や竜巻・突風などの極端気象を引き起こす。雲の内部では上昇気流によって持ち上げられた水蒸気が冷やされ、霰(あられ)や氷晶(氷の粒)が分布している。主に重い霰は負に帯電し、軽い氷晶は正に帯電するため、雲の上部には正電荷が分布し、雲の下部には負電荷が分布する。雲の内部で放電する場合は雲内放電と呼ばれ、雲と大地との間で放電する場合は、対地放電(落雷)と呼ばれる。

図3に示すように、落雷には、雲内の中和される電荷の極性と放電の向きで、4種類に分類される。夏季に発生する落雷の90%以上は、(a)下向き負極性落雷である。図4は下向き負極性落雷を捉えた写真で、雲から地面に向けて多くの細かい枝分かれを伴うのが特徴である。一方、図5の写真は上向き落雷(b)または(d)を捉えたものである。リーダと呼ばれる放電路が地表から雲に向かって進展するが、正極性のリーダの方が低い電圧で進展できるため、枝分かれが少ないのが特徴である。上向き落雷は、冬季日本海側で海岸線から30km以内にある高構造物や、東京スカイツリーなどで発生する。

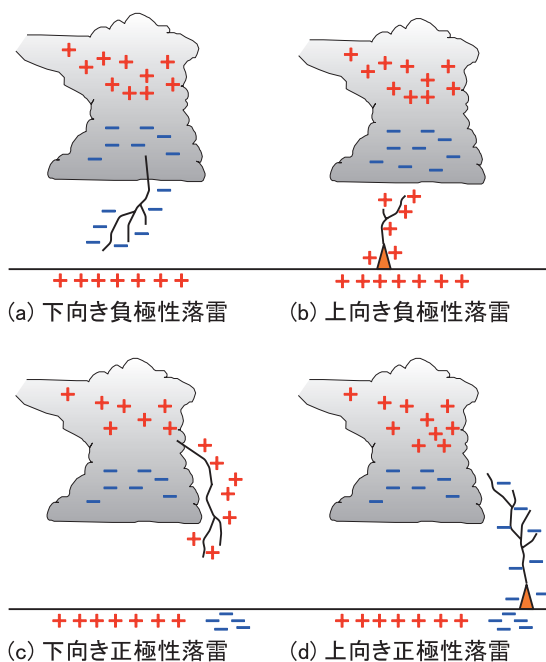


図3 落雷の種類



図4 第7回雷写真コンテストグランプリ「天と海を繋ぐ」、撮影者：乙咩公倫、撮影地：タイ王国ラヨーン県



図5 第2回雷写真コンテスト学術賞「冬神鳴りの競演」、撮影者：中坪良三、撮影地：福井県福井市

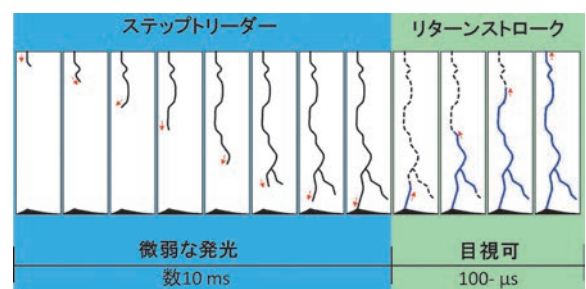


図6 下向き負極性落雷の放電進展 ([2] を基に作成)

図6は図3(a)下向き負極性落雷の時間進展を示したものである。目視にて確認できないほどの微弱な発光を伴いながら、雲から地上に向けて比較的時間をかけて負極性リーダが進展する。地上に近づくと、結合リーダと呼ばれる正極性リーダが地上から伸び、両者が接続すると雲と大地が結ばれ、地上から雲に向けてリターンストローク(帰還雷撃)が発生する。リターンストロークは雷の主放電であり、大電流が瞬間的に流れるため、



図7 第15回雷写真コンテスト佳作「みなとみらい直撃!」、撮影者：山村周平、撮影地：神奈川県横浜市

強い発光を伴う。そのピーク電流値は平均で約20kA、時には200kAに達する。図7は、みなとみらい21で撮影された高層ビルからの複数の結合リーダを捉えた作品である。

3.2 多重雷

図8は落雷を近くから撮影したものであるが、カメラ撮影時のブレではなく、複数の放電路を捉えている。これは多重雷と呼ばれる現象で、一回の落雷の中に、複数の雷撃が含まれることが多い。多重雷の進展を図9に示す。下向き負極性落雷の場合、2-4回程度の後続雷撃が伴うことが多く、10数回の後続雷撃を伴う場合もある[3]。写真の一番右の放電路が最も太く明るく写っているが、電流量が大きい第1雷撃と考えられる。この放電路が左



図8 第11回雷写真コンテスト学術賞「近くに落雷」、撮影者：野村佐理、撮影地：神奈川県川崎市

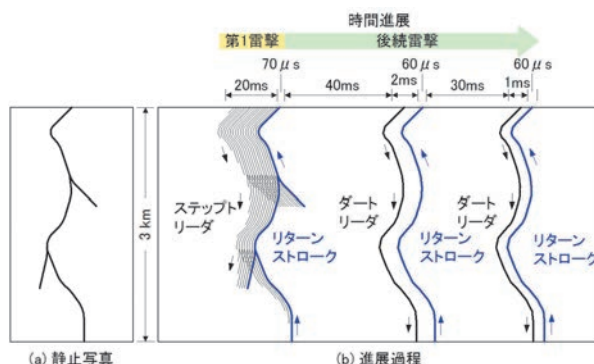


図9 多重雷の進展 ([2] を基に作成)

側に流されているように見えるのは、風の影響を受けた結果と考えられる。

3.3 Spider lightning

雲内放電は雲に隠れるため、放電路の形状を目視で確認することは困難である。しかし、図10に示すSpider lightningは、その名の由来となった放電路の形状をはっきりと確認することができる。Spider lightningは雷雲の末期に見られることが多い。それは雷雲のライフサイクル (図11) と関係していると考えられている。雷雲内部の負電荷は雲内放電や落雷、降雨により、衰退期には減少していることが考えられる。残った表面の負電荷と上部の表面の正電荷が中和する際、雲の表面に放電が発生する。



図10 第13回雷写真コンテスト銅賞「吉備の雷光」、撮影者：最相政実、撮影地：岡山県総社市

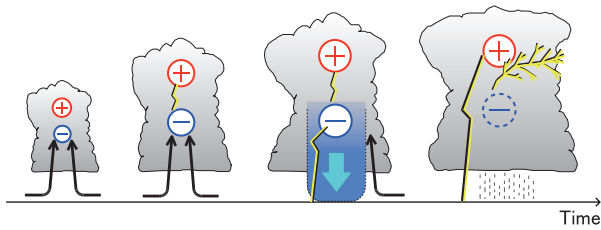


図 11 雷雲のライフサイクル

3.4 放電路の不思議

落雷の放電経路は、一直線ではないが、例えば雲から大地のように、一方に向かって進む場合がほとんどである。しかし作品の中には、それまで進んでいた方向と明らかに異なる方向に放電路が進展し、不思議な放電路を描いたものがある。図 12 および図 13 に例を示す。



図 12 第 13 回雷写真コンテスト学術賞「雷光サインはオーム」、撮影者：吉岡敏夫、撮影地：福井県丹生郡越前町



図 13 第 13 回雷写真コンテスト銅賞「U ターン」、撮影者：岡本敏男、撮影地：広島県安芸郡府中町

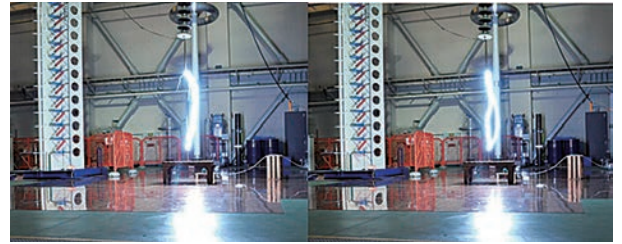


図 14 模擬雷実験における放電路の例

室内での模擬雷実験においても、放電路は毎回異なる形状となる。図 14 は当社雷テクノロジーセンターの雷インパルス電圧発生装置を用いた放電例である。無風で充電電圧は+1,280kV、上部から下部電極の距離は1.4mである。極めて短い放電距離においても、このような違いが起こることから、激しく変化する大気環境の中、数km以上の放電距離になる実現象では、さらに複雑な放電経路をたどることが考えられる。しかし、どのような放電路になるのかを予め予測することは極めて難しく、雷写真は偶然を捉えたものと言える。

3.5 火山雷

火山が噴火した際に、噴煙内や噴煙と地表面との間で放電する場合があります。火山雷と呼ばれている。日本における火山雷は、火山活動が活発な鹿児島島の桜島と新燃岳で見られることが多い。図 15 は桜島で発生した火山雷の撮影例である。

火山雷は、通常の雷の電荷分離とは異なり、噴煙内の粒子等の摩擦により帯電することが考えられているが、直接観測が難しく、詳細なメカニズ



図 15 第 11 回雷写真コンテストグランプリ「火山雷・南岳（桜島）への直撃」、撮影者：木之元俊久、撮影地：鹿児島県垂水市

ムは明らかにされていない。桜島での火山雷の研究[4]によれば、火山雷の対地放電のピーク電流値と中和電荷量は、通常の雷の1/10から1/100の規模と推定されている。

4. 写真から見る雷被害・雷保護

4.1 雷の直撃

作品の中にはビルや鉄塔などの構造物、飛行機への雷の直撃を捉えたものがある。構造物等への直撃雷の接触の様相を知ることが雷保護を考える上でも重要である。以下に数点の作品と直撃雷を受けた箇所の写真を示し、雷現象と雷被害について述べる。

図16は成田空港近くで撮影された飛行機への直撃雷を捉えたものである。飛行機の先端のレドームと垂直尾翼から太い放電路が伸びており、主翼の片側と水平尾翼から細い放電路が伸びている。これらが示すように、落雷が発生している中に飛行機が飛び込んだのではなく、飛行機がトリガーとなったことが考えられる。飛行機は厳しい雷保護規格による試験をクリアすることが求められており、直撃雷に対する安全性は高い。ただし、直撃雷が接触した部位は、修理が必要な場合がある。

図17はマンション屋上に設置された避雷針への直撃雷を捉えたものである。避雷設備が機能したことを示すと共に、避雷設備の必要性を示している。一方、図18は高層ビルへの直撃雷を撮影した作品であるが、放電路が屋上とビルの側壁の2ヶ所に接触している。このビル側壁への放電路の接



図16 第15回雷写真コンテスト創業70周年特別賞「神話の世界、トールのハンマー」、撮影者：ネウストローエヴァ・ナターリヤ、撮影地：千葉県千葉市

触は側撃雷と呼ばれる。側撃雷を捉えた写真は少なく、貴重な作品である。従来、避雷針の配置方法は、図19に示す角度法により保護範囲は一律60°や45°に決められていた。結合リーダーの進展等の現象を考慮された雷保護方法が規格化されており、現在では図19に示す回転球体法による受雷部（避雷針）の配置が主流となっている。



図17 第5回雷写真コンテスト学術賞「一撃」、撮影者：木下善文、撮影地：兵庫県神戸市



図18 第15回雷写真コンテスト佳作「東京タワーと雷」、撮影者：森崇、撮影地：東京都中央区

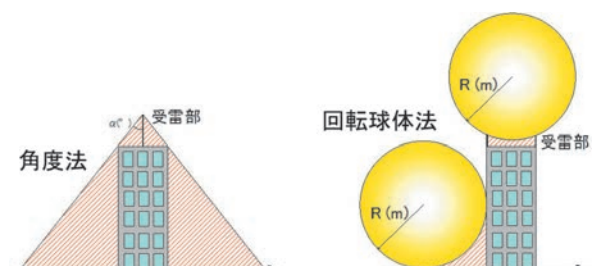


図19 避雷設備の配置方法



図 20 ビル屋上コーナー部への直撃雷痕跡



図 21 直撃雷により倒壊した避雷針

図20はビル屋上のコーナー部への直撃雷の痕跡である。外壁が大きく破損している。高い場所からコンクリート破片が落下するため、非常に危険である。ビル屋上のコーナーは尖っているため、電界が集中し結合リーダーが発生しやすくなる。図21は直撃雷により倒壊した避雷針の土台部分の写真である。避雷針で受け止めた雷電流を接地にスムーズに流せなければ、このようにコンクリートが割れ、土台が破損することがあるため、適切な避雷設備の設置は重要である。

4.2 電気設備の雷被害例

ICT社会を支える電気・電子機器は、省エネ性能の向上や高性能化、省スペース化のため、部品の小型化や高集積化、基板回路の駆動電源の低電圧化が進み、個々の部品自体の耐電圧（異常電圧に対する耐力）が低く、雷に起因する異常電圧（雷サージ）に対して脆弱になっている。1980年代後半から2006年まで実施された家電機器の雷被害様相の変遷の研究結果[5]によれば、多くの家電

機器にマイコンが搭載された1980年代に雷害問題が顕在化し、1990年代以降にパソコンなどの通信系機器の被害が急増し、調査期間の約20年間に雷被害発生率は約2倍に拡大した。2013年に中部地方で実施された一般家庭を対象にした雷被害調査結果[6]によれば、前述の傾向が顕著に表れ、雷被害を受けた家電機器には、電話/FAX、パソコン、テレビ、エアコンが多く、住宅用太陽光発電設備の雷被害も発生している。図22は雷被害を受けたITV監視ユニット基盤である。

雷が建物に直撃または近傍に落雷した場合、建物の屋外から屋内に配線・配管される金属体に異常な電圧(雷サージ)が発生し、回路が形成されれば雷電流が流れる。つまり雷サージの侵入ルートは、図23に示す①から④の金属体(導体)が考えられる。

- ① 避雷針・アンテナなど
- ② 電源線 (例：低圧電源線、高圧電源線)
- ③ 通信線 (例：電話線、インターホン)
- ④ 接地線・金属管など



図 22 ITV 監視ユニット基盤の雷被害

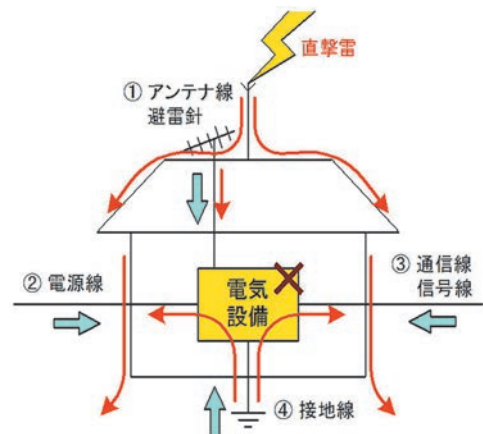


図 23 雷サージの侵入ルート

4.3 電気・電子機器の雷害対策

雷サージから電気・電子機器を保護するためには、雷サージの侵入ルートに対し、過電圧を抑制または遮断する雷防護装置を設置する。ここでは一般的に使用されるSPD (Surge Protective Device)について述べる。

SPDは雷による異常な過電圧を抑制する装置である。通常の電源電圧や信号電圧では動作せず、雷サージのような過電圧に対してのみ動作し導通状態となり、電圧を電流として接地線側にバイパスし、被保護機器に加わる電圧を抑制する。雷サージ処理後、過電圧が低下するとSPDは導体から絶縁体になり、正常な系統状態に自復する。

図24に電源線へのSPDの接続方法を示す。SPDが雷サージをバイパスする際に、雷サージ電圧を電圧防護レベルUp以下の電圧に抑制するが、SPDに接続する配線が持つインピーダンスによって電圧(図中V1とV2)が発生する。被保護機器にはV1+Up+V2の電圧が加わるため、配線長が長い方が大きい電圧が被保護機器に加わることになる。電流値と電流変化の早さにもよるが、配線長が1m伸びると被保護機器に加わる電圧も1kV程度増加する場合があるため、接地線を含めたSPDの配線は特に注意が必要である。

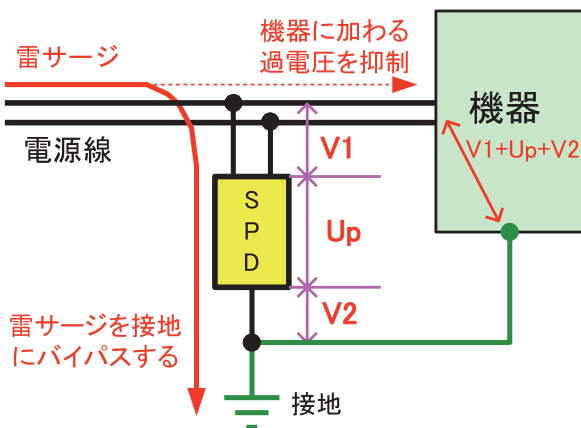


図24 SPDの保護原理

5. 地球規模での雷活動、そして宇宙へ

これまでは雷雲から地上までの雷に関する現象等について述べたが、雷に関する現象は地球規模で起きている。以下に地球規模での雷活動に関係する大気電気現象、雷雲上空に発生する高高度発

光現象、雷雲および雷放電過程から放出される放射線について紹介する。最後に、地球以外の太陽系惑星で発生している雷について紹介する。

5.1 地球規模での雷活動と大気電気現象

太陽からの紫外線放射によって地球のはるか上空の大気(約60-800km)は部分的に電離されており、電離圏と呼ばれている。電離圏の下部は、雷活動や降雨などの気象現象により絶えず充電されており、地表との間に約300kVの電位差をもつコンデンサーを形成している[7]。この中で雷雲は発電機の役割を担っている。一方、全地球上の晴天域では、下向きに約100 V/mの電界が加わっており、pA/m²オーダーの下向きの微弱な電流が流れている。この地球規模での電気回路はグローバルサーキットと呼ばれている。

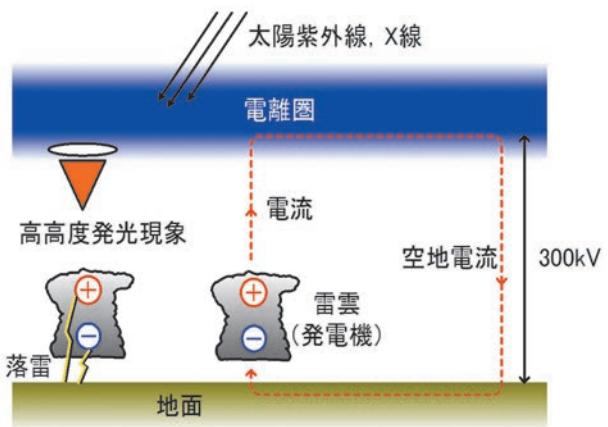


図25 グローバルサーキットの模式図

5.2 雷雲上空に発生する高高度発光現象

私たちが目にする雷放電現象は、高度10数km以下の対流圏と呼ばれる領域で発生している。一方、雷雲のはるか上空で雷雲または雷放電に伴って発光する現象が1989年に初めて発見され、その後も異なる形を示す発光現象が次々と発見された。これらの現象を総称して、高高度発光現象 (Transient Luminous Events: TLEs) と呼ばれている。発生メカニズムなどが明らかになりつつあるが、未知な部分も多く残されている。図26に雷雲上空における高高度発光現象のイメージを示す。TLEsには、スプライト(Sprite)とよばれる赤色の発光現象や、エルブス(Elves)と呼ばれるドーナツ状の発光現象、ブルージェット(Blue Jet)、

巨大ジェット (Gigantic Jet) などがある。図27は東京から撮影されたスプライトである。

スプライトは落雷に伴って成層圏・中間圏(高度40-90 km)で発生する発光現象である。一般的な落雷より数10倍以上放電規模の大きな落雷に伴って発生する[8]。大半は正極性落雷に伴って発生する。スプライト全体を流れる電流は数kAと推測されており[9]、1本のストリーマーに全電流が流れたとした場合、電流密度は数 mA/cm²程度となり、電流の大きさと電流密度ともに直撃雷電流に比べ極めて小さい。これらの研究結果を用いて、宇宙エレベーターのテザー (ケーブル) への雷現象の影響や雷保護の検討が行われている[10]。

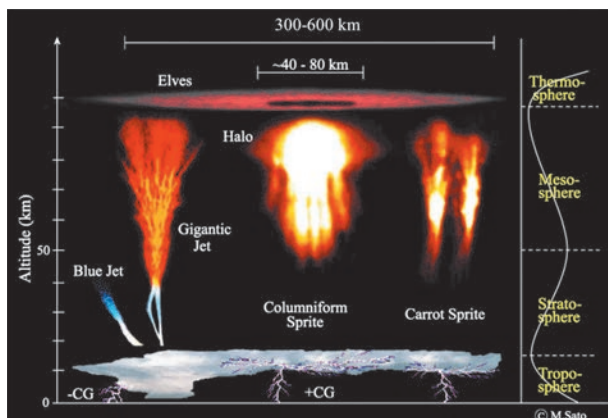


図26 雷雲上空における高高度発光現象のイメージ [提供 北海道大学大学院理学院 佐藤光輝博士]



図27 第4回雷写真コンテスト優秀作品「巨大スプライト」、撮影者：伊東耕二、撮影地：東京都杉並区

5.3 雷雲・雷放電から放出される放射線

地球の自然界に存在する放射線は、主にX線やガンマ線で、これらは太陽や銀河からの宇宙線に起因するものである。近年、雷放電や雷雲からX線や

ガンマ線が放出されていることが観測により明らかになった。図28に雷雲および雷放電から放出される放射線のイメージを示す。

ステップリーダーを含めた雷放電とほぼ同時にガンマ線やX線が放射される場合や、落雷を伴わない場合においてもガンマ線が放射される[11][12][13]。ガンマ線やX線が放射される継続時間は、数ミリ秒 (1ミリ秒 = 1/1,000秒) という短い場合や数秒から数分に及ぶこともある[12][14]。

雷雲内または放電路内の強力な電気の力によって、電子が非常に速い速度に加速され、大きな電気エネルギーを持ち、ガンマ線を放射していることが考えられているが、詳細な発生メカニズムや放射継続時間の違いなど、未解明なことが多い。

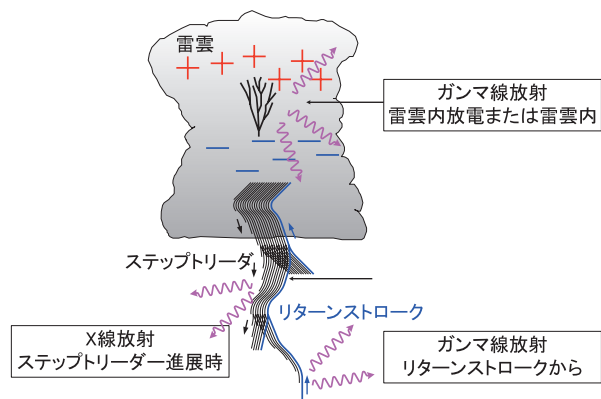


図28 雷雲および雷放電から放出される放射線のイメージ

5.4 太陽系惑星と雷

地球以外の太陽系惑星においても、木星と土星で雷放電が発生していることが探査機からの画像や電波による観測により確認されている。木星における雷放電は、探査機ボイジャー (1979年)、さらに探査機ガリレオ (1990年代) によって確認された[15][16]。土星における雷放電は、1980年代から電波観測によりその存在がほぼ確実視されていたが、探査機カッシーニによって2009年に雷光が撮影された[17]。

大気の運動が活発な金星でも雷が発生する可能性があり、議論がされてきているが、これまでに決定的な証拠は得られていない。日本の金星探査機「あかつき」は、金星の雷の存在を確認する役割を担っており、データ解析が始まっている[18]。

6. おわりに

地球科学と電気工学の側面から雷現象について、雷写真コンテストの優秀作品等を用いて紹介した。雷の専門家ではない写真愛好家や一般の方々が撮影した写真が、見方によっては雷現象の理解を促すツールとして役立つことは興味深い。雷放電現象や関連する高高度発光現象、雷雲や雷放電から放出される放射線など、雷現象には未解明なことが多い。カメラを含めた観測器材の進歩により、現象の解明や新たな発見につながることを期待する。

参考文献

- [1] 音羽電機工業雷写真コンテスト
<https://www.otowadenki.co.jp/contest/>
- [2] 電気設備学会編：雷と高度情報化社会, 1999.
- [3] Rakov, V. A. and M. A. Uman: Lightning Physics and Effects, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge, 2003.
- [4] Aizawa K., C. Cimorelli, M. A. Alatorre-Iba rgüengoitia, A. Yokoo, D. B. Dingwell, M. Iguchi: Physical properties of volcanic lightning: Constraints from magnetotelluric and video observations at Sakurajima volcano, Japan, Earth and Planetary Science Letters, 444, 45-55, 2016.
- [5] 細川武, 横山茂, 副田正裕: 家電機器の雷被害様相の変遷と今後の課題, 電気学会論文誌B, 128巻8号 1033-1038, 2009.
- [6] H. Kobayashi, K. Iizuka, M. Taguchi, T. Miwa, Y. Kunii, M. Umemura, M. Minowa, S. Yasui, M. Deguchi, T. Matsumura: Research of troubles and damages of home appliances caused by lightning, 2015 Asia-Pacific International Conference on Lightning, 2015.
- [7] MacGorman, D. R., and W. D. Rust (1998), The Electrical Nature of Storms, Oxford University Press, 422p.
- [8] Cummer, S. A., and W. A. Lyons: Implications of lightning charge moment changes for sprite initiation, J. Geophys. Res., 110, A04304, doi:10.1029/2004JAO 10 812, 2005.
- [9] S. A. Cummer, U. S. Inan, T. F. Bell, and C. P. Barrington-Leigh: ELF Radiation Produced by Electrical Currents in Sprites, Geophys. Res. Lett., 25, 8, pp. 1281-1284, 1998.
- [10] 工藤剛史, 石丸尚達, 鴨川仁, 石川洋二, 笠井泰彰, 大塚清敏, 淵田安浩: 宇宙エレベーターのテザーにおける雷害リスクと模擬雷実験検討, 第61回宇宙科学技術連合大会講演会, 2017.
- [11] Cummer, S. A., G. Lu, M. S. Briggs, V. Connaughton, S. Xiong, G. J. Fishman, and J. R. Dwyer: The lightning - TGF relationship on microsecond timescales, Geophys. Res. Lett., 38, L14810, doi:10.1029/2011GL048099, 2011.
- [12] Dwyer, J. R., et al.: X-ray bursts associated with leader steps in cloud-to-ground lightning, Geophys. Res. Lett., 32, L01803, doi:10.1029/2004GL021782, 2005.
- [13] Torii, T., T. Sugita, M. Kamogawa, Y. Watanabe, and K. Kusunoki: Migrating source of energetic radiation generated by thunderstorm activity, Geophys. Res. Lett., 38, L24801, doi:10.1029/2011GL049731, 2011.
- [14] Tsuchiya, H., et al.: Long - duration g ray emissions from 2007 and 2008 winter thunderstorms, J. Geophys. Res., 116, D09113, doi:10.1029/2010JD015161, 2011.
- [15] Smith BA, Soderblom LA, Johnson TV, Ingersoll AP, Collins SA, Shoemaker EM, Hunt GE, Masursky H, Carr MH, Davies ME, Cook AF 2nd, Boyce J, Danielson GE, Owen T, Sagan C, Beebe RF, Veverka J, Strom RG, McCauley JF, Morrison D, Briggs GA, Suomi VE.: The jupiter system through the eyes of voyager 1., Science, 204(4396), 951-72., 1979.
- [16] Baines, K. H., A.A. Simon-Miller, G.S. Orton et al., 2007: Polar Lightning and Decadal-Scale Cloud Variability on Jupiter, Science, 318, 226-229.
- [17] Dyudina, U. A., A. P. Ingersoll, S. P. Ewald, C. C. Porco, G. Fischer, W. S. Kurth, and R. A. West (2010), Detection of visible lightning on Saturn, Geophys. Res. Lett., 37, L09205, doi:10.1029/2010 GL043188.
- [18] Takahashi, Y., M. Sato, M. Imai, R. Lorenz, Y. Yair, K. Aplin, G. Fischer, M. Nakamura, N. Ishii, T. Abe, T. Satoh, T. Imamura, C. Hirose, M. Suzuki, G. L. Hashimoto, N. Hitrata, A. Yamazaki, T. M. Sato, M. Yamada, S. Murakami, Y. Yamamoto, T. Fukuhara, K. Ogohara, H. Ando, K. Sugiyama, H. Kashimura, and S. Ohtsuki: Initiation of a lightning search using the lightning and airglow camera onboard the Venus orbiter

Akatsuki, Planets and Space, 70:88, doi:
10.1186/s40623-018-0836-2, 2018.

【略 歴】

工藤剛史 (くどう たけし)

2000年 筑波大学第一学群自然科学類 卒業
音羽電機工業株式会社に入社。雷害
コンサルティング業務、雷現象およ
び雷害対策に関する基礎研究に従事。
2011年4月から業務の傍ら、北海道大
学大学院理学院 宇宙理学専攻の博士後
期課程に入学。

2014年 北海道大学大学院理学院
宇宙理学専攻 博士後期課程 終了
博士(理学)

2018年 現職

マルチヤットコの開発について

1 はじめに

当社の間接活線工法は、平成元年より現場技術者への作業負担軽減および高圧感電災害の撲滅として導入し、平成25年度より充電工具を活用した間接活線工具として高圧本線の径間途中で切断・接続ができる柱間切分工具を導入している。柱間切分工具を導入したことにより、直接活線作業が減少となり、安全・品質の向上に繋がっているものの間接活線工具を用途別に専用化したことで、使用する工具が多くなっているため、現場技術者への作業の効率化および機材コストの削減を行うことになった。

2 現状と課題

(1) 現状
高圧線の切断・接続には、直接高圧線を防護しながら高圧縁廻し線を切断・接続する直接活線工法と、間接活線工具を使用しながら高圧本線を切断・接続する柱間切分工法がある。柱間切分工法は、作業に応じて複数の間接活線工具を持ち替えて高圧本線を切断・接続している。



写真1 柱間切分工法の作業風景

(2) 課題
間接活線工法は、複数の間接活線工具を用途別に使い分けて作業をしているため、間接活線工具の持ち替えが発生することで非効率になっている。また、間接活線工具が専用化になっているため工具が多く、高額になっている。

3 検討内容

(1) 工具の選定
工具の選定は、作業頻度が高く、かつ、1つの作業で間接活線工具を多く使用する作業の内、使用頻度も高い工具を選定したところ、作業頻度が高い柱間切分工法（年間約3万箇所）で使用する間接活線工具の内、使用頻度が高くかつ比較的作業が類似したヤットコおよびクイックヤットコを共通化できる工具の開発を検討することとした。
(2) ヤットコの種類と構造（用途）
ア. ヤットコ（つまむ工具）

全体	
構造	
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・工具類の把持 ・カバー類の取付け・取外し

写真2

イ. クイックヤットコ（つかむ工具）

全体	
構造	
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・スリーブの挿入 ・カバー類の挿入 ・電線および工具の把持

写真3

ウ. 使用例
現行のヤットコおよびクイックヤットコの現場使用例は写真4・5のとおり。



写真4 クイックヤットコ使用例



写真5 ヤットコ使用例

4 試作品の開発

(1) 仕様条件

試作品の仕様は、ヤットコ（つまむ工具）とクイックヤットコ（つかむ工具）の機能を統合した仕様とし、今までのヤットコと同じ操作で、かつ、安価で単純な構造とした。

(2) 試作品

製作時のコストダウンの観点から現行品（ヤットコおよびクイックヤットコ）を基に改良することで仕様条件を満足できる試作品を製作することとした。

ア. 試作品1（クイックタイプ）

クイックヤットコをベースに仕様を検討した結果、現行工具のクイックヤットコの先端把持部の内側にクイック構造、先端にヤットコ構造、

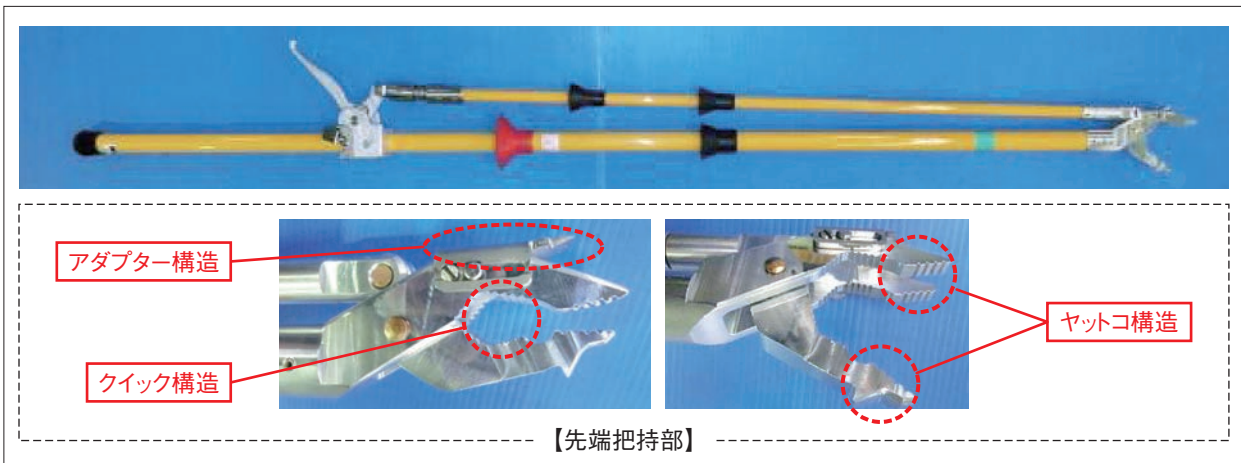


写真6 試作品1（クイックタイプ）

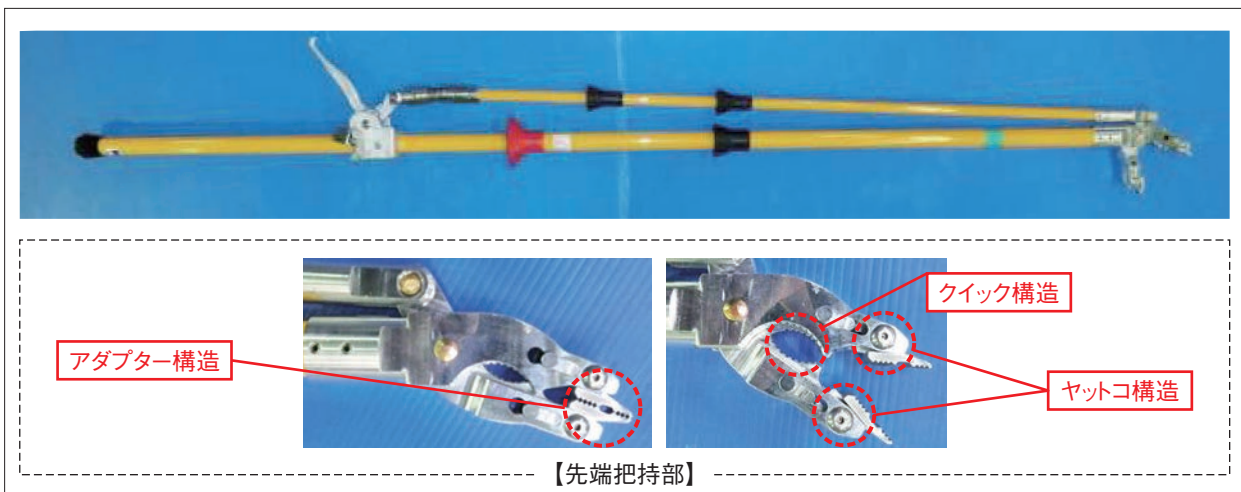


写真7 試作品2（ヤットコタイプ）

先端の背にアダプター構造を外付けした仕様とした。(写真6)

イ. 試作品2 (ヤットコタイプ)

ヤットコをベースに仕様を検討した結果、現行工具のヤットコの先端把持部を反対側へ42°傾けた構造とし、内側にクイック構造、外側にヤットコ構造、先端にアダプター構造を組み込んだ仕様とした。(写真7)

5 検証結果

各試作品に対して検証チームで作業検証を複数回実施した結果、以下の問題点からヤットコタイプを基に新規品を開発することとした。

(1) 試作品1 (クイックタイプ)

クイックタイプは、柱間切分工具を安定して把持ができ、取付け・取外しも容易にできるものの先端把持部の角度が無いため、カバー類の直下で作業をしないとカバー類の取付けや取外しに時間が掛る。また、先端把持部の開口部がヤットコタイプより広がらないため工具類がつかむことができなかった。



写真8 クイックタイプ使用時の作業検証状況

(2) 試作品2 (ヤットコタイプ)

ヤットコタイプは、先端把持部の角度を10°傾けた仕様になっているため、柱間切分工具やカバー類を安定して把持ができ、取付け・取外しも容易にできた。

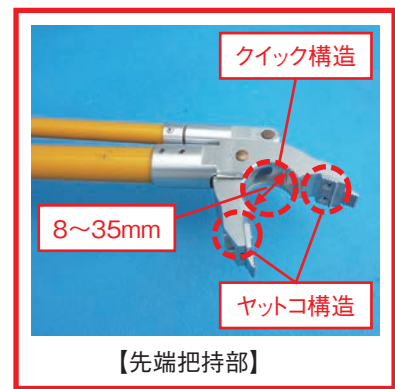
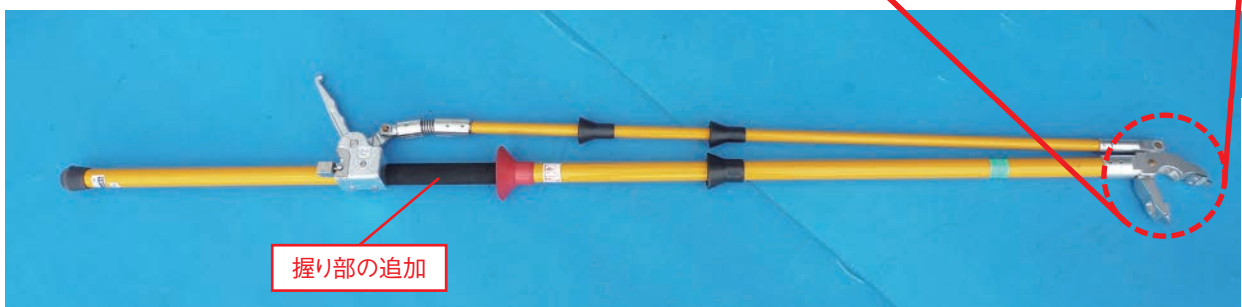


写真9 ヤットコタイプ使用時の作業検証状況

6 新規開発品 (マルチヤットコ)

作業検証の結果から作業性において優位であるヤットコタイプを新規品の開発ベースとした。

(1) 形 状 (写真10)



【先端把持部】

握り部の追加

写真10

(2) 特長

- ・先端把持部の可変や取替を行うことなくヤットコやクイックヤットコの作業を行うことが可能な構造とした。(「つかむ」と「つまむ」を可能とした構造)
- ・直径8mm～35mmの物を把持できる構造とした。
- ・125mm²電線の接続作業等で力を必用とする作業の対応で限界ツバの下に握りを設けたため、より力が入り易い形状とした。

7 開発の効果

マルチヤットコを開発したことにより以下の項目について効果があった。

(1) 作業時間

ア. 柱間切分工法による高圧線3線の切断・接続

※ () は1線の場合

	ヤットコ+クイックヤットコ	マルチヤットコ	削減効果
作業時間	72分25秒 (24分5秒)	63分85秒 (21分17秒)	▲8分4秒 (▲2分48秒)

イ. 高圧線3線への引下カバー取付け・取外し

※ () は1線の場合

	ヤットコ	マルチヤットコ	削減効果
作業時間	3分5秒 (61秒)	1分3秒 (26秒)	▲2分2秒 (▲35秒)

(2) 作業環境

柱間切分工法に使用する間接活線工具が減少したことで、収納袋に収納されている間接活線工具の持ち替えが減少した。また、工具の取出しが容易になったことで落下物のリスクが低減され、作業する環境も良くなった。



写真11 マルチヤットコ使用時の作業風景

【柱間切分工法時の工具持ち替え数】

※ () は1線の場合

	ヤットコ+クイックヤットコ	マルチヤットコ	削減効果
持ち替え数	57回 (19回)	36回 (12回)	▲21回 (▲7回)

(3) 購入コスト

マルチヤットコは、現行工具(ヤットコ・クイックヤットコ・アダプター)と比較すると約▲194千円(69%)のコストを削減することができた。

8 おわりに

検証結果を踏まえ、今年度内に当該工具を正式に採用し、標準工具として導入する予定である。また、当社と同様に間接活線工具を使用している他電工各社にも、当社同様のニーズがあると想定されるため、他社向けの販売も期待できる。

今後、間接活線工具のかいぜん活動を継続することで、更なる現場技術者の作業環境の改善および用品コストの削減につなげたい。

今回の開発において、ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

自動火災報知設備の足場レス更新

1 はじめに

トヨタ車体(株)はロス顧客であるが、10年来営業展開を続けている。そんな中PE環境部より既設工場における自火報設備の老朽化に伴う大規模改造計画を始める為、莫大な費用のかかる足場を組むことなく、ロボット等で感知器の取付が可能な新工法を共同で開発して欲しいとの依頼があった。そこで、今回開発した足場を必要としない機器取付工具を紹介する。

2 背景

トヨタ車体(株)富士松工場は1963年頃から建設が始まり、自火報設備も老朽化が著しいため、更新時期を迎えているが、一工場当り(東西144m、南北352m 50,688㎡)の更新費用が膨大となり費用の圧縮が急務となった。

中でも足場費のウエイトが大きく、足場の組立量を軽減すれば、コスト面、安全面で有利になることに加え、工期短縮が容易となる為、新工法の開発が必要となった。

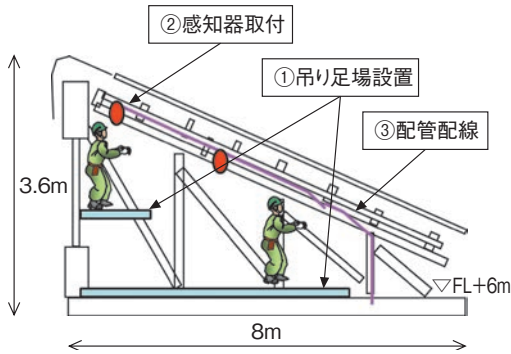


図1 従来の作業方法

従来工事は大きく分けて、図1のように①足場設置②感知器取付③配管配線で構成されており、中でも足場の組立・解体に費用や時間が掛かると共にその作業も危険作業であった。

3 開発にあたって

ロボットで機器の取付けが可能かメーカーに相談したところ、梁上に様々な既存の設備があり対応が不可能との回答を得た。

そこで、取付工具の開発を行うこととした。

(1) 新工具の開発

高所作業車で梁下より作業可能か検討し第1回

目の実証実験で、表1の問題点を検出し、対策を検討した。

表1 第1回実証実験

No	現 状	問 題 点	対 策
1	感知器取付Cチャン角度が23度	梁下取付時窓側壁に当る	真下より取付工具・金物検討
2	取付金具の重量	作業性が悪い	3kg以下で検討
3	金具(ボルト)の保持部が短い	墜落する	全ネジソケットロングで対応
4	金具が回転する	取付不可	マグネットで保持
5	締付トルク不明	金具破損	60~80kgf・cmインパクトドリルで締め付け

第1回目の実験結果を基に、表2に示すように、第2, 3回目の実証実験で再度、問題点を検出し、対策を検討した。

表2 第2,3回実証実験

No	現 状	問 題 点	対 策
6	締付時Cチャンより金具が外れる	取付時間が大墜落する	仮締部追加
7	締付時手を挟む	怪我となる	回転軸の密閉化ベアリング採用
8	取付時手が滑る	工具が墜落する	野球グリップテープ取付

上記の対策を施した工具を写真1.2に示す。

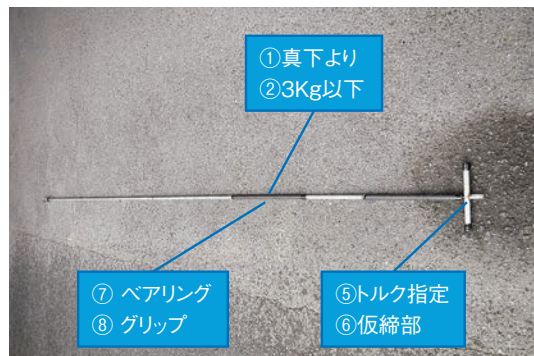


写真1 実証実験後工具(全容)



写真2 実証実験後工具(ソケット部)



実証実験での対策で様々な問題があったが、特に苦労した点について下記に示す。

①動力の伝達方法

下部より上部にどの様に回転を伝えるかが、大きな課題となった。全体重量を考慮した支持材料の選定や支持部と回転部の動力伝達材にベアリングを採用した時、溶接で固定する時の熱によりベアリングが動作不良となる懸念があったため、開放ベアリングの採用や溶接を短時間で行うなどの工夫を行った。また、ベアリングの固定にも溶接技術を要するため、失敗作も多数発生した。

②感知器取付用金具と開発工具の切り離し

次項目で説明する感知器取付用金具をCチャンネルに取り付けた後、開発した工具より取り外す良案がなかった為に検討に難航したが、多くの作業員に聞き取り調査を行い全ネジソケットを採用することで、問題を解決することが出来た。

③インパクトドリルの締付値

実証実験でインパクトドリルの締付値が不明で不足すると金物が脱落し、締め付けすぎると金物損傷するため、実験を繰り返してインパクトドリル締付値60～80kgf・cmを確定した。

(2) 感知器取付用金具の開発

開発にあたりネグロス電工に協力要請を依頼し吊りボルト支持金具BC5MT-W3を基本ベースに開発を行った。開発した金具で取り付け時に表3に示す問題点が検出された。

表3 取付金具の検討

No.	現状	問題点	対策
1	感知器取付位置が水平ではない(23度の勾配)	客先要求水平	取付後水平の金物検討
2	工場微振動でボルトが緩む	金具が墜落する	スプリングを取付緩み防止
3	金具取付口が小さい 全開時18mm	金具が墜落する	ストッパー除去 全開時25mm
4	真下より取付不可	ボルト取付位置変更不可	鉄工所でナット位置変更で対応
5	Cチャンネル塗装が不均一で金具が緩む	感知器の交換が出来ない	金具幅20mmから40mmに変更
6	製作コストが高い	鍛冶工コスト高、メーカー製作不可	鉄工所で製作 製作コスト1/2
7	締め付け確認	客先要求	マーキングをカメラで確認

製品化する際に既製品の改造は新規開発になる

為、ネグロス電工では製作不可となり、ネグロス電工了承を得て、地元の板金工作所で製作した。

また、塗装工程を省略しSUS-430 1.5mmでコストダウンも図った。開発した金具を写真3～5に示す。



写真3 感知器取付金物 (感知器取付時)

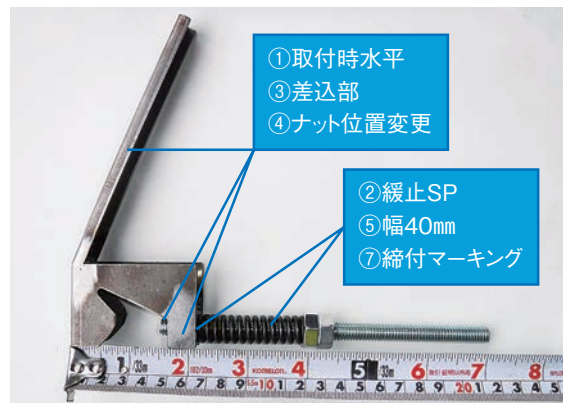


写真4 感知器取付金物 (全容)



写真5 マーキング確認用カメラ (ケーブルキャッチャーに取り付けた状態)

金具とCチャンネルの接触部不足及び締付ボルト先端部の不均一が原因で、固定時にがた付きが発生し、試行錯誤や複数の失敗を繰り返し、現在の形状とすることができた。

(3) 感知器間の配線方法の開発

従来の配線方法では工事が出来ないことに加え、衣浦東部広域連合消防局（消防法令）やトヨタ車体(株)工事基準等の遵守が必要となり、配線支持方法の検証を能美防災(株)の協力を得て表4の通り問題点の解決を図った。

表4 配線方法の検討

No	現 状	問 題 点	対 策
1	中継器配線で耐熱電線仕様	下部より固定できない	N-300-SS消防用耐熱電線使用し床で金具に固定
2	感知器間の配線が長く下がる	下部より固定できない	取付工具を配線補助棒で抑える配線用金具設置電線キャッチャーで固定
3	基準に合致していない	トヨタ車体(株)工事基準に無	安全性、コスト面で採用了承
4	配線ルートが長い	工事費が高い	Cチャンと平行に配線

また、対策を講じて開発した配線金具、電線キャッチャーを写真6.7に示す。



写真6 電線支持金具



写真7 ケーブル布設用キャッチャー

Cチャンと並列配線としようとした時に既設配管があるため、ランダムな位置に感知器を取り付ける必要があることに加え、ケーブル敷設時に梁補強用の部材を乗り越えていく必要があるとともに、梁とケーブルの接触部はスパイラルで保護す

る必要があった。そのため、衣浦東部広域連合消防局やトヨタ車体(株)工事基準と整合している旨の了解を得るなど苦慮した。

4 実施工

開発工具での作業結果を下記に示す。

(1) 施工状況

作業にあたって人員配置等初めての試みとなり、高所作業車3台（垂直2台、屈曲1台）作業員8名、能美防災3名で一警戒区域熱感知器36個を3日で終えることができた。

現場には資材パレット等があり移動や製品養生等の事前準備に時間が掛かったことに加え、実作業では梁上に多数の設備があり、合間を縫って作業を行う必要があり非常に苦労したが、当初の計画通り作業を完成することができた。写真8.9に作業状況を示す。



写真8 配線（南北）布設状況

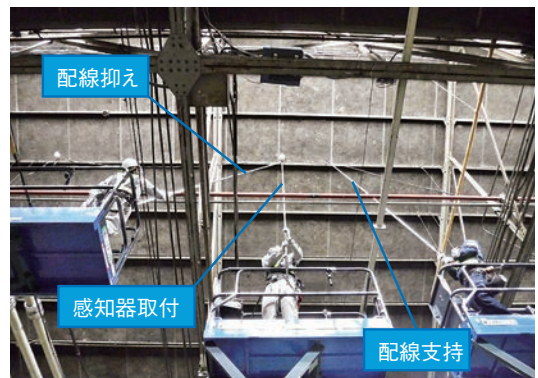


写真9 配線（東西）布設状況

(2) 工事実績

今回製作した開発工具で施工することにより足場の削減ができ、図2に示すように、コスト（38.1%減）、工期（42.7%）、安全（76%減車体危険要因）で大きな成果を上げることができた。ただし、従来工法より電工の増加に伴う要員の

確保が難しくなり、今後の課題となった。

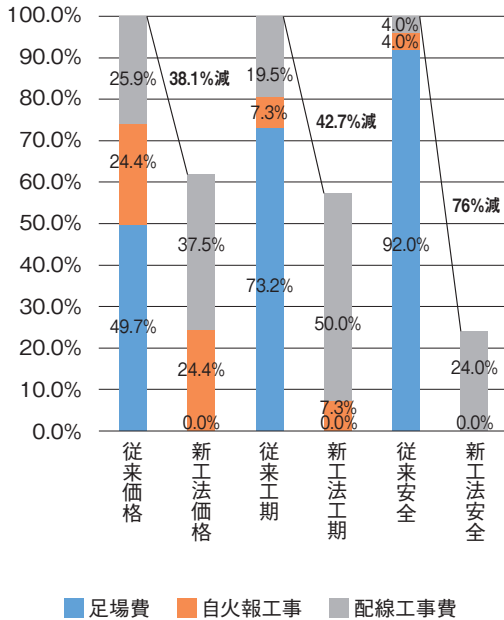


図2 従来工法との比較

(3) 作業標準

今回の施工方法を施設計画室担当よりトヨタ車体(株)の標準作業に登録したいため、工事グループに作業標準書の作成依頼があり作成後に承認を得た。一例を図3に示す。また、作業手順を下記及び図4に示す。

①開発工具の作業手順

- a. 金具をCチャンネルに引っ掛ける
- b. 手で仮締めをする
- c. インパクトドリルで内部のパイプを回転させる
- d. 全ネジソケット部が回転し、全ネジを回転させる
- e. 全ネジがCチャンネルを抑え固定される

②ケーブル布設の作業手順

- a. ケーブルはメッセン付きのものを用意する

- b. ケーブル付属のメッセンは感知器台座に接続し、ケーブルは感知器に接続した状態としておく
- c. 感知器台座をCチャンネルに固定させる
- d. 架線状態のケーブル延線上付近のCチャンネルにケーブル支持金物を取付ける
- e. 専用のケーブル掴み工具で、ケーブル支持金物(8WCSP)にケーブルを入れる

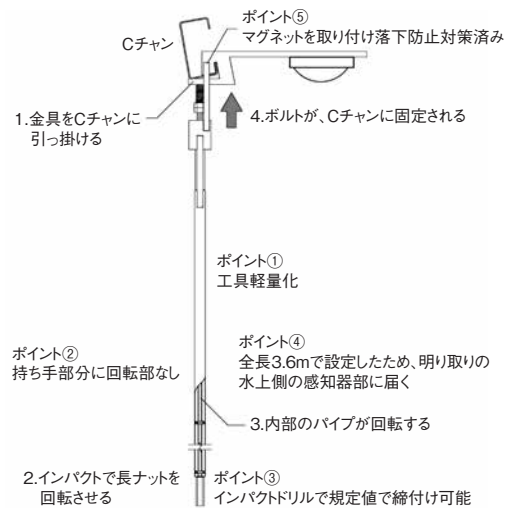


図4 作業手順図

5 おわりに

本工事内容により、特許の取得が可能になったとのトヨタ車体(株)より申入れがあり、特許出願の成果もあった。

また、工事での成果がお客様に認められた為、定期的に工事を受注出来る様になった。

現在、高所作業車からの作業が困難な場所もあるため、屋根上の明かり取り用の窓から作業が可能な工法の開発を進めている。

今後、課題の解決を進め、更なる受注拡大と作業の効率化及び安全作業を進めていきたい。

区分	作業標準書・レイアウト	作業手順	リスク・注意点	標準No.		内 1 頁
				頁数	表紙	
外注工事	R-24火報感知器設置 作業標準書					
項目	2-1~3	2-4	2-5	1	1	1
	2-8	2-7	2-6	2	2	2
	2-9~10	2-11	2-12	3	3	3
				4	4	4
				5	5	5
				6	6	6
				7	7	7
				8	8	8

図3 トヨタ車体 標準作業書 (抜粋)

太陽光発電設備のメンテナンス用ドローンの開発

1 はじめに

2017年4月に固定価格買取制度が改正（改正FIT法）されたことにより、設備容量に関わらず太陽光発電設備のメンテナンスが義務付けられた。これにより、メンテナンスの必要性が高まり、各種メンテナンスサービスが各社から展開されている。

当社では、エコソリューションビジネスの一環として太陽光発電(PV)設備の設計・施工に注力してきた。また、PV設備のメンテナンス技術についても研究を進め、『屋外EL測定法（オンサイトEL測定）を用いた太陽電池モジュールの異常検出』として独自技術を確立した。ELは、Electroluminescence（電界発光）の略である。

一方、近年では、小型無人航空機「ドローン」が、急速な技術進歩により様々な分野で活用され始めている。PV設備のメンテナンスでもドローンは可視・熱画像の測定において活用され、大規模な発電設備の点検効率化に寄与しつつある。

今回は、EL測定が可能なドローンを開発したため、その成果を本稿により報告する。

2 EL測定とは

太陽電池は、太陽の光エネルギーを吸収して電気エネルギーに変換する特性を持つPN接合半導体素子である。それとは逆に、太陽電池セルに電気エネルギーを印加すると、発光ダイオードと同様に、光エネルギーを放出する特性がある（図1）。この現象をELと呼ぶ。ELをカメラで撮影することで画像化（写真1）する手法をEL測定と呼ぶ。

太陽電池の種類によってELの波長は異なり、結晶シリコン型は1050nm、アモルファスシリコン型は900nm、ヘテロ接合型（HIT）は930nmの波長に発光ピークがある^[1]。このよう

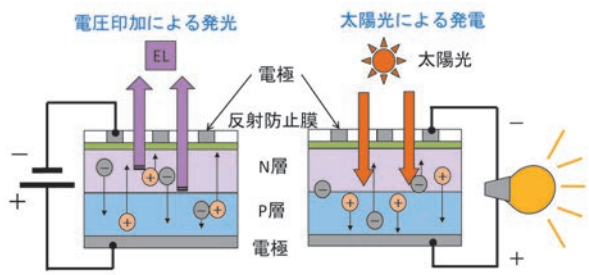


図1 EL発光と発電の違い

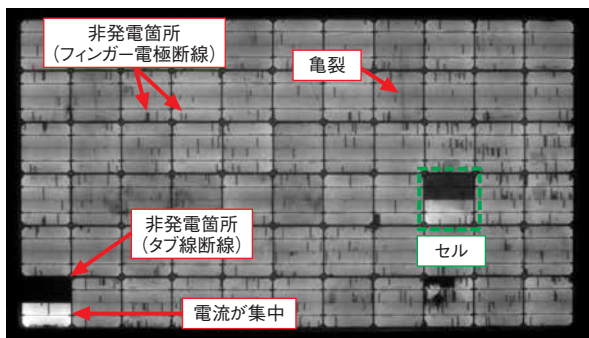


写真1 タンク棟平面図

にELの波長は可視光領域（380～780nm）ではなく近赤外光領域であるため、目視でELを確認することはできない。

さらに、このEL強度は太陽光の強度と比べて非常に低いため、日中屋外でのEL測定は難しい。そのため、屋内の暗室など外乱光のない環境において、モジュール1枚ごとに測定する方法が太陽電池メーカーの出荷検査でのみ利用されている。

3 オンサイトEL測定の特長と課題

図2にこれまでに実用化したオンサイトEL測定のシステム構成を示す。接続箱の断路器から、ストリング（複数の太陽電池を直列接続した回路）単位で直流（DC）電源を接続し、太陽電池に直流電圧を印加する。測定用カメラには、EL測定専用のカメラを使用し、1ストリングを1回で撮影するため、太陽電池から数m以上離れた場所に設置する。ノートPCには、制御用ソフトウェアがインストールされておりDC電源投入と測定用カメラのシャッターを制御する。

このオンサイトEL測定システムにおける課題を以下に示す。

(1) 測定時間

EL強度が非常に低いため、現場では、三脚でEL測定用カメラを最適な位置に固定し、15～

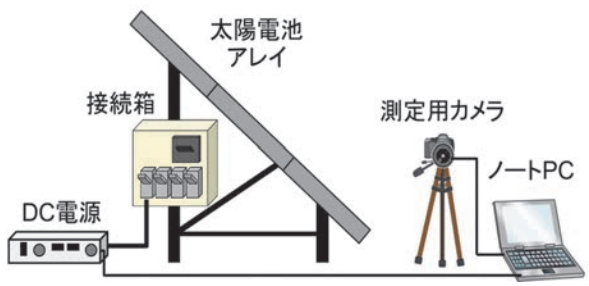


図2 オンサイトEL測定のシステム構成概略



写真2 折板屋根のPV設置状況

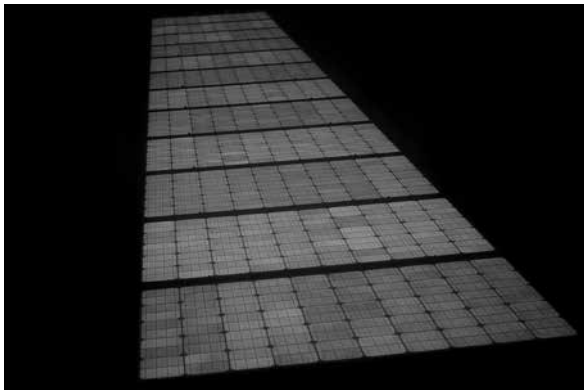


写真3 折板屋根でのEL画像

30秒程度露光させて撮影を行う必要がある。このためEL測定に長時間を要する。

さらに、折半屋根設置等（写真2）で多く見られるストリングの配置が同一方向の場合には、奥のモジュールは小さく表示され、ピントも合わせづらい。よって、カメラ手前の4枚程度のモジュールしか鮮明な画像を得ることができない（写真3）。このように、撮影回数が増えてしまうことで、測定に時間を要する。

(2) 撮影距離

一般的な野立て架台設置の発電設備では、アレイ間隔が2m程度空いているため、測定者が太陽電池の前面を移動することができ、EL測定を容易に行うことができる。一方、傾斜地や折板屋根に設置された発電設備では、敷地全面に太陽電池が設置されていることが多く、アレイ間隔が短い。そのため、作業スペースが確保しづらいという問題がある。特に奥まった場所にあるモジュールを撮影するために、撮影者がモジュールの上に乗って移動する場合もあり、太陽電池のセル割れを起こす

原因にもなる。

これらの課題に対し、(1)についてはカメラの改良、(2)についてはカメラをドローンに搭載することで解決する方針として、開発を進めた。

4 カメラの改良

従来からEL測定に使用しているカメラは、1枚のEL画像を撮影するために15～30秒の時間を必要とする。また、ドローンにカメラを搭載して長時間カメラを固定し続けた場合、画像にブレが生じてしまい鮮明なEL画像が得られない。そこで今回は、シャッタースピードを動画撮影レベル（1/30秒）にまで短縮したカメラを開発した。これにより、従来のカメラと比較して、安価かつ高感度を実現した。

5 カメラのドローンへの搭載

開発したカメラをドローンに搭載し、EL測定のテストを実施した。ドローンにカメラを搭載するための「ジンバル」と呼ばれる治具は専用品が必要になるため、テストではドローンにカメラを下向きに固定して、撮影を行った。フィールドテストの結果から以下の課題を抽出した。

- ①カメラで撮影している映像を遠隔でリアルタイムに確認する方法が必要である。
- ②撮影したEL画像とモジュール位置を照合する方法が必要である。
- ③カメラの撮影方向を遠隔で操作できる方法が必要である。
- ④夜間飛行時にドローンの視認性を向上する方法が必要である。

これらの課題を解決するため、写真4に示すドローンEL測定システムを構築した。測定は最小2名の作業員で実施可能である。1名はドローンの操縦を行い、もう1名はドローンに搭載したカメラの向きを操作しつつ、接続箱から測定対象のストリングへの電力供給操作を行う（図3）。

また、EL測定時にドローンの飛行高度は、EL測定対象モジュールの解像度が低下しないように注意して、発光モジュールがカメラフレームの中にすべて収まる高度（5～15m）で行う。

前述の諸課題に対する解決策を以下に示す。



写真4 ドローンEL測定システムの概要図

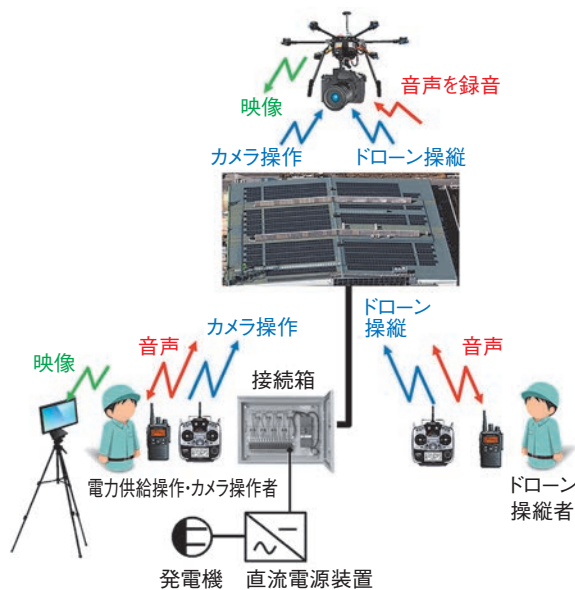


図3 ドローンEL測定システムの概要図

- ①カメラで撮影する映像は、リアルタイムに遠隔で確認できるように、ドローン側に映像伝送装置を搭載した。また、監視用ディスプレイ側に受信機を搭載した。
- ②測定中にドローン操縦者と電力供給操作者で双方向の無線通話をし、その音声をEL測定の動画と同期して記録した。これにより、測定したEL画像とストリング番号との照合が可能となる。
- ③カメラ専用のジンバルをドローンに搭載した。ジンバルはドローンの振動を吸収し、カメラの映像を安定化させる効果があるとともに、遠

隔操作でカメラの撮影位置を変更することができる。

- ④夜間の視認性向上のため、ドローンにはLED灯火を増設した。ドローンの前後でLEDを色分けすることで、遠方からでも前後が分かりやすく、操作性が向上し、飛行安全性が高まる。

6 フィールドテスト

ドローンによるEL測定のフィールドテストを当社所有のPV設備で実施した。今回のフィールドテストでは、同じストリングに対し、地上に設置したカメラによるEL測定とドローンによるEL測定を行い、得られた両画像を比較した。地上から撮影したEL測定画像（写真5）は、画像奥のモジュールが小さく表示されており確認しづらい。

一方、ドローンから撮影したEL測定画像（写真6）は、全てのモジュールが同じ大きさで表示されており、各モジュールの状態を明確に確認することができる。このように、地上からELを撮影する際に画像奥のモジュールが見えづらいという課題を解決できた。本手法は傾斜地や折板屋根

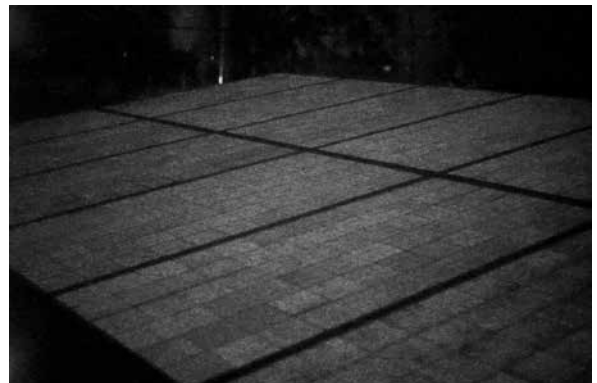


写真5 地上から撮影したEL測定画像

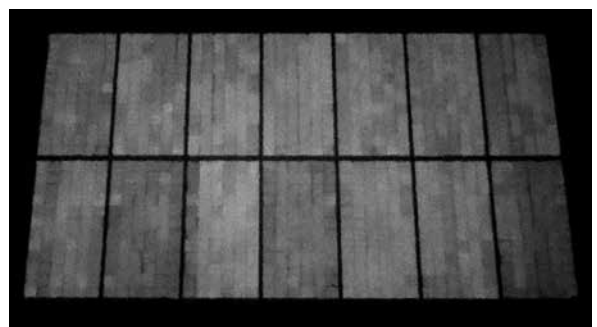


写真6 ドローンから撮影したEL測定画像

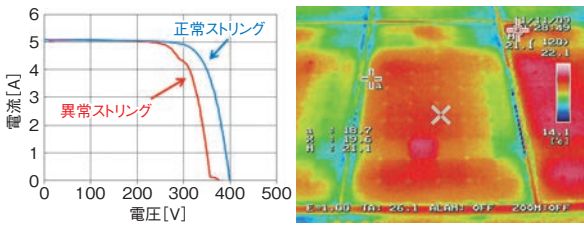


図4 I-V特性測定(左)と熱画像測定(右)

での点検に有効な手法である。

もう一つの課題である測定時間に対しては、ドローンの準備やバッテリー交換等の時間を含めても、地上からのEL測定と比較して10%程度の測定時間を短縮することができた。前述の一度に撮影できるモジュールが増えたことと、撮影の度に人が移動しなくても良くなったことが要因である。フィールドテストの結果、1MWのモジュールのEL測定を9時間程度で完了できた。

7 I-V 特性測定・熱画像測定との比較

現場において用いられる太陽電池の異常診断手法には、I-V特性測定や熱画像測定(図4)がある。表1に異常診断手法と検出可能な異常を示す。I-V特性測定は通常、ストリング単位で測定するため、異常の発生しているモジュールの特定作業が別途必要である。また、熱画像測定では発熱を伴わない異常の発見が難しい。I-V特性測定や熱画像測定では異常を電気特性や熱特性として間接的に検出する。一方、EL測定には、目視では確認できないセルの割れや、電極の断線といった発電性能に直接影響を及ぼす全ての異常を検出でき

るメリットがある。

また、EL測定では、発電量が大きく減少する「Potential Induced Degradation (以下、PID) 現象」の進行も容易に見つけることが可能である。PID現象は近年、発生報告が増えており、太陽電池の劣化現象として関心が高まっている。当該異常が発生している場合、PV設備のモジュールで発生している可能性があり、時間経過と共に進行するため、早期検出が求められる。このPID現象は他の手法では検出できないため、PIDを発見できることがEL測定の最大のメリットである。

8 おわりに

これまでに本研究では、太陽電池メーカーが出荷時にのみ工場の暗室で行っていたEL測定を、実際の屋外現場でも適用できる「オンサイトEL測定」として開発した。本稿では、オンサイトEL測定の更なる効率化を目指し、他社に先駆けて実現した「ドローンEL測定システム」の開発について報告した。

今後、測定サービスとしての受注や、さらなる高性能化を目指し、安全なPV設備の運用に寄与できるよう、改良を進める予定である。

参考文献

[1] 福島厚志 他：「Si系太陽電池におけるEL発光スペクトルピークの発電層材料依存性」応用物理学会春季学術講演会予稿集、281-A4-7、(2013)

表1 各異常診断手法と検出可能な異常

診断手法	発生リスク	EL測定	熱画像測定	I-V特性測定
測定条件	—	夜間・停止時に電流を流す	昼間・運転時	昼間・停止時
売電への影響	—	なし	なし	あり
セルクラック・欠陥	茶変すると発火・漏電の危険	◎	△ (発熱する場合)	×
ガラス割れ	ガラス飛散 漏電	◎	◎	△ (度合による)
PID現象	発電量減少	◎	×	○
BPD*1 短絡故障	発電量減少・発熱	◎	◎	○
BPD開放故障	影により発熱	△	×	×

*1：バイパスダイオード

低圧電動機の巻線短絡診断システムの開発

1 はじめに

電動機は、家電製品をはじめ、工場の生産ラインや鉄道・自動車等の輸送手段まで、様々な分野で多様なアプリケーションとして使用されている。このため、電動機の故障がシステム全体に及ぼす影響は計り知れない。例えば、生産ラインで使用される電動機で故障が発生すると、生産ラインの停止につながり、企業経営に与える損害は甚大となる。また、ハイブリッド自動車や電気自動車の駆動用として用いられている電動機における故障は、自動車の走行そのものに支障を及ぼし、人命にも直結する。こうした背景から、電動機の故障をいち早く検知する技術や、故障に至る前の劣化の進行が始まった初期段階で検知する予測技術の早期確立が切望されている。

電動機における部位毎の故障割合に注目すると、固定子巻線での故障が電動機全体の故障件数の4割近くを占めると米国電気電子学会で報告されている。そしてその故障原因の大半は、コイルの絶縁劣化に起因する。

電動機の固定子巻線で発生する故障のうち、短絡の有無を診断する技術としては、インパルス電圧を用いた試験法（以下、インパルス試験）が有効であり、この診断法を搭載したインパルス巻線診断装置が既に実用化されている。技術研究開発部では、これまでにインパルス試験に関する新しい診断手法を提案し、特許も取得した。そして、これらの特許技術は某計測器メーカーの新商品に搭載され、来年以降発売開始となる。

インパルス試験は、短絡の有無を検出することができるため、電動機を製造する業界では広く使用されている検査技術であるものの、実際にどのスロット（巻線が挿入されている溝のこと）に挿入されたコイルで短絡が発生したのかを特定することは困難である。もし、短絡発生箇所を特定できれば、短絡が発生しやすい傾向にあるスロットを知る手がかりとなり、この情報を設計段階へフィードバックすることで、絶縁・機械的強度の見直しや、固定子組立工程の改良といった短絡の発生を抑えるための方策を採ることができ、電動機の品質改善に活かすことが可能になる。これにより、電動機を使用するお客さまにおける故障発生



写真1 巻線短絡診断システム

の防止にも寄与する。

こうした背景から、インパルス巻線診断装置の「次の装置」として、どのスロットに挿入されているコイルにおいて短絡が発生したのかを特定する「巻線短絡診断システム」（以下、本システム）を開発した（写真1）。

2 診断手法の原理

本システムでは、短絡発生前後の各スロット上の磁界の変化に注目し診断することに特徴がある。

診断原理について図1を用いて説明する。いま、巻線に電流が流れている状態で巻線内に短絡が生じたとする。短絡が生じると、電流は抵抗がほとんどゼロの短絡箇所を流れ、短絡間のコイルには流れなくなる。このとき巻線に流れる電流を i_0 、電流 i_0 により生じる磁界の強さを H_0 とする。また、短絡により新たに発生した閉ループを C_s とする。閉ループ C_s には磁束が通過することで、誘導起電力 e が発生する。この誘導起電力の向きは、磁束の変化を妨げる方向の磁束を発生させる向きである。

この誘導起電力 e により閉ループ内を流れる電流を i_s 、電流 i_s によりできる H_s とは逆方向の磁界の強さを H_s とすると、巻線周辺の磁界の強さ H_a は

$$H_a = H_0 - H_s \cdots \cdots (1)$$

となる。つまり、巻線において短絡が発生すると、

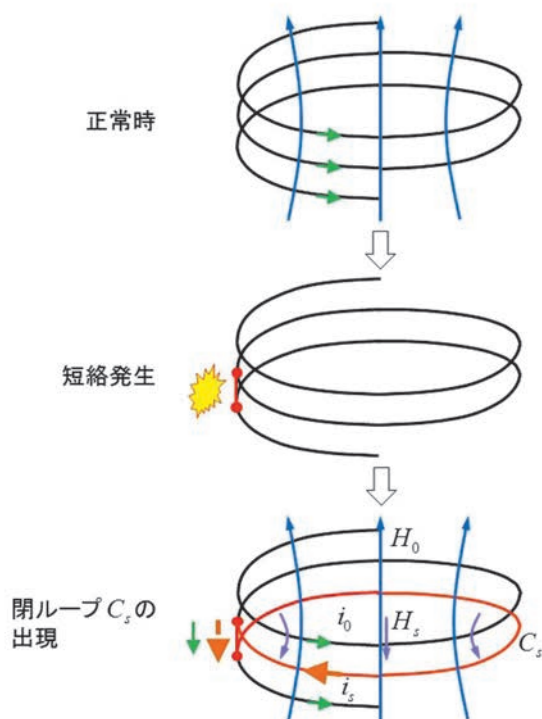


図1 短絡発生前後の磁界の変化

その巻線の中には短絡によって新たな閉ループが誕生し、閉ループに鎖交する磁束が時間的に変化すると、閉ループ内にはその磁束の変化を妨げる向きの磁束を発生させようとする誘導起電力が発生する。この閉ループに生じる誘導起電力が作る磁界の影響で巻線周辺の磁界は変化するようになる。

また、誘導起電力 e は巻線両端に印加する電圧の時間変化の割合、すなわち、巻線両端に印加する電圧の周波数 f の関数である。この誘導起電力 e を大きくすると、磁界の強さ H_s を大きくすることができる。このことから、巻線両端に印加する電圧の周波数 f を高くすることで、磁界の強さ H_s を意図的に大きくでき、巻線の周辺の磁界の強さ H_a の減少割合が巻線正常時に比べてより一層顕著となり、どのスロットに挿入されている巻線で短絡が発生しているのかを特定することが容易となる。このように磁界の変化に注目し、磁界を計測することで、短絡が発生しているスロットを特定することが可能となる。

3 診断システム

3.1 診断システムの構成

本システムは、巻線両端に交流電圧を印加して、固定子内に磁界を発生させるための電圧発振装置、固定子内の磁界を計測する磁界センサ、診断結果を出力するためのPCの3つから成る。

3.2 電圧発振装置

電圧発振装置では、固定子内部に磁界を発生するための交流電圧を出力する。この電圧発振装置は、交流電圧を出力するための電圧発振回路と、外部から取り込んだアナログ電圧信号をデジタル変換するためのA/Dコンバータ等を搭載する回路から構成される。電圧発振回路からの出力電圧はピーク-ピーク間で4V以下とする。電動機固定子の端子間に印加する電圧を4V以下に抑えることで、電圧発振装置や以下に説明する磁界センサの信号増幅用オペアンプで消費する電力を結果表示部として使用するPCのバッテリーから供給できる。つまり、PC側のバッテリーを充電しておけば、100Vの商用電源は不要となる。本システムでは電圧発振装置と磁界センサの電源をタブレットPCからUSBケーブルを介して供給する。

また、電圧発振回路から出力される電圧の大きさは、ピーク-ピーク間で3種類（4V、2V、1V）とし、装置内部のディップスイッチで切り替え可能である。

電圧発振装置から出力される交流電圧の周波数は、500Hzから50kHzまでの範囲で設定できる。また、発振周波数の設定間隔は、1kHz以下では100Hz、1kHz以上では1kHz間隔である。

3.3 磁界センサ

磁界センサによりスロット上の磁界の変化を計測する。磁界センサを用いたスロット上の磁界計測写真を写真2に示す。

磁界を計測するための磁界センサ中のサーチコイルの面積は、不必要な信号を除去するため、できるだけ小さい方が望ましい。本システムでは対象とするスロットから発する磁束密度を計測し、隣のスロットからの磁束密度の影響をできるだけ排除するために、サーチコイルの面積を20×



写真2 磁界センサ



写真3 表示画面

10mmとした。

診断対象巻線に印加する電圧は交流であるため、磁界センサから出力される電圧も交流となる。そして、磁束密度の大きさに比例した電圧が出力される。磁界センサからの出力値を校正することで、出力電圧から具体的な磁束密度への変換が可能となる。しかしながら、今回は磁束密度を測定することが目的ではないため、出力電圧の値から磁束密度の値への変換は行わず、磁界センサからの出力電圧そのものをPCに出力する形態とした。この磁界センサからの出力電圧 V_m に基づいて、短絡コイルが挿入されているスロットを特定する。

3.4 表示用PC

診断結果の表示や測定時の設定条件の変更は、外部のPC側で行う。PC上の結果表示画面を写真3に示す。本システムでは、100V電源を不要と



写真4 スロット上の磁界計測の様子

しており、可搬性も長所の一つである。そこで、使用するPCもノートPCではなく、より軽量のタブレットPCを採用した。このタブレットPCは本体重量が445gと軽量であり、左右どちらかの手で磁界センサを操作し、もう一方の手でタブレットPCを持つことで、設定条件の変更や診断結果をその場で確認しながら計測を進めることができる。

4 診断システムの評価検証

本システムの評価を汎用誘導電動機(0.75kW, 200V, 3.4A, 60Hz, 4pole)の固定子巻線を用いて行った。上記電動機の固定子巻線は分布巻で、固定子のスロット数は36である。

まず、この固定子巻線が正常なときに、U-Vの端子間に本システムから交流電圧を印加し、そのとき各スロット上の磁界を計測した。実際に固定子スロット上の磁界を計測する写真を写真4に示す。そして、このときの磁界センサからの出力を図2に示す。図2において、横軸はスロット番号、縦軸は磁界センサからの出力電圧である。また、図2では出力電圧の差が見やすいようにするために、絶対値で表示している。この電動機は4極であるので、山がきれいに4つ出現していることが確認できる。

次に、この固定子巻線のU相において1巻目と2巻目のコイルのエナメル被覆を削り、その芯線

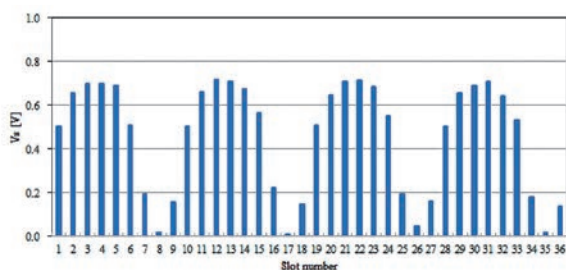


図2 巻線正常時の出力電圧

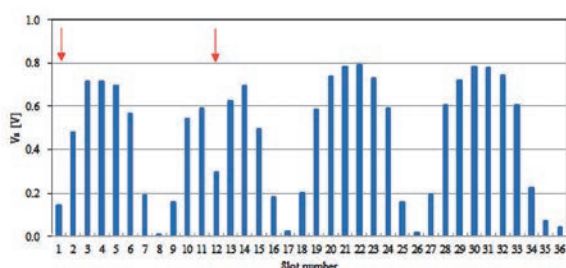


図3 1ターン短絡発生時の出力電圧

をハンダ付けして人為的にショートさせることで短絡を再現した。この短絡状態をここでは「1ターン短絡」と呼ぶ。今回使用する電動機において、その後方から見て最も下部に位置するスロットをNo.1と仮定して、時計回りに番号を割り振ったとき、今回の1ターン短絡はスロットNo.1とNo.12に挿入されているコイルに存在する。

この固定子巻線のU-V間に本システムから交流電圧を印加したときの各スロット上の磁界を計測した。このときの磁界センサからの出力を図3に示す。図3において、短絡巻線を有するコイルのスロットNo.1とNo.12に相当する箇所に矢印を付けて示す。巻線が正常な場合には、スロットNo.1とスロットNo.12の電圧 V_s はそれぞれ0.50Vと0.72Vであったが、短絡発生後には0.14Vと0.30Vとなった。よって、本システムにより、No.1とNo.12のスロット中のコイルで短絡が発生したことを特定できた。

また、今回の検証に用いた電動機固定子巻線は4極である。そのため、短絡コイルが挿入されているスロットNo.1、No.12と対になる健全スロットはNo.19とNo.30である。お互いのスロット上の電圧を比較すると、スロットNo.1とNo.12の電圧 V_s の減少はNo.19やNo.30に比べ

て顕著となり、この点でも短絡を有する巻線が挿入されているスロットNo.1とNo.12の磁界の変化を明確化できていることがわかる。

5 おわりに

今回は、電動機の固定子巻線において、どのスロットに挿入されているコイルで短絡が発生したのかを特定するための巻線短絡診断システムを開発した。そして、市販されている様々な低圧電動機を用いた評価を行った結果、いずれも短絡コイルが挿入されているスロットを特定できることを確認した。

本システムは、短絡したコイルが挿入されているスロットを特定することができるが、それだけでなく、製造メーカーにとってはその固定子巻線としての製品がメーカーの許容範囲内に収まっているかを通電時の磁界の値から判断することができ、品質管理の用途に活用することも期待できる。

本システムは、現在装置の外観を整えるなどの最終段階であり、近日中に販売を開始する予定である。

本システムの類似製品は現在、存在せず、今後は展示会などに積極的に出展し、関連業界にアピールしていく。

既設ハイテク印刷工場におけるB種接地抵抗値の調整について

1 はじめに

既設のハイテク印刷工場において、印刷機用汎用インバータの動作環境の改善のため、印刷工程用変圧器のB種接地抵抗値をそれまでの20Ωから30Ω以上にするように客先から依頼された。この具体的な方策として、変圧器中性点とB種接地極間に抵抗器を挿入し、挿入前後の電流や電圧などの変化を測定したので、概要を説明する。

2 受電形式と印刷工程用変圧器の概要

設備概要を表1に示す。

表1 設備概要

受電電圧	高圧 6.6kV 受電
契約電力	1,507kW
印刷工程用変圧器	3φ 6,600/440V 1,000kVA モールド型
接地方式	単独接地：A種，B種（一般用と印刷工程用），C種，D種

表2 接地抵抗値の調整方法の比較検討

調整方法案		比較	
案	方法	長所	短所
1	単独接地極を新設する	<ul style="list-style-type: none"> ・基準や規程と馴染む ・実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・接地極工事が必要 ・接地抵抗値の調整が出来ない
2	変圧器中性点とB種接地極間に抵抗器を挿入する	<ul style="list-style-type: none"> ・接地抵抗値の調整ができる ・抵抗体には抵抗値が安定した素材を選定できる ・不具合があれば容易に交換できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・基準や規程にない ・製品規格がない ・発熱が予想される

表3 抵抗器の仕様一覧

項目	仕様	備考
抵抗器の合成抵抗値	20Ω	B種接地抵抗許容値：100Ω以下 既存B種接地極抵抗：20Ω
定格電圧	300V	150V以上
単体抵抗値	100Ω	既製品のラインアップ
単体ワット数	1000W	最大通過電流(測定値)=12 / 5 =2.4A
並列接続台数	5台	100Ω / 5 = 20Ω
周囲温度	-5 ~ +40℃	

3 接地抵抗値の調整方法の検討

接地抵抗の調整方法は表2の2案が考えられ、比較検討の結果、第2案の抵抗器挿入案を採用した。

4 抵抗器の仕様

抵抗器の仕様については事前測定の電流値などから検討を行い、表3の通り決定した。

5 電圧・電流の測定と測定結果

5.1 測定箇所

印刷工程用変圧器のB種接地線について、抵抗器挿入前後それぞれの電圧と電流を、印刷機運転時に約3時間毎測定した。抵抗器挿入箇所と電圧・電流の測定箇所を図1に示す。なお、C種接地極は基準電位として採用した。



5.2 測定結果

測定結果の図番号を表4に示す。

5.3 抵抗器挿入後の電圧・電流の予測と結果

上記5.2における抵抗器挿入前の測定値から、関係回路を定電圧源と仮定して図1にオームの法則を適用し、挿入後の電圧と電流の値を予測してみた。挿入後の予測値と挿入前後の測定値を表5に示す。

6 所見

6.1 抵抗器挿入前後の電流について

図2・図3を見れば、電流波形は抵抗器の挿入前後において、最大値は低減されたが、それぞれの波形はほぼ帯状をしている。

ここで、いくつかの区間で周波数解析を行ったところ、殆どが高調波成分であり、基本波成分は誤差レベルのオーダーで小さかった。

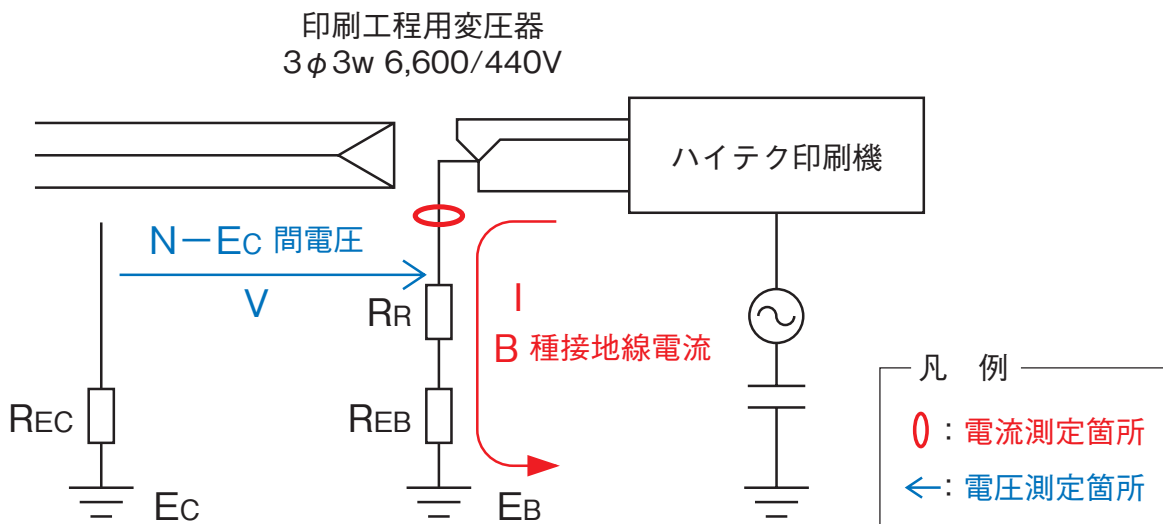


図1 測定箇所

表4 測定結果

	内容	図番号	備考
1)	B種接地線電流波形 (代表例)	図2	瞬時波形
2)	B種接地線電流値	図3	実効値 (約3時間推移)
3)	変圧器中性点とC種接地極間電圧 (N-Ec) 値	〃	同上 (同上)
4)	B種接地線電流の最大時における上記2)及び3)の値	表6	約200m秒間

表5 挿入前後の測定値と挿入後の予想値

項目	R_{EC}	R_{EB}	R_R	V	I
挿入前 (測定値)	8Ω	20Ω	0Ω	144.1V	8.47A
挿入後	予測値	〃	20Ω	〃	4.24A
	測定値	〃	〃	178.4V	4.48A

次に、表6から、B種接地線電流の総合実効値は、抵抗器の挿入前後において47.1%減衰していた。これは、抵抗器挿入によるB種接地抵抗の増加度(20Ω→40Ω)にほぼ近い値であり、値も上記5.3の予測値に近い。厳密に見れば、接地抵抗の増加度に対比して減衰度が3%程度低いが、その原因は抵抗器の周波数特性や温度特性に起因するものと思われる。

なお、実際には詳細な周波数分析が必要であるが、大雑把に見ればここでは高調波成分の定電流性は観測されなかった。

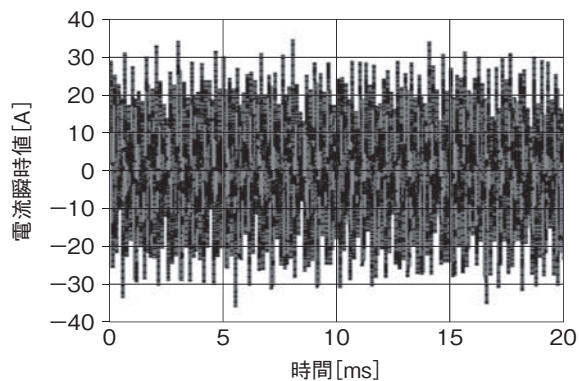
6.2 抵抗器挿入前後の電圧について

抵抗器の挿入前後における当該変圧器中性点とC種接地極間電圧について、上記5.3では不変と予測されたが、実際には23.8%増大していた(表6参照)。そこで、上記6.1でB種接地線電流が減少しているにも関わらず、接地電圧が逆に増加した理由を考えてみた。調査の結果、本測定におい

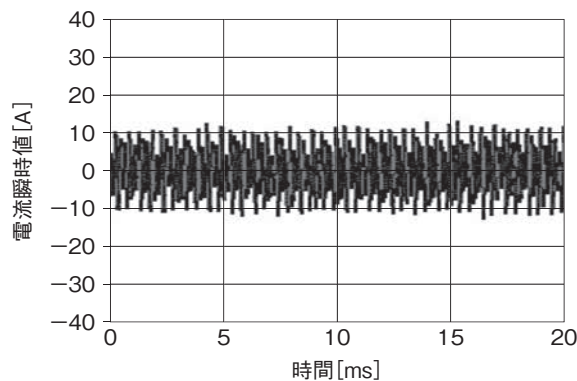
表6 抵抗挿入前後の実効値比較

	抵抗器挿入前	抵抗器挿入後	変動率
B種接地線電流			
・総合値	8.47A	4.48A	52.9%
・基本波	0.03A以下	0.02A以下	—
・基本波以外	8.47A	4.48A	52.9%
変圧器中性点とC種接地極間の電圧			
・総合値	144.1V	178.4V	23.8%
・基本波	0.5V以下	0.8V以下	—
・基本波以外	144.1V	178.4V	23.8%

て基準電位のC種接地極は地絡事故時以外には電流は流れないとしたが、実際には波高値で数Aオーダーの電流が流れ、電位変動していたことが判明した。この電位変動はC種接地極の電圧降下(C種接地線電流×接地抵抗)によるものであり、抵抗器挿入に伴ってC種接地線電流値が半減して、

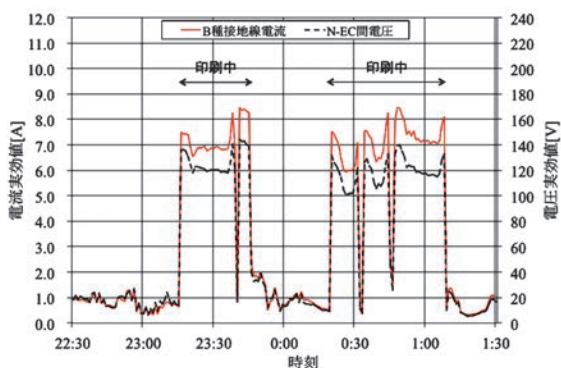


a. 抵抗器挿入前

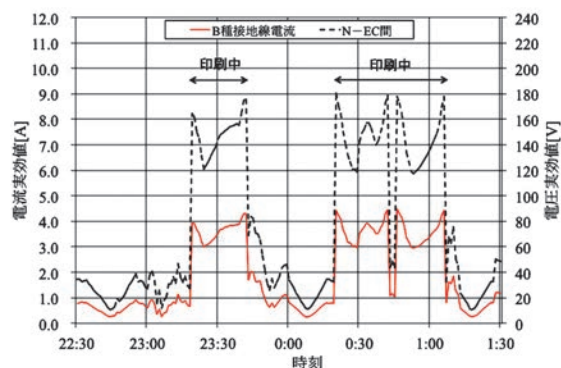


a. 抵抗器挿入後

図2 B種接地線電流の波形比較



a. 抵抗器挿入前



a. 抵抗器挿入後

図3 実効値の推移

電圧降下をも半減させ、その結果、測定の接地電圧（電位差）が増加したものと推定した。従って、当該変圧器中性点の対地電位自体は、抵抗器挿入前後で変化していないと理解している。

なお、この対地電位はそのまま、電源線の対地電位をベクトル和で押し上げていたことになるが、翻ってみればその成分は基本波以外の高い周波数である。ここで、400V級回路において高い周波数成分の電位に関するリスクとして公表されたものは少なく、わずかにマイクロサージ関係が知られている。

当該設備については特に問題は発生していないが、高周波電圧によるヒトの感電や機器の絶縁耐力などについての定量的な判断基準作りは、今後の課題であると思われる。

7 おわりに

印刷工程用変圧器のB種接地抵抗を30Ωにする目標は、特別設計の抵抗器を挿入することによって果たされ、他の電気的特性についてもほぼ満足できる運用ができた。今後も、観察と測定を継続し、更に汎用インバータの動作との影響についてのデータを確認したいと考えている。

参考文献

- 1) 昼間和男：「統合接地システムにおけるB種接地挿入抵抗の効果」、電気設備学会全国大会論文集、D-18、pp.245-248(2001)

鉄骨造の建物に設置される振動の大きなポンプの防振対策

1 はじめに

当施設はエンジン実験室（以降、ベンチ室と称す。）5室を持つエンジン実験棟であり、騒音・振動・熱に対する配慮が必要な建物である。当施設の構造は、鉄骨ALC（軽量気泡コンクリート）造で振動等の伝搬に注意を要する建物であり、キャビテーションによる振動及びポンプの脈動による振動が懸念された。長時間にわたる実験時でもキャビテーション及び脈動による建物への影響を最小限とするため施工前検討会により対策を検討したのでその結果を以下に記す。

2 ガソリン循環系の概要

当施設は鉄骨造2階建て建物である。1階ベンチ室間仕切りはコンクリートの壁であるが、それ以外の壁は全てALCの建物である。また、ガソリン槽は鉄筋コンクリート造半地下式の別棟のタンク棟に循環ポンプと共に設置された危険物貯蔵施設である。当施設のガソリン循環系統を図1に示す。

3 振動発生源の検討

ガソリン循環系の配管ではギヤポンプ吸込みの側負圧によるガソリンの蒸発、すなわちキャビテーションが原因となる振動及びギヤポンプの構造上の特性による脈動の2種類の振動が想定される。

3.1 キャビテーションによる振動の検証

ガソリンは揮発性が高く低い圧力で蒸発する性

質があり、ポンプの吸込圧力がガソリンの蒸発量を左右する。ポンプの吸込み側配管の圧力損失による吸込み圧力低下がガソリンを蒸発させ、蒸発したガソリンが振動を発生させるものと想定し、気液分離の可能性について検討を行った。

定格送油量63L/minの吸込み側配管抵抗とJISで規定するガソリンの蒸発圧力を比較することにより、気液分離の可能性が想定できる。自動車用ガソリンは「JIS K2202-2012」により密度は油温15℃において0.783g/cm³以下で蒸気圧は37.8℃において44kPa以上78kPa以下と規定され、低い圧力で蒸発する。図2はオイルタンク室平面図である。図中赤線で示した配管が吸込み側配管であり、ポンプの吸入負圧の影響を

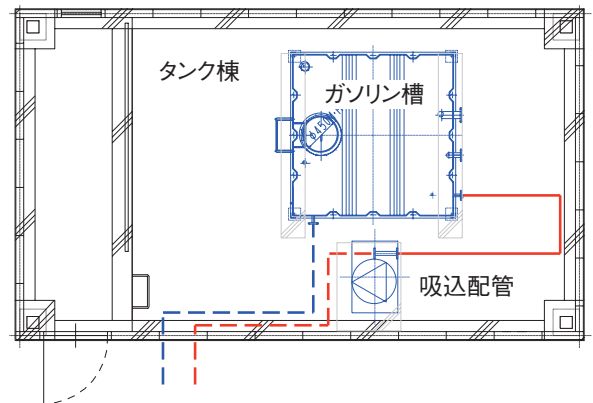


図2 タンク棟平面図

受ける配管である。この配管部の負圧度を計算することにより配管内でのガソリンの性状を想定する。計算結果を表1にまとめた。

定格送油量63L/min時の吸込み側圧力損失は30kPaと想定され大気圧1,013hPa (101.3kPa) より蒸気圧は71.3kPa (101.3kPa - 30.0kPa)

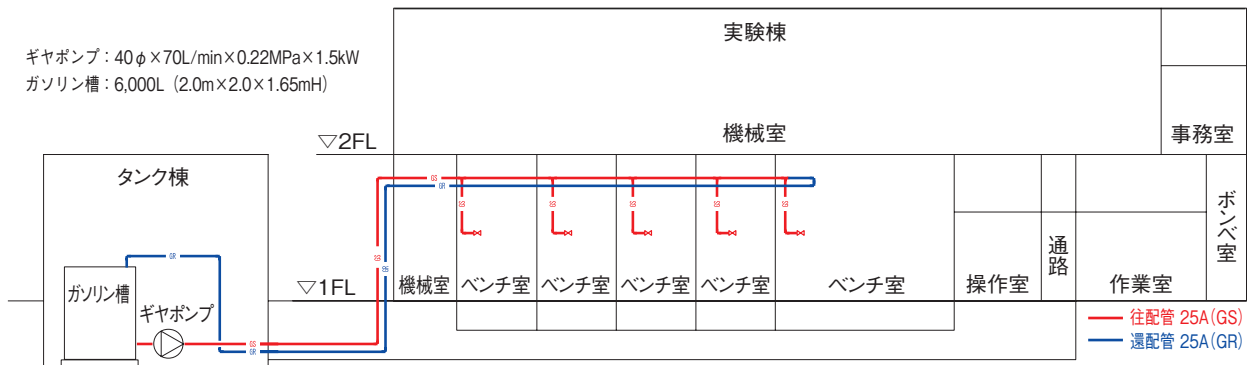
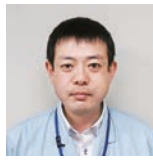


図1 ガソリン循環系統図



となる。JISに示す蒸気圧44kPa以上78kPaの上
限値付近となりキャビテーションは起きにくく振
動発生は無いものと想定した。

表1 吸込み配管の負圧度

	損失計算 ζ	数 量 m・個	各部圧損 kPa	合計圧損 kPa
配管長		4	5.4	30.0
弁	8.500	2	19.2	
エルボ	0.260	3	0.9	
拡大	0.375	1	0.4	
安全率			15%	

3.2 ギヤポンプの特性による振動の検証

ポンプは容積型とターボ型に区分される。容積
型は吐出圧力に影響を受けず常に一定の量を送
ることができる。それに対しターボ型は吐出圧力
に影響を受け流量が変化する。図3にポンプの分
類を示す。

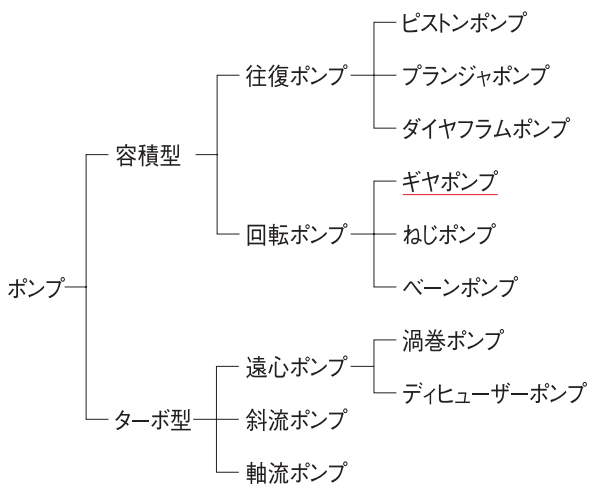


図3 ポンプの分類

ギヤポンプは図3より容積型に分類され、歯車
の形状をした羽根車が低速で回転（計画のギヤポ
ンプは380min⁻¹）し、ケーシングと歯車の隙間
に入った流体を常に一定の量で送り出す構造で
あり、燃料移送用に最も多く使用されているポン
プである。ポンプの構造を図4に示す。構造上吐
出量が連続せず断続的な流れとなり脈動による
建物への影響が懸念される。

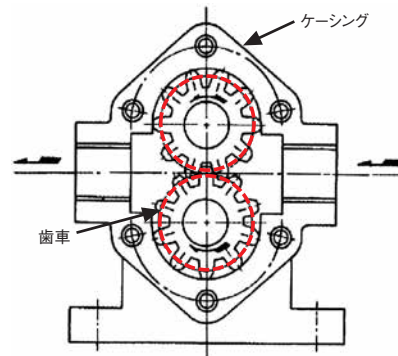


図4 ギヤポンプの構造

3.3 振動発生要因の特定

振動発生 の 要因 と 想定 した 「キャビテーション
による振動」「ギヤポンプの脈動による振動」
の2種類の発生要因について検討したが、ギヤポ
ンプ吸込み圧力が規定の上限付近でありキャビ
テーションによる振動の発生は想定されず、ギ
ヤポンプの脈動による振動の影響が大きいと判
断し送油配管の振動対策を検討した。

4 脈動による振動対策の検討

脈動対策には質量の大きい個所への堅固な固
定が必要であるが、対象建物は鉄骨造・ALCの
軽量建物であり、質量の大きなコンクリートの
個所は地中梁などの地中部分とベンチ室間仕切
りのみである。そのため、配管を堅固に固定す
る箇所を地中梁及びベンチ室間仕切り壁とし、
ALC貫通部は固定せず、振止めは防振パットで
固定する方式とした。また、天井吊り金物は防
振装置により上部床面に振動を伝搬させない方
式とした。

4.1 検討項目とその対策

以下の5項目について検討し現場で実施した。

① 壁貫通部を緩衝材により開口補修とする。

実験棟内の送油管のルートには壁貫通部が外
壁2ヶ所、内壁5か所の計7か所あるが全てALC
壁である。ALC壁に送油管が直接接触するとALC
壁が振動板となり騒音の原因となるため、貫通
部はALCと送油管が直接接触しないよう緩衝材
により貫通部の処理を行う。

② 天井配管は防振吊り金物とする。

天井配管の振動が、吊り金物を介して2階床面に伝搬しないよう、防振吊り金物を使用する。

③ 配管振れ止は防振パットを使用し固定する。

天井配管の振れ止めは壁面から支持を取らず鉄骨梁を支持点とするが梁への振動伝搬を防止するため振れ止めへの配管固定に防振材を介して固定する。

④ 外部立ち上がり管支持は鋼材に固定する。

外部ピットから実験棟へ入る配管は地中梁に堅固に固定すると共に立ち上がり配管は壁面に固定せず地中梁に固定した鉄骨架台により固定する。鉄骨架台は、溝形鋼100×50以上とする。

⑤ ベンチ室立下り管支持は鋼材に固定する。

建物内の唯一のコンクリート壁が利用できるベンチ室立下り配管は上下2か所を鉄骨架台により固定する。

4.2 実施効果の検証

前項防振対策の実施箇所及び主な施工状況写真を図5に示す。

試運転時、タンク室・外部立ち上がり管などの露出部では配管の脈動が触診で感じるが、室内では配管の脈動が原因とされる騒音はほとんどなく、ALC壁への伝搬もほとんどなかった。

検討時に懸念された建物への脈動による振動は解決できた。

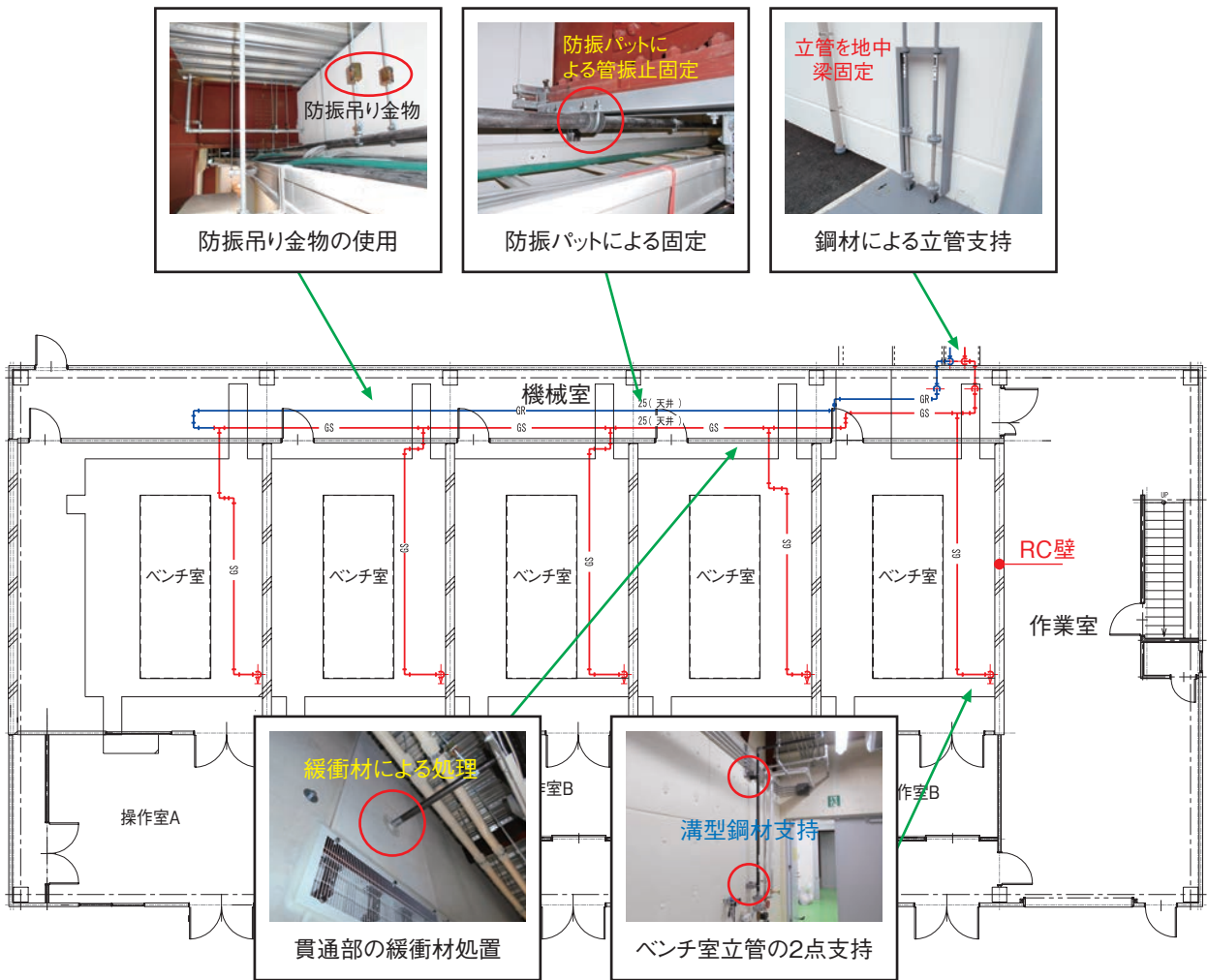


図5 対策実施箇所及び実施状況写真

5 おわりに

当施設は設計部で設備設計した物件である。今回採用した容積型ポンプは脈動を考慮した防振対策が計画されてはいたが十分なものとは言えなかった。東京本部及び設計部が施工前の検討会において防振の必要性を認識し事前の対応を行ったことにより、建物への影響を最小限に抑えることができた。

循環式及び大流量の設備では、容積型ポンプよりターボ型ポンプの採用検討をすることも対策のひとつとなる。

技術研究開発部だより

技術研究開発部の研究開発テーマ

平成30年度の技術研究開発部は、表1に示すとおり5分野22件の研究開発テーマに取り組んでいる。今年度は昨年度までに開発した研究成果の高機能化改良など、実際にお客さまへの展開を見据えた研究が多くなっている。研究成果のお客さまへの提案時や、実際の導入・運用時に、新たなニーズや課題が明らかになってきており、それらを新たなテーマとしている。

さらに、昨年度に引き続き世の中の急速な技術進歩を踏まえ取り組むべき研究として、将来に向けた基礎的研究にも積極的に取り組んでいる。今年度は、新たにCO₂フリー水素生成に関する調査を開始している。その他、最新技術を活用した現場の効率化を目指した研究も拡大している。空調管部門と協力して生産性向上を実現するための調査を開始するとともに、人工知能(AI)の研究では、最新の技術を活用した工事概算積算の自動化に向けた挑戦を行っている。

また、研究開発成果を社内外で広く活用してい

ただくよう展開している。

まずは、開発した製品が直接ターゲットとなる業界向けの展示会である設計製造ソリューション展などへ出展することで、お客さまからのニーズ獲得を行っている。また今年度5月から6月にかけて、各方面本部・支店にお伺いして技術研究開発部の成果説明会を開催した。営業・設計・施工・技術の各担当をはじめとして述べ260名ほどの方々に出席していただいた。今回のような直接的な意見交換により、お客さまへの提案資料の整備不足や、実績紹介の必要性などを再認識するとともに、新たな研究テーマへのニーズも多く得ることができた。定期的に開催していく予定である。

今後も研究開発を着実に推進するだけでなく、現場で活用していただくために何をするのかを常に意識して取り組む。そして、エネルギー、環境、情報通信分野における諸問題を独自技術によって解決し、快適で安全・安心な社会の実現に貢献していく。

表1 平成30年度 技術研究開発部 研究開発テーマ

テーマの分野	平成30年度 研究開発テーマ	担当者
電力品質	配電系統の高調波電圧抑制に関する基礎研究	藤田、小林
	SmartAPFCの改良	藤田、小林
保守点検	アセットマネジメントツールの改良および検証	大島
	既存劣化診断技術の検証 その2	大島
	太陽光発電設備のメンテナンス用ドローンの開発	青山、西戸
	低圧電動機固定子巻線の絶縁診断手法の研究	中村
省エネ	マイクログリッドシステムの最適設計・運用ツールの開発	西戸、千葉、青山、棚橋
	高圧一括受電マンションにおけるデマンドレスポンスに関する研究	青山
	ToEMSの高機能化	高橋、古田、台藏
	中小規模EMSの開発	西村、高橋、台藏
	高機能化を目的としたMiELPLASの改良 その3	古田、杉本
	金属熱処理工場におけるエネルギー最適化システムの開発	眞玉橋
	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 その6	西村、杉本
	コジェネ・熱源運用のための多目的最適化演算ソフトの開発	千葉、棚橋
環境	独自オイルミスト除去手法開発に向けた検討	近田、成瀬
	排水系産業廃棄物の減容化技術の調査	加藤
	既設燃焼装置を利用したVOC処理技術の適用性に関する調査	成瀬
	汚泥・油泥の資源化技術の調査	加藤
設計	雷害防止に有効な接地方式に関する基礎研究	山本
	CO ₂ フリー水素による燃料電池システムの調査	西戸
	人工知能(AI)とその応用に関する基礎検討	三井、棚橋
	空調管部門の生産性向上に関する調査	中井、成瀬



技術研究開発部の現業支援業務

技術研究開発部では、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、及び対策の提案

・ お客さまへの技術提案

ToEMS、TLDシステム、みえるシリーズ（MiEL CAST、MiELDieCAST®、MiELPLAS®）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

太陽光発電システムの発電電力や建物影のシミュレーション、高調波流出電流計算など高度な技術計算

・ 新技術・新製品の調査

電気設備の劣化診断技術調査、省エネ機器の技術評価、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10年間の現業支援件数は図1のとおりであり、合計では405件の支援を行っている。また内容は図2のとおりであり、最近ではToEMSによるエネルギー監視（見える化）に関する支援業務が多い。

表1に、技術支援分野と担当する研究員を示した。技術的な内容での相談があれば、まずはご一報ください。

以上

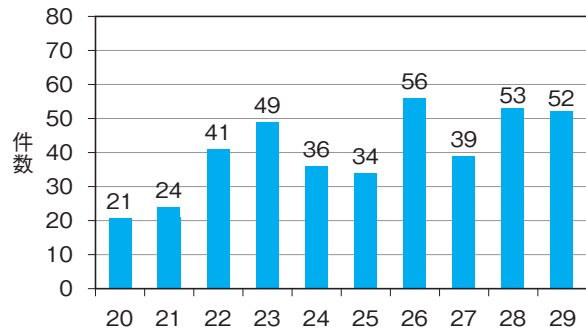


図1 最近10年間の現業支援件数

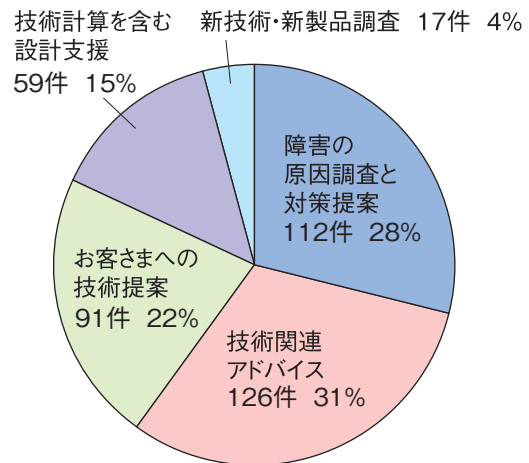


図2 最近10年間の現業支援内容

表1 技術支援内容と担当する研究員

技術支援分野	担当する研究員
各種電気障害	小林、高橋、山本、西戸、大島
ToEMS	高橋、眞玉橋、杉本、台藏
TLDシステム、DGR	山本、西戸、大島
みえるシリーズ	水野、西村、古田、杉本
電気技術計算、電気法規	小林、山本、西戸、藤田
空調全般、空調異常検知	中井、千葉、成瀬
省エネ対策、工場プロセス	水野、高橋、眞玉橋、西村、古田
太陽光発電	西戸、青山
高調波対策	小林、藤田
排水処理、有害物質処理、脱臭	加藤、近田

技術研究開発部成果報告会

平成29年度の研究成果報告会は、4月25日から27日の3日間教育センター教育・研究棟6階601教室で開催した。

この報告会は、研究テーマ毎に研究成果を報告し、社内での情報共有を図ることを目的に開催しており、「電力品質」「保守管理」「省エネ」「環境」の分野で計21のテーマを報告した。3日間で延べ約48人の社員が聴講し、技術的な質疑から経営に成果を活かすには、といった討議まで大変充実した意見交換が行われた。

回を重ねるに従い、自部署に役立てることを念頭に参加する聴講者が増え、質疑が活発に発せられるようになってきている。開発担当者にとっても貴重な意見やニーズを聞くことのできる場となっている。



研究テーマと報告者

月 日	研 究 テ ー マ	報 告 者
4月25日(水)	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究	藤田 悠
	雷害防止に有効な接地方式に関する基礎研究	山本 達也
	既存劣化診断技術の検証	大島誠一郎
	低圧電動機固定子巻線の短絡スロット特定システムの開発	中村 久栄
	Kinectセンサを用いた電気設備の状態可視化システムの開発	中村 久栄
	高圧一括受電マンションにおけるデマンド削減手法の実証研究	青山 泰宏
	マイクログリッドシステムの最適設計・運用ツールの開発	西戸 雄輝 棚橋 優
	燃料電池システムの実証研究	西戸 雄輝
	太陽光発電設備のメンテナンス用ドローンの開発	西戸 雄輝
4月26日(木)	ダイカスト工場におけるエネルギー最適手法構築に関する研究	西村 叔介
	高機能化を目的としたMiELPLASの改良 その2	古田 涼亮 杉本 太樹
	ToEMSの高機能化	高橋 和宏
	中小規模EMSの開発	高橋 和宏 西村 叔介
	金属熱処理工場におけるエネルギー最適化システムの開発	眞玉橋剛志
	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 その5	水野 誠
4月27日(金)	コジェネおよび空調熱源システムの運用最適化に関する研究	千葉 理恵
	人工知能（AI）とその応用に関する調査	三井 佑悟 棚橋 優
	排水処理データグラフ化ソフトの開発	中井 一夫
	独自オイルミスト除去手法開発に向けた検討	近田有希子 成瀬 仁
	排水系産業廃棄物の減容化技術の調査	加藤 勇治
	VOC対策技術の課題調査	加藤 勇治

「学」との交流

技術研究開発部が大学との共同研究を行った際、研究終了時に部署内で成果報告会を開催している。今年度は名古屋工業大学の青木先生をはじめ4件について報告を受けた。

平成29年度 共同・委託研究一覧

技術研究開発部の研究開発件名	共同・委託研究先の先生
低圧電動機固定子巻線の短絡スロット特定システムの開発	名古屋工業大学 大学院工学研究科 水野 幸男 教授
雷電流分布シミュレーションの高精度化に関する研究	名古屋工業大学 大学院 電気・機械工学専攻 安井 晋示 教授
EL測定を用いた太陽光発電設備の異常診断に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
電圧不平衡抑制手法の最適化に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 青木 睦 准教授
旋回式クロスフローによる切削排液（スカム）の高効率分離プロセス	岐阜大学 大学院工学研究科 環境エネルギーシステム専攻 小林 信介 准教授

平成30年度 共同・委託研究一覧

技術研究開発部の研究開発件名	共同・委託研究先の先生
配電系統の高調波拡大現象に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 青木 睦 准教授
太陽電池の異常診断分析手法に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
雷電流分布シミュレーションの高精度化に関する研究	名古屋工業大学 大学院 電気・機械工学専攻 安井 晋示 教授
電動機の故障劣化診断手法の研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 水野 幸男 教授



名城大学 山中先生



名古屋工業大学 青木先生



名古屋工業大学 安井先生

第27回全社技術研究発表会

技術研究開発部は、教育センターで全社技術研究発表会を開催した。同発表会は、研究開発の成果や新技術および施工事例などの発表を通し、技術情報の共有と技術レベルの向上を図ることが目的。

開会式では、大野社長が技術研究開発の重要性について「お客さまに満足していただける技術を開発し、提案していくことが大切。失敗を恐れず高い目標を掲げて果敢にチャレンジしていただきたい」と話した。

各発表について、当社での有益性や社会への貢献度および着眼点、アイデアなどについて審査され、最優秀の発表に贈られる社長賞には、配電本部配電統括部技術グループ 竹村浩一副長の発表が選ばれた。また当日は、名古屋大学未来社会創造機構の手嶋茂晴特任教授が「人と車と街のIoTサービス～豊田市交通系社会実験～」のテーマで特別講演を行った。

発表件名と発表者

発表件名	発表者		受賞名
アセットマネジメントに基づいた需要家電気設備の長期保全費用推定ツールの開発	技術研究開発部 研究開発グループ	大島誠一郎	審査員賞
恵那市情報セキュリティ強化対策及びネットワーク整備	情報通信統括部 技術グループ 設計・積算チーム	太田 真人	
配電確認票システムの開発	配電本部 配電統括部 計画・システムグループ	中根 芳伸	奨励賞
能動的単独運転検出によるPCS不要停止に関する検討	岐阜支店 営業部 営業グループ 設計・積算チーム	久保 昌彦	
樹脂成形工場におけるエネルギー最適化システム(MiELPLAS®)の開発	技術研究開発部 研究開発グループ	古田 涼亮	奨励賞
製造業における排水処理設備管理提案の事例	岡崎支店 営業部 空調管工事グループ	中村 明浩	
引込線・低圧線(束巻き)線出工具の開発	配電本部 配電統括部 技術グループ	竹村 浩一	社長賞



社外講師・セミナー講師

演 題	講 師	講演先・日付
スマートパワーシステム事例解説Ⅳ	小林 浩	名古屋工業大学（非常勤講師） 2017.7.11
太陽光発電の適切なO&M普及のために	西戸 雄輝	太陽光発電協会（JPEA） 第8回公共産業部会O&Mタスクフォース 2017.11.21
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・演習	千葉 理恵	（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター 2017.12.7
樹脂成形工場向けエネルギー最適化システム MiELPLAS（みえるプラス）のご紹介	水野 誠	（一社）東日本プラスチック製品工業協会 2018.05.11
太陽光発電設備を安全に使用するための保守点検技術	西戸 雄輝	平成30年度 電気安全講演会 名古屋会場 2018.08.02
太陽光発電設備を安全に使用するための保守点検技術	青山 泰宏	平成30年度 電気安全講演会 岐阜会場 2018.08.08
太陽光発電設備を安全に使用するための保守点検技術	西戸 雄輝	平成30年度 電気安全講演会 多治見会場 2018.08.09
ドローンを活用した太陽電池のEL測定診断	西戸 雄輝	平成30年度 電気主任技術者研修会 名古屋会場 2018.09.03
ドローンを活用した太陽電池のEL測定診断	西戸 雄輝	平成30年度 電気主任技術者研修会 刈谷会場 2018.09.14
ドローンを活用した太陽電池のEL測定診断	西戸 雄輝	平成30年度 電気主任技術者研修会 浜松会場 2018.09.19
ドローンを活用した太陽電池のEL測定診断	西戸 雄輝	平成30年度 電気主任技術者研修会 静岡会場 2018.09.20



JECA FAIR 2018 ～第66回 電設工業展～

当社は、インテックス大阪で5月23日から25日に開催されたJECA FAIR 2018に出展した。ブースは技術研究開発部と配電本部の開発製品やサービスなどを紹介した。また、配電線工事用の新製品「マルチャットコ」とタブレット端末を使用した「配線線確認票システム」の実演ステージを行い、多くのお客さまでにぎわった。「トーエネックテクニカルLABO」をテーマに、本を開いたようなイメージのブースデザインにした。

展示会には3日間で約10万人の来場者があり、当社ブースも大勢のお客さまでにぎわった。技術研究開発部は、MiELPLAS®（みえるプラス®）で製品コンクールにも参加した。他にも下表に示す出展製品について、極めて実用性の高い開発成果を展示、解説し、来場者と意見交換を行った。

また、他社の展示を見学し、電設業界の技術動向、同業他社の開発状況などの情報収集を行った。

技術研究開発部 出展製品名
太陽光発電設備用遠隔監視システム / 当社独自の異常診断アルゴリズムを搭載した遠隔監視システム
オンサイトEL測定サービス (+ドローン) / EL測定を用いて屋外の現地(オンサイト)で太陽電池の異常箇所を特定するサービス
ToEMS / 当社独自開発中央監視制御システム
MiELCAST (みえるキャスト) / 鋳造工場向け省エネシステム
MiELDieCAST® (みえるダイカスト®) / ダイカスト工場向け省エネシステム
MiELPLAS® (みえるプラス®) / 樹脂成形工場向け省エネシステム※
SmartAPFC® / (低コスト型自動力率調整装置) / 力率推定型自動力率調整装置
アセットマネジメントツール / 設備の中長期保全計画の作成を支援するシステム

※製品コンクールに参加



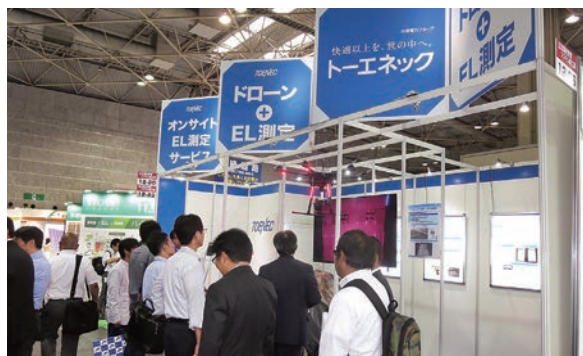
太陽光発電システム施工展

開催期間

平成29年9月20日(水)～9月22日(金)

会場

インテックス大阪



出展製品名
太陽光発電設備用遠隔監視システム
オンサイトEL測定サービス

テクノフェア2017

開催期間

平成29年10月26日(木)～27日(金)

会場

中部電力技術開発本部



出展製品名
SmartAPFC®
高調波対策キュービクル
MiELDieCAST® (みえるダイカスト®)
MiELPLAS® (みえるプラス®)

メッセナゴヤ2017

開催期間

平成29年11月8日(水)～11月11日(土)

会場

ポートメッセなごや



出展製品名
ToEMS (トエムス)
ドローンによるEL測定サービス

ENEX2018

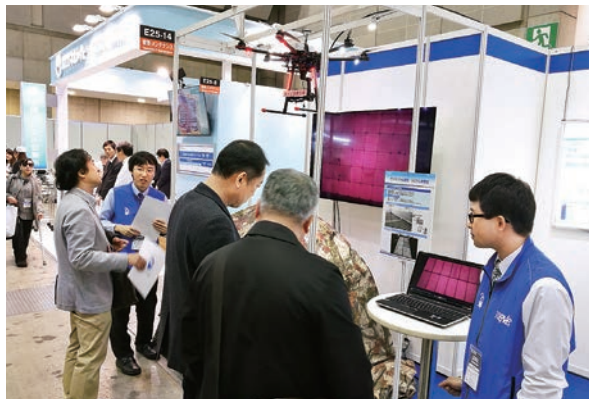
- *開催期間*
平成30年2月14日(水)～16日(金)
- *会場*
東京ビックサイト



出展製品名
ToEMS (トエムス)
MiELCAST (みえるキャスト)
MiELDieCAST® (みえるダイカスト®)
MiELPLAS® (みえるプラス®)

太陽光発電システム施工展

- *開催期間*
平成30年2月28日(水)～3月2日(金)
- *会場*
東京ビックサイト



出展製品名
太陽光発電設備用遠隔監視システム
オンサイトEL測定サービス

第3回名古屋 設計・製造ソリューション展

- *開催期間*
平成30年4月11日(水)～13日(金)
- *会場*
ポートメッセなごや



出展製品名
ToEMS (トエムス)
MiELCAST (みえるキャスト)
MiELDieCAST® (みえるダイカスト®)
MiELPLAS® (みえるプラス®)

受賞・表彰の記録

受賞日・受賞名	内 容	担当者	備 考
2018.3.23 (一社)日本電気協会 「特別功績者表彰」	樹脂成形工場向け省エネシステム 「MiELPLAS®」	古田 涼亮	



第36回電気設備学会全国大会に参加して

1 はじめに

平成30年9月4日と5日の2日間にわたり、第36回電気設備学会全国大会が福井駅前のAOSSA（アオッサ）で開催された。9月4日は台風21号が福井を直撃する悪天候に見舞われた。しかし、幸いにも大会開催時間中に台風が上空を通過したため、交通機関の乱れに伴う発表者の到着遅れにより講演順序の一部変更があったものの、大会運営には大きな影響はなく、全国大会は盛大に開催された。ちなみに、会場であるAOSSAの由来は、福井弁で「会おうね」の意味とのこと。

本稿では、筆者が聴講した一般講演の一部ととして、技術研究開発部からの発表を紹介する。なお、プログラムの詳細は、電気設備学会誌2018年8月号、または電気設備学会ホームページを参照されたい。

2 一般講演

(1) 「PC工法における避雷用新コネクタ」

発表者：大林組 昼間 和男 氏

(発表概要)

プレキャスト(PC)工法による鉄筋コンクリート造では、主鉄筋接続に機械式継手が使用される。この継手は鉄筋間が電氣的に接続されていない。そこで、鉄筋が格子状に組まれているRC造の特性を雷保護に活かすため、鉄筋間の電氣的に接続する避雷用コネクタをこれまでに開発し、雷保護システム「O-LiPROS」と命名している。本発表では、新しい避雷用コネクタを開発したことが紹介された。

開発品に対してインパルス試験や引張試験を行う、電氣的・機械的性能に問題がないことを確認した。新コネクタで電氣的に接続された鉄筋は、引下げ導線として利用できる。今後、PC工法は人手不足もあり普及すると予想されるが、現場打ちの鉄筋コンクリート工法と同じように、鉄筋を引下げ導線に使用できるメリットがある。

発表後、極めて小さいコネクタの電気抵抗の測定方法、抵抗成分以外のリアクタンス成分の考

慮、PC工法施工時の締め付けトルクの管理などについての質疑応答があった。

(筆者の感想)

PC工法という建築工法においても、雷害対策として電氣的な接続が重要であることが再認識できる内容である。PC工法自体は当社との関わりは少ないが、電氣的接続が雷対策に直結するため、当社も関わるべき技術領域である。こういった分野で当社の技術力を蓄積し、積極的に技術提案を行っていく必要がある。

(2) 狭小場所におけるテレビスタジオの接地極配置および接地設計における理論的・解析的検討と実測値との比較

発表者：関電工 谷山 祐気 氏

(発表概要)

放送設備では接地抵抗値を 1Ω 以下に低くするなどの厳しい要求がある。このため、棒状接地極と複数のメッシュ接地を組み合わせるなどの複雑な接地システムを設計する場合がある。この場合には、設計段階でより正確な接地抵抗値の推定が必要である。これまでは、従来から用いられてきた理論計算式からメッシュ接地抵抗値を計算していた。本発表ではこの理論計算値と電磁界シミュレーションを用いて算出した値を、実測値とともに比較して検証した結果が紹介された。

検証結果では、計算値が実測値よりも1.5倍程度大きめに算出され、その要因を地質の水分が影響しコンクリートが電流経路になったためと考察した。また1.5倍の差は大きく、計算値に低減率などの係数を乗じる必要があることが提言された。

質疑応答では、複数のメッシュ接地の接地抵抗測定は、隣接するメッシュ接地間の影響で実際よりも低く測定される可能性について指摘があった。

(筆者の感想)

計算値が実測値よりも1.5倍程度大きめに算出されることはいわゆる安全側に設計されていることである。しかし、コストへの影響を考えると、より精度の高い計算法を開発することが望ましい。技術研究開発部では、接地システムの電磁界シミュレーションに関する研究を行っており、将来は設計の実務にも活用できるようにしたい。



(3) 木への落雷時の雷電流を土壤の残留磁化から探る

発表者：富山大学 川野 禮矢 氏

(発表概要)

大地内の雷電流分布は、大気での放電現象と比較するとあまり研究が進んでいない。落雷時に雷電流が流れた痕跡には残留磁化があり、落雷後に残された唯一の物理現象である。そこで、富山大学構内の高さ20mのユリノキに2017年8月22日に落雷した痕跡の残留磁化を詳細に測定し、雷電流の大きさや分布を推定したという発表である。

残留磁化の方向から落雷が負極性であることや、磁化強度から雷電流の大きさを 16.8 ± 5.1 kAであることが分かった。また、雷被害を受けた機器の周辺の岩石等の磁化を調べることで、電流の方向や向きも分かる。雷被害を受けた機器の被害の詳細や、雷電流の大きさの推定誤差に関する質問があった。

(筆者の感想)

こういう研究がされていることを知らなかったため、非常に興味深く聴講した。一般的な雷シミュレーションでは、雷電流は大地に達すると球状に一樣に分布して流れると想定している。しかし、本研究で得られた結果のように電流の分布が一樣でない場合には、大地の電位上昇は想定よりも大きくなるはずである。今後雷シミュレーションでの考慮が必要である。

(4) 機能拡張を容易とした大規模プラント向け APFC盤

発表者：東芝三菱電機産業システム 芦崎 祐介 氏

(発表概要)

高圧または特別高圧で受電する需要家では、力率改善用進相コンデンサ (SC) を設置しているが、SCの投入し過ぎによる電圧上昇や力率の進み過ぎが課題である。特に数MW級のプラントでは、生産設備が多様であることに加えて、多数のSCがサブ変電所に分散設置されており、容量、設置場所、製造年代も様々である。そのため、サブ変電所毎に、力率改善よりも電圧維持を優先、古いSCを頻繁に開閉しない、などの様々なニーズがある。

SCの開閉制御には一般的には汎用品の自動力率調整装置 (APFC) が使用されるが、制御目的は力率改善のみであり、制御できるSC台数にも

制約がある。そこで、汎用プログラマブルコントローラ (PLC) を用いて、ルールテーブルに従ってSCの開閉を行うAPFC盤を開発したという発表である。

開発したAPFC盤の大きな特徴は、高調波共振現象を抑制するようにSCの投入パターンを制御することである。これを実現するために、あらかじめ詳細な高調波解析をしておき、例えばある状態から1台だけSCを投入すると共振状態になる場合には、SCを一度に2台投入するなどのルールを決めておく。

発表後には、電力系統側から流入する高調波を考慮しているか、ルールテーブルを作るのが大変ではないかななどの質疑応答があった。

(筆者の感想)

既製の汎用品を使用して設備を施工するだけではなく、お客さまのニーズに合わせて一品ものの制御装置を製作したという内容であり、当社もこのような姿勢でお客さまニーズに応えたい。また、APFCの開発という点では、技術研究開発部で開発した中小規模需要家向けのSmartAPFC[®]には汎用PLCを用いており、同様の考え方で開発である。大規模プラントではSCによる電圧変動も重要な検討事項の一つであることが分かった。

(5) 建築設備への「直流給電システム」の適用

—太陽光発電の創エネ量向上に関する評価—

発表者：清水建設 杉本 貴之 氏

(発表概要)

清水建設では、照明と空調負荷を同じで配電方式のみが異なる「AC (交流) ルーム」と「DC (直流) ルーム」を技術研究所に作り、DC給電のメリットを明らかにする研究を行ってきた。今回は、定格出力が同じ2系統の太陽光発電 (PV) から、直接ACルームまたはDCルームに分けて電力を供給し、効率などを比較したという発表である。

PV発電電力の利用効率は、AC給電ではパワーコンディショナ (PCS) の損失があるため、DC給電の方が大きい。また、PCSは夕方の低日射時に停止し、発電可能な日射があっても発電しない時間帯がある。よってAC給電のPV発電電力量はより小さくなり、結果的にDCの方がPV発電電力を25%多く取り出せると評価した。

ただし、今回の実験ではAC給電のPCSは負荷率が低かったため、PCS効率が84.3% (定格負

荷率では95%程度)と低く、AC給電に不利な条件であった。逆に、DC側のPVには最大電力追従制御(MPPT)機能がなく、DC給電に不利な条件であった。これらを総合的に評価すると、DC給電はAC給電よりもPV発電電力量を18%多く取り出せると評価した。

質疑応答では、ACかDCかの配電方式以外の条件を完全に揃えて比較することの難しさについての議論があった。

(筆者の感想)

最近PVやLED照明器具の普及に合わせて、お客さま設備の一部にDC給電を採用したいというニーズがある。しかし、本発表からAC給電とDC給電の条件を揃えて両者を比較するには課題が多いことが分かった。当社の安全創造館では、今後DC給電の実証を計画しており、DC給電のメリットを客観的に評価できる手法を確立し、お客さまニーズに応えていきたい。

(6) 照明率を利用した輝度簡易算出方法について

発表者：大林組 浦田 幸江 氏

(発表概要)

2016年に発行された日本建築学会の規準には、照明環境を評価する指標として、これまでの照度の他に輝度も盛り込まれた。一方、設計の実務者の立場では、照度を計算できるソフトウェアは数多くの種類があるが、輝度を計算できるソフトウェアは、3Dシミュレーションもできる高度なものしか存在しないという課題がある。そこで、より短時間で輝度を算出するための実用的なツールを開発したという発表である。

輝度算出にはJIS規格に記載された計算式を用いており、複雑な計算をせずに簡易的に求めることが可能である。また、実務に役立つように、国土交通省様式の照度計算書に輝度計算欄を追加した計算書を出力する機能を設けている。

開発したツールの計算結果と、高度な3Dシミュレーションソフトの計算結果を比較し、近い値であることが検証されている。

(筆者の感想)

日頃の設計業務での課題を解決する開発であり、業務効率化に寄与するものである。当社でもこのようなニーズを現業部門から多く上げていただき、技術研究開発部も協力して成果に結び付けた。

(7) 新築ビルディング電気設備データベースの最新状況と活用・分析事例

発表者：住友電設 広瀬 勝実 氏

(発表概要)

新築ビルディング電気設備データベース(D&D)は、1988年以降に竣工したビル等の電気設備の主な仕様をデータベース化したものである。これまでに累積30,000件以上の竣工物件の情報が含まれている。

1件の竣工物件に対して100種類のデータを収集しており、多様な分析が可能である。例えば、設備容量原単位の分析、変圧器需要率の想定、非常用発電機容量の算定などである。電気設備の基本計画や概要作成には十分役立つデータであり、活用してほしいとのことであった。

(筆者の感想)

筆者も調査研究業務にD&Dを活用している。このようなデータベースは空気調和・衛生工学会からも提供されており、両者が融合されることが望ましい。当社はD&Dの運用管理委員会に参加し、継続的にデータを購入している。データを活用したいなど要望があれば、営業本部設計部または技術研究開発部にご相談いただきたい。

3 技術研究開発部からの発表

今年の全国大会では、技術研究開発部から3件の発表を行った。いずれの内容も電気設備学会の各種委員会等に参加して活動した成果である。筆者は電気設備学会に限らず、電気学会などの委員会も多く参加しているが、他社の技術者との意見交換では業界の最新情報など得るものが多く、社外ネットワーク作りにも役立っている。技術研究開発部の社外に向けた活動の一端を知っていただくため、この場を借りて発表内容を紹介する。

(1) 自家用電気設備における電力品質の実態に関する調査研究 (3) - 設備機器の出荷統計を用いた配電系統高調波の将来予測 -

発表者：技術研究開発部 小林 浩

(発表概要)

近年、ビルなどの代表的な負荷機器であるビル用マルチエアコンがすべてインバータ化されたなどの要因で、高圧受電設備からの高調波流出電流

の増加が懸念されている。そこで、LED照明器具やビル用マルチエアコンなどの出荷台数や採用技術の変遷を調査し、負荷機器から高調波電流発生量の過去から現在までの経年変化を推定した。そして、モデル配電システムを用いて、過去から将来にわたっての配電系統の高調波電圧を推定し、今後、アクティブフィルタ設置や進相コンデンサへの直列リアクトル設置を進めていけば、配電系統の高調波電圧の上昇を抑制できることを示した。

本発表は、設計事務所、電気保安協会、機器メーカーなどをメンバーとした電気設備学会本部の調査研究委員会の成果である。

(2) 電力品質適正化を目的とした高圧受電設備の設計と運用に関する調査研究(その1)～高圧および低圧需要家モデルの作成～

発表者：技術研究開発部 藤田 悠

(発表概要)

送配電事業者が配電系統の高調波抑制対策を検討するには、実態に合った精度の高いシミュレーション技術を開発する必要がある。そのために、多数の高圧受電設備における電圧や電流の計測データを用いて、実態に合った高圧受電設備のシミュレーションモデル構築方法を提案し、実際にモデルを作成した。本発表後に発表された(その2)では、モデルを用いたシミュレーション結果を紹介した。高調波抑制対策としては、配電系統の末端に接続された高圧受電設備から優先して直列リアクトル設置を進めることが効果的である。

本発表は、中部電力、中部電気保安協会、名古屋工業大学などをメンバーとした電気設備学会中部支部の調査委員会の成果である。

(3) ワークショップ「LVDC(低圧直流給電システム)」TC64における標準化提案・活動状況

発表者：技術研究開発部 山本 達也

(発表概要)

日本の技術力を世界に向けて発信し国際競争力を高めるため、電気分野では国際電気標準会議(IEC)に国際標準規格を提案する活動がさかに行われている。TC64は、IECの中でも建物電気設備の感電保護に関する標準規格を扱う専門委員会(Technical Committees)であり、日本国内のTC64はこれまで電気設備学会が運営して

きた。

近年、日本では太陽光発電や蓄電池などの直流回路を含む機器の導入が進んでいるが、IECにおいても従来からLVDC(低圧直流給電システム)の標準化が進んできた。そこで、日本もデータセンタを対象とした標準仕様の提案を行ってきた。TC64ではLVDCの感電保護に関する規格審議を行っており、TC64に委員として参加している立場から、これまでの活動状況を報告した。

4 おわりに

本稿では、第36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とともに、技術研究開発部からの発表を紹介した。

毎年、大変興味深い講演が多く、研究や開発とは趣の異なる施工事例紹介などもある。このため、内線系技術者にとっては大変有用である。当社の技術者も積極的に参加していただきたい。特に、同業他社の発表を聞くことはとても刺激になると考えている。

同業他社と比較した当社の課題は、本大会での発表数が少ない点である。本大会の発表論文数(連名も含む)は、関電工25、九電工21、きんでん11、中電工8、トーエネック8、ユアテック7、であった。

本大会では、当社は現業部門からの発表が2件あったが、今後も継続的に発表していただきたい。そのため、技術研究開発部では論文作成などの支援を行っていく。

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での発表者や聴講者が増えることで当社の技術力のさらなる向上につながれば幸いである。

学会・雑誌等への発表・投稿

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
広帯域磁界センサの開発とそれを用いた空間磁界の可視化	○中村久栄(技術研究開発部)	第18回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 2017.12
複数需要家に設置された自動力率調整装置の集中制御による配電システムの電力品質改善	○小林 浩、藤田 悠(技術研究開発部)	電気学会スマートファシリティ研究会 2018.1
ドローンを活用した太陽電池のEL測定診断	青山泰宏、西戸雄輝(技術研究開発部)	月刊「電気現場」2018年1月号
酸素供給DHS法による産業排水処理 —維持管理が容易で高負荷処理や小型化も可能な技術の実現に向けて—	○近田有希子(技術研究開発部)、 川上周司(阿南高専)、 角野晴彦(岐阜高専)、 珠坪一晃(国環研)	隔月刊誌「環境浄化技術」 2018年1・2月号
熱画像によるRshの低下判定に関する研究 —複数のPVモジュールでの判定方法の検証—	○佐藤弘輝、澤田 賢、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
出力制限されたPVSの%電力量補正方法に関する研究	○牧野貴駿、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
ガラス割れモジュールのEL発光面積と短絡電流の関係	○澤田 賢、佐藤弘輝、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
周波数解析機能を有する磁界センサの開発	○中村久栄(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
負荷電流のひずみ率解析に基づく固定子巻線の軽微短絡診断	○エサキムトゥ・パンダラコン・シリナータン、 水野幸男(名古屋工業大学)、 中村久栄(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
スペクトル解析に基づく誘導電動機のベアリング損傷故障診断	○エサキムトゥ・パンダラコン・シリナータン、 増子 誠、グナセカラン・サントス、 水野幸男(名古屋工業大学)、 中村久栄(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
配電線の電圧不平衡状況とインピーダンスが電圧不平衡抑制装置の導入効果に与える影響	○猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 石井裕也、上西宏和(中部電力)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
中小規模需要家におけるメンテナンスのスマート化の課題	○小林 浩(技術研究開発部)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
蓄電池を活用したエネルギーサービスの構築検討	○小林 護(日建設計)、 小林延久(早稲田大学)、 小林 浩(技術研究開発部)、 津久井哲也(明電舎)、 杉原裕征(関電工)、 遠藤哲夫(大成建設)	平成30年 電気学会全国大会 2018.3
旋回式クロスフロー分離技術を用いた切削廃液におけるW/Oエマルジョンの機械的分離プロセス	○早津祥秀、小林信介、板谷義紀(岐阜大学)、 加藤勇治(技術研究開発部)	第28回 環境工学総合シンポジウム 2018.7
ZEBを対象とした電気設備環境影響のライフサイクル評価	○小林 浩(技術研究開発部)、 滝澤 総(日建設計)	電気学会スマートファシリティ研究会 2018.8
コージェネレーションシステムの運用最適化に関する研究 —某病院における運用結果—	○千葉理恵、棚橋 優(技術研究開発部)	平成30年度 日本建築学会大会(東北) 2018.9
コージェネレーションシステムの発電機台数制御パラメータの最適化に関する研究	○千葉理恵、棚橋 優(技術研究開発部)、 西脇 修(エネルギー事業部)、 田中英紀(名古屋大学)	空気調和・衛生工学会論文集 No.285 2018年9月号

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
御園座共同ビルにおける舞台系配線の施工	○田中正彦(中部本部内線部)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
ワークショップ「LVDC(低圧直流給電システム) TC64における標準化提案・活動状況」	○山本達也(技術研究開発部)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
音響実験室におけるノイズ対策施工事例	○中津川祐基、松下貴彦(静岡支店浜松営業所)、 稲本真吾(静岡支店技術グループ)、 細沢貴史、山本順也、東 佳史(竹中工務店)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
電力品質適正化を目的とした高圧受電設備の設計と運用に関する調査研究(その1)～高圧および低圧需要家モデルの作成～	○藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 青木 睦(名古屋工業大学)、 石井佑弥、上西宏和(中部電力)、 堀口康児(中部電気保安協会)、 松村年郎(愛知工業大学)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
電力品質適正化を目的とした高圧受電設備の設計と運用に関する調査研究(その2)～電力品質適正化を目的とした設計・運用・対策手法～	○高田尚樹、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 石井佑弥、上西宏和(中部電力)、 堀口康児(中部電気保安協会)、 松村年郎(愛知工業大学)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
自家用電気設備における電力品質の実態に関する調査研究(1) ー研究背景、直列リアクトル設置状況の分析、高調波抑制への提言ー	○梅田 誠(日本設計)、 渡邊信公(関東職業能力開発大学校)、 小林 浩(技術研究開発部)、 坂本英雄(関電工)、 前嶋康正(関東電気保安協会)、 阿部倫也(日本電機工業会)、 佐藤公則(パナソニック)、 久保田猛彦(三菱電機)、 小川農一(ダイキン工業)、 森田 潔(電気設備学会)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
自家用電気設備における電力品質の実態に関する調査研究(2) ーデータベースを用いた高圧受電設備における直列リアクトル設置状況の分析ー	○前嶋康正(関東電気保安協会)、 渡邊信公(関東職業能力開発大学校)、 梅田 誠(日本設計)、 小林 浩(技術研究開発部)、 坂本英雄(関電工)、 阿部倫也(日本電機工業会)、 佐藤公則(パナソニック)、 久保田猛彦(三菱電機)、 小川農一(ダイキン工業)、 森田 潔(電気設備学会)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
自家用電気設備における電力品質の実態に関する調査研究(3) ー設備機器の出荷統計を用いた配電系統高調波の将来予測ー	○小林 浩(技術研究開発部)、 渡邊信公(関東職業能力開発大学校)、 梅田 誠(日本設計)、 坂本英雄(関電工)、 前嶋康正(関東電気保安協会)、 阿部倫也(日本電機工業会)、 佐藤公則(パナソニック)、 久保田猛彦(三菱電機)、 小川農一(ダイキン工業)、 森田 潔(電気設備学会)	平成30年 電気設備学会 全国大会 2018.9
日射変動時の%電力量補正方法の検討	○牧野貴駿、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2018.9
STC換算後の短絡電流におけるばらつきの改善に関する検討	○山田智徳、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2018.9

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
セルの遮光面積とホットスポット発生時間に関する研究	○上田紘巨、佐藤弘輝、澤田 賢、 山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2018.9
ガラス割れモジュールの発熱に関する検討	○澤田 賢、佐藤弘輝、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2018.9
磁界計測に基づいた集中巻固定子の短絡診断	○中村久栄(技術研究開発部)	平成30年 電気学会 電子・情報・ システム部門大会 2018.9
PCSにより出力制限された%電力量の精度向上に関する一考察	○牧野貴駿、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気学会 電力・エネ ルギー部門大会 2018.9
短絡電流、開放電圧のSTC換算精度に関する検討	○山田智徳、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気学会 電力・エネ ルギー部門大会 2018.9
ガラス割れモジュールにおけるクラック面積とEL輝度の関係	○澤田 賢、佐藤弘輝、山中三四郎(名城大学)、 青山泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年度 電気学会 電力・エネ ルギー部門大会 2018.9
単相SCを用いた電圧不平衡抑制手法の実配電線における検証	○藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 青木 睦(名古屋工業大学)、 上西宏和(中部電力)	平成30年度 電気学会 電力・エネ ルギー部門大会 2018.9
複数需要家に設置された自動力率調整装置の集中制御による配電システムの電力品質改善手法	○藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)	平成30年 電気学会 電力技術・ 電力系統技術合同研究会 2018.9
巡回式クロスフロー分離技術を用いた切削廃液におけるエマルジョンの機械的分離	○早津祥秀、小林信介、板谷義紀(岐阜大学)、 加藤勇治(技術研究開発部)	第29回 廃棄物資源循環学会 研究発表会 2018.9

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に示すものが挙げられる。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。これらの情報は、各個人が技術力を高めるきっかけとなることに加え、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、社員の技術への関心を高め、会社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。

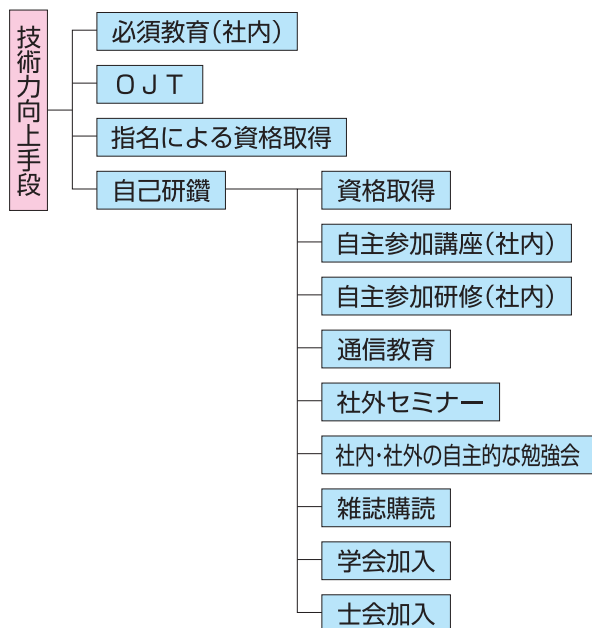


図1 技術力向上手段

表1 学会・士会

学会、士会名
電気設備学会
電気学会
空調・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、「技術研究開発部だより」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、技術研究開発部にお尋ねください。

編集後記



撮影：野寺亜希「台湾 九份の灯り」

今年の5月の連休明けから、技術研究開発部は各方面本部、支店へお伺いして、開発成果の説明会と意見交換会を開催させていただいた。このように各拠点を巡回するのは大変久しぶりであった。最近では個別の案件ごとに訪問することはあっても、このように全体の説明を行うことはしてなかった。

その意見交換の中で、研究成果や今後の研究内容、さらには私たち技術研究開発部への意見・要望を多くいただいた。以前よりも期待されていることがとても嬉しく、その責任の重大さも再認識した。

技術研究開発部が会社に貢献するためには、開発した成果を社員の皆に知ってもらうことはもちろんだが、それよりも技術研究開発部のメンバーを知ってもらうことが大切だと改めて感じた。何か困ったときなどにすぐに相談してもらえる部署になっていきたい。

これからもこのような活動は続けていこうと思う。(未)

TDLレポート 第34号

平成30年10月発行

編集

株式会社トーエネック技術研究開発部 TDL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

TDR

vol.34 2018.10 TDRレポート

快適以上を、世の中へ。

TOENEC

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

Technology D