

快適以上を、世の中へ。

TOE/NEC

中部電力グループ

TDR

TECHNOLOGY DEVELOPMENT REPORT

2021.10



vol.37

C O N T E N T S

はじめに

- 新たな付加価値の創造 3
取締役専務執行役員 水野 朝之

特別寄稿

- 電気安全のための接地の役割 4
名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授 安井 晋示

技術報告

- AIによる電力デマンド予測技術の開発 12
技術研究開発部 研究開発グループ/棚橋 優
- 金属加工工場のスカム減容化技術の開発 16
技術研究開発部 研究開発グループ/加藤 勇治
- 装柱用専用台車の開発 20
配電本部 配電技術部 工法・用品グループ/浅井 義男・北野 慎二・鈴木 建生
- ダクト風量測定方法の効率化支援ツールの開発 その2 26
空調管本部 空調管統括部 技術グループ/前田 隆弘
技術研究開発部 研究開発グループ/成瀬 仁
- 施工担当者業務効率化への挑戦 30
中部本部 内線部 技術グループ/神谷 純一
- 次世代アンドンシステム構築の設計および開発 32
岡崎支店 営業部 情報通信グループ/安藤 勝博

施工事例

- 省施工を目的とした照明制御見直しの提案事例について 36
中部本部 名南営業所 工事グループ/下平 祐輔・中島 啓
中部本部 内線部 工事第二グループ/浅井 健司
- ホテル・商業複合ビルにおける省施工への取組事例 38
中部本部 名西営業所 工事グループ/渡辺 義紘・田中 佑樹
中部本部 内線部 工事第二グループ/小林 拓矢
- ダイレクト結線端子台採用による盤の省施工、省スペース化 40
中部本部 内線部 工事第二グループ/森川 直樹・寺澤 旭弘
- 防塵対策現場での電気設備事例について 42
中部本部 名南営業所 工事グループ/伊藤 僚起
東京本部 内線部 工事第四グループ/吉田 覚
- 寄宿舎新築におけるブランチケーブルなどの採用による省施工例について 44
中部本部 名南営業所 工事グループ/山野 陵・村上 千尋
中部本部 内線部 工事第二グループ/田口 訓久
- 短工期の工場新築における、配管の仕様変更による省力化事例について 46
中部本部 内線部 工事第二グループ/松本 健
中部本部 名南営業所 工事グループ/児玉 明広・傘 康裕
- 中部電力 MIRAI TOWER（旧 名古屋テレビ塔）における電気設備改修工事事例 48
中部本部 内線部 技術グループ/小林 祐介
中部本部 内線部 工事第二グループ/猪口 秀昭
- BIMを活用したケーブル布設の取り組み 50
岡崎支店 営業部 技術グループ/福田 幹久
岡崎支店 刈谷営業所 工事グループ/児玉 晃豊・坂井 英二
- 高圧受変電設備のリニューアル事例 54
岐阜支店 営業部 技術グループ/山下 竹彦
- 電灯分電盤電圧変更後、特注照明器具リニューアル事例 58
岐阜支店 営業部 内線工事グループ/田中 篤志
- ICT（情報通信技術）機器の活用による機能検査の効率化について 62
長野支店 松本営業所 工事グループ/北澤 仁・遠藤 健・斉藤 成紀・宮坂 瑛

電気設備学会全国大会

- 電気設備学会全国大会を終えて 66
- 講演論文（当社関係論文） 68
- 発表者と連名者 102
- 一般講演の聴講報告 103

技術研究開発部だより

- 106

編集後記

- 118

快適以上を、世の中へ。

TOENEC



TDR

TECHNOLOGY DEVELOPMENT REPORT 2021.10



新たな付加価値の創造



取締役専務執行役員

水野 朝之

本原稿を執筆時点で、新型コロナウイルスの感染が、爆発的に拡大し、全国で2万人を超える新規陽性者が出ている。8月27日には、緊急事態宣言、まん延防止等重点措置の対象が拡大され、緊急事態宣言は、21都道府県、まん延防止等重点措置は、12県となった。

そんな中、遅い遅いといわれていたワクチン接種は、2回接種済みの人が人口の半数に届こうとしている。このワクチンは、アストラゼネカ、モデルナ、ファイザーとすべてアメリカ、イギリスなど海外製である。国内製は、年内に承認にこぎつけられるかどうかである。

先日、国内製の開発が遅い原因（一部であると思うが）を記した記事を目にした。それは、昭和50年代に社会問題化したワクチンによる健康被害（主に副反応、副作用）により、国内の医薬品メーカーは、ワクチンの研究開発を縮小したとのことである。さらに、海外では、ワクチンのメリット・デメリットを比較したとき、メリットのほうが大きければ、使用するという考えが強く、基礎研究が継続され、今回の早期開発につながってきたという。現在のワクチンに対する専門家の意見で、よく耳にする言葉である。しかし、当時のメーカーは、国内でのワクチン使用に関するリスクを重く見たようである。

そんな時、当社の技術開発のことを少し振り返ってみた。

技術研究開発部（当時は技術開発室）は、社名がまだ東海電気工事の時代、1985年に設立されている。その4年後、1989年（平成元年）10月トーエネックに社名変更され、経営理念が制定され、三つの理念のなかの一つが「未来をみつめ独自性を誇りうる技術の展開をめざす」である。さらに、この時は、バブル景気の直前で景気が上向きの時代であり、当社もこの後、本店別館の新築、教育センターの新築など、大きな投資をしていくこととなった。

技術開発室の当初の研究は、高調先生など電力品

質にかかわるものや、ビル監視制御システムなど、計測・監視・制御にかかわるものが主流であった。その後、業務支援のツール開発など、研究課題は多岐にわたっていった。ちなみに、配電（架空線）部門では、昭和から平成への時期は、現在工法の主流となっている仮送電工法の開発に、プロジェクトを組んで、注力していた。

その後、2005年に技術開発室を中心として、現業各部門からの委員を加えて、技術開発委員会が発足した。私も、何年か委員として参加したことがあるが、研究予算の全体的調整と、実績管理が主体であったように感じていた。本来は、現業部門と技術開発部門が連携し、現業部門がお客さまに提案できる（商売になる）技術、現場が効率的になる技術の開発に寄与するためだったと考えるところである。

私が委員在籍中に、現場で役に立つ技術の開発に注力する方向が示され、以降、徐々にではあるが、各現業部門のニーズが研究に反映され、研究成果が現場に反映されてきたと感じている。

先般、政府が2050年カーボンニュートラルの方針を打ち出し、大きな話題となっている。各企業の対応には温度差があると思われるが、設備の更新や建物の新設・更新時には、省エネや創エネの要求が強まることは間違いなさであろう。当社は、設計時から要求に見合う機器の選定など、トータルコーディネートの力量が試されることとなる。

当社の施工現場からの技術的ニーズは、多様な分野の知見・技術の集合から成り立っている。現場サイドは、技術研究開発部の存在意義を認識し、技術的課題の解決の拠り所とし、常に相談を持ち掛け課題解決することが第一歩であるが、お客さまのニーズを肌で感じている現場サイドの声が技術研究開発部に届き、技術研究開発部の知見のみだけでなく、メーカーや大学など、様々な技術・研究成果などをコーディネートし、新たな価値を生み出していくことに期待するところである。

電気安全のための接地の役割

名古屋工業大学
大学院工学研究科 教授

安井 晋示



1. はじめに

電気設備事業者にとって、電気安全は考慮すべき最も重要な事項である。これは、電気設備を利用する人に危害を及ぼさないのみならず、電気設備そのものを故障させないことも含まれる。このための手段として接地が重要な役割を果たす。

本稿では、低圧電路を対象として、電気安全のための接地の役割を述べる。

2. 低圧電路の保安接地（感電保護）

低圧電路における電気安全を目的とした接地は、系統接地と低圧機器の露出導電性部分の保護接地からなる。系統接地とは、低圧回路へ高圧電流が侵入して低圧側設備や低圧負荷機器への損傷を防ぐため、低圧側へ侵入した高圧電流を変圧器の2次側直下で大地へ逃がすために行われる接地方式をいう。また、保護接地とは、低圧設備や電気機器の露出導電性部分において、絶縁破壊時に発生する接触電圧を低減するとともに、漏電遮断器などの保護器の動作精度を高めるために、露出導電性部分を直接あるいは系統接地を通して大地へ接続する接地方式をいう。

電気安全において、これらの接地は重要な役割をもつ。

2.1 系統接地

わが国の技術基準には、電路絶縁の原則があり（電技解釈第13条）、わが国最初の電力供給事業（明治20年）では低圧電路は非接地であった。電力の需要増大とともに、高低圧混触事故により低圧側の機器が絶縁破壊し、感電死傷事故が多発した。そのため、混触事故時においても低圧電路の対地電圧を制限するために、低圧電路電源起点部での接地方式が確立されてきた。（図1）

1911年（明治44年）に電気事業法が制定され、同年に「電気工事規定」が交付され、ここでの電路の接地抵抗は、大地との間で150V以上の電位差を発生させない値とすることと規定された。（電技解釈第17条）この「150V」という値は、「乾燥した場所では人と大地との間の接地値が大きく、感電しても致命的な電撃を受けることが少ない…という安全電圧の閾値」として、当時決定された。これが、わが国の電気安全基準の根幹として現在へ受け継がれて、電路絶縁の原則と並ぶ基本理念となっている。この系統接地の名称は、わが国においては当時の名称である第二種地線工事から、1954年に第二種接地工事、1997年にB種接地工事と変遷している。

また、系統接地線は、地絡故障電流を系統側に戻す重要な役割があるので、その機械的強度・耐食性・電氣的要件を適切に設定する必要がある。

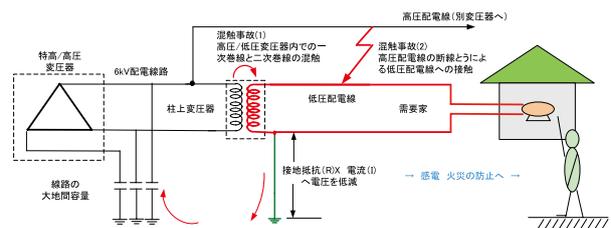


図1 系統接地による低圧電路の対地電圧の制限

2.2 保護接地

低圧電路に系統接地が施されることにより、低圧の電気機器等が絶縁破壊を起こすと、電気機器の露出導電性部分に対地電圧を生じる。そこに人が触れると人体を通して故障電流が流れ、感電事故となる可能性が生じる。このように、人が接地線の代わりとなることを避けるため、低圧側機器の露出導電性部分を接地することとし、これを保護接地という。

保護接地は、低圧機器の故障時における露出導電性部分の対地電圧、すなわち接触電圧を制限す

るとともに、故障電流を系統接地側に確実に戻すことで、漏電遮断器の動作確実性の向上にきわめて重要な働きをする。

保護接地が接触電圧の低減に寄与する仕組みは、接地系統の種類により異なる。図2に接地系統の種類を示す。[1] TN系統は、保護接地極と系統接地極を共用する系統であり、保護接地線(PE導体)を中性線を介して系統接地極に戻す方式(TN-CS系統)と個別に戻す方式(TN-S系統)がある。TT系統は、保護接地極を系統接地極とは別に施設する方式である。

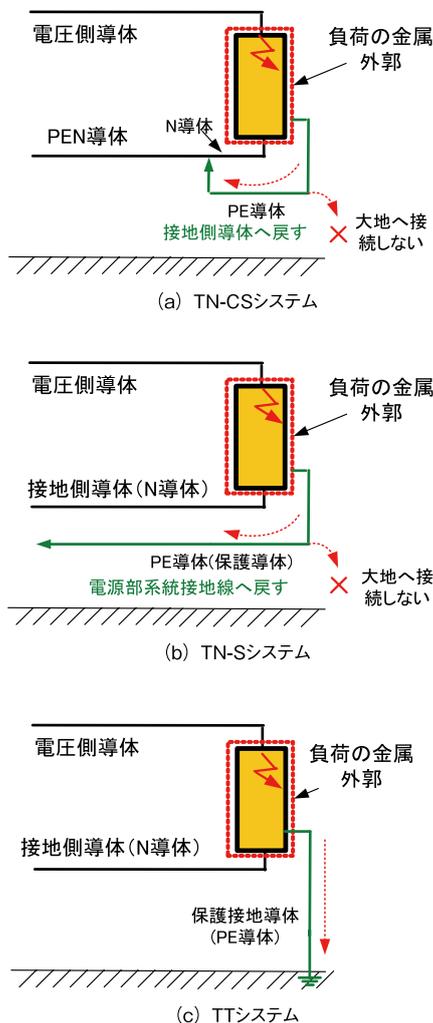


図2 低圧系統の種類

地絡故障時におけるTN系統での接触電圧 (U_t) は、故障ループインピーダンスが線導体インピーダンス (Z_L) と保護導体インピーダンス (Z_N) の和となることから、電源電圧 U_0 を各インピーダンスで分担することになり、 U_0 の半分の $1/2U_0$ となる。(図3) 他方、TT系統での接触電圧は、電源電圧 U_0 を系統接地抵抗と保護接地抵抗で分担し、 $U_t = U_0$

$\times RD / (RB + RD)$ となる。(図4) 仮に、 $RD \gg RB$ の場合は、 U_t はほぼ U_0 と等しくなる。

わが国では、明治44年(1911年)の「電気工事規定」において、第一種地線工事(現在のA種接地)の 10Ω が規定され、大正8年に第三種地線工事(現在のD種接地)の 100Ω が規定され、接地系統としてはTT系統を採用してきた。当時は漏電遮断器による保護はなく、安全電圧としての接触電圧の低減を目的としていた。

現在は、図5に示す安全電圧を確保できるように、故障電流を確実に戻し、漏電遮断器の動作時間に対応して接地抵抗値を確保する必要がある。したがって、系統接地線と同様に、保護接地線についても、その機械的強度・耐食性・電気的要件を適切に設定する必要がある。



図3 TN-CS系統の地絡故障電流ループ

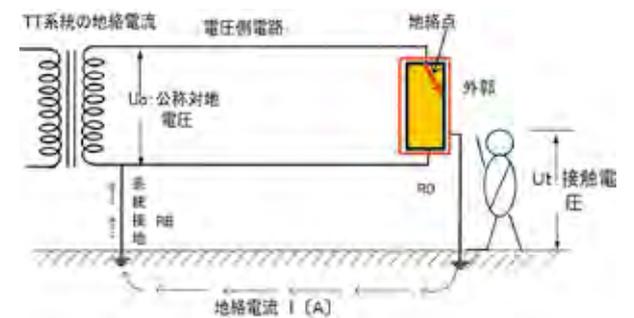


図4 TT系統の地絡故障電流ループ

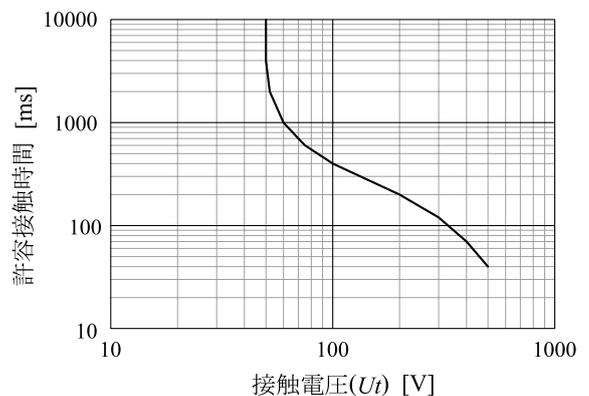


図5 接触電圧と許容接触時間の関係[2]

3. 低圧電気設備の保護

電気安全では、日常的に人が直接扱う低圧電気設備の保護も重要である。このための手段として、過電流保護と過電圧保護がある。過電流の発生要因には、過負荷と短絡がある。過電圧の発生要因には、商用周波過電圧とサージ過電圧がある。

3.1 過電流保護

低圧電路の容量に対して電気を使いすぎると過負荷となり、電線の発熱により火災に至る危険がある。また、低圧機器で絶縁破壊が生じると、配線には瞬時的に短絡電流が流れる。接地線を含む配線では、これらの過電流に対して過電流保護装置を確実に動作させるために、負荷容量に見合ったサイズの配線設備を設計することが重要である。

具体的には、回路における最大需要電力、不等率、過電流遮断器が動作するまでの間の異常時に生じるおそれのある電流などを考慮して回路の設計電流を求め、それを十分上回る許容電流となるような配線設計を行う。

3.2 商用周波過電圧保護

低圧機器には、様々な要因で通常の電路電圧よりも大きな過電圧が発生する。

高圧側の地絡や高低圧混触など高圧側での故障事故や、低圧側の地絡事故などによって、低圧機器側に商用周波数の過電圧が発生する。また、スイッチなどの開閉時や雷によって過渡的なサージ過電圧が発生する。

図6に高圧側の1線地絡事故により低圧側に生じる過電圧を示す。また、図7に高低圧混触事故により低圧側に生じる過電圧を示す。わが国では、電力供給事業者の責任において、低圧電路の対地電圧(U_1, U_2)が150V以下となるようにB種接地極の抵抗値を管理する必要がある。また、IECでは250Vであり、IEC、電技ともに、それぞれの遮断時間に対する緩和措置がある。(図8) [3]

なお、ビルなど建物構造体では、図6(a)の点線で示すように、高圧側のA種接地極と低圧側のD種接地極の保護接地を鉄筋や鉄骨を利用して共有することが一般的である。この場合は、高圧側の地絡時においても低圧設備の導電性外箱に危険電圧(U_f)が生じる。IECでは、高圧側の地絡事故の際の地絡電流の継続時間に対して、図9に示す対地電圧基準(U_f)を満たすように、接地抵抗値 R_A を適切に

設定することを規定している。

また、TT系統では、混触事故時において低圧設備の導電性外箱に危険電圧は生じないと考えられるが、図7(a)の点線で示すように、B種接地も共用する場合には危険電圧が発生する。したがって、この場合には、建物構造体と低圧機器外箱との電位差を安全電圧の50V以下となるように、共有した接地抵抗値を設定する必要がある。

低圧側の地絡故障によっても、低圧側に過電圧が生じるが、これは、設備を利用する需要家側で絶縁抵抗管理などによって設備の健全性を維持することが重要である。

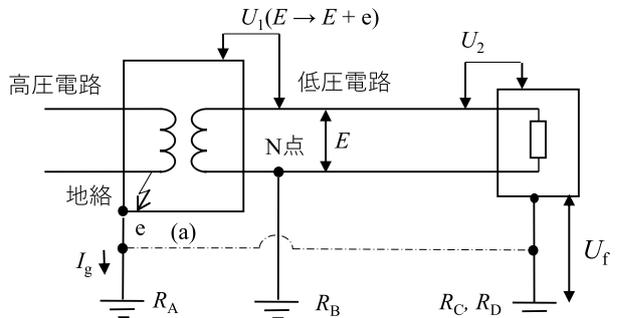


図6 高圧側1線地絡により低圧側で生じる過電圧

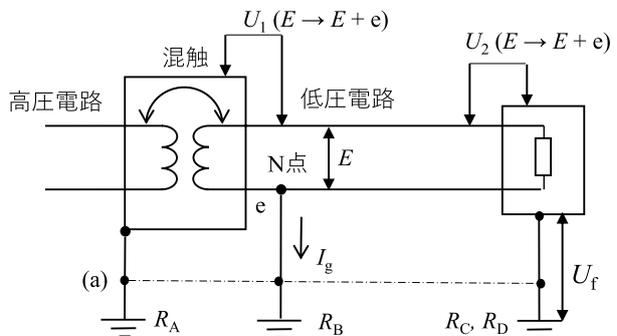


図7 高低圧混触により低圧側で生じる過電圧

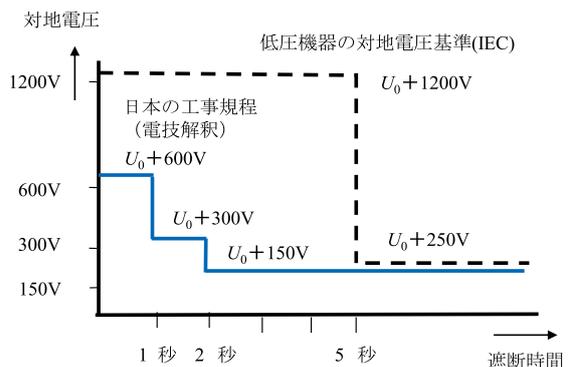


図8 低圧設備 (U_1, U_2) の対地電圧基準

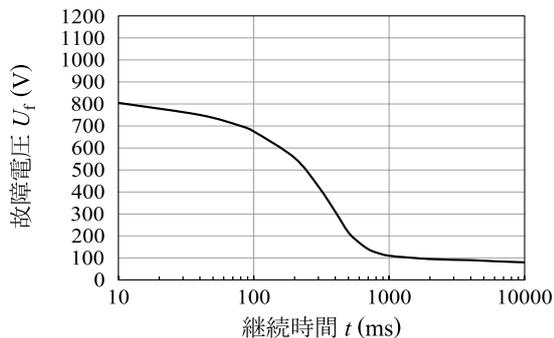


図9 IECにおける低圧機器外箱(U_f)の対地電圧基準

3.3 雷サージ過電圧保護

低圧の電路には、遮断器や開閉器による回路の開閉操作により開閉サージが発生する。また、落雷などに起因する雷サージ過電圧が発生する。一般的には、開閉サージよりも雷サージによる過渡過電圧は大きい。ここでは、雷に起因する過渡過電圧に対する保護手段を述べる。

1) 配電線伝搬雷サージ

低圧の電路に関して、電技解釈では雷サージ対策に対する規定はされていない。IECでは、電気設備が設置される場所に応じた過電圧カテゴリを設定し、各過電圧カテゴリに対応したインパルス耐電圧を電気設備にもたせるよう規定している。[3]そして、電気設備事業者は、電気設備が設置される施設の用途や設置環境などからリスクレベル(CRL)を想定し、SPD(Surge protective device)などを利用して過渡過電圧を低減するための特別な措置が必要か否かを判断する。(図10)

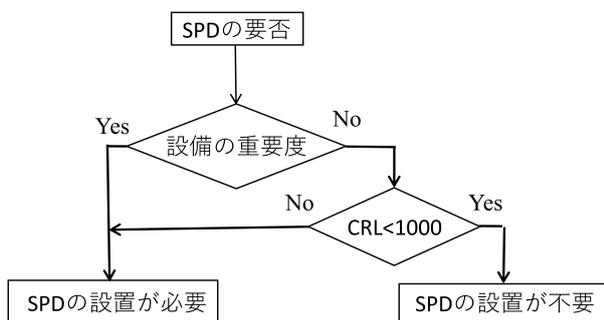


図10 過電圧抑制対策の要否選定フロー

施設の需要度は、人命に関する重要な機器(安全設備や病院の医療施設など)、公共サービスに関する重要な機器(公共施設、文化財、ITセンター、博物館など)、商業または工業活動に関する重要な機器(ホテル、銀行、工場など)には、大気現象に伴う過渡過電圧に対する保護が必要である。

リスクレベルは、施設的环境(都市部、農村部)、落雷密度、低圧引き込み線の種類(架空・地中)と長さから算定し、基準(1000)未満となれば大気現象に伴う過渡過電圧に対する保護が必要となる。SPDの選定や施設方法は、関連するIEC規格(IEC61643シリーズ)を参照する。

2) 直撃雷

直撃雷に対して低圧機器を保護することは容易ではない。しかしながら、データセンターや病院など重要な施設においては、電気設備事業者として対策を行うことは責務であろう。建物内の電気および電子システムに対する雷保護は、IEC規格に準拠した国内規格(JIS Z9290-4)に示される。[4]その概要を以下に示す。

- ①落雷からの影響度を考慮して、建物内で雷保護ゾーン(LPZ:Lightning Protection Zone)を設定し、LPZの境界面にて雷に起因する電磁界の遮蔽や雷電流、雷サージなどを低減する対策を行う。
- ②雷電流により発生する磁界の影響を低減するために磁気遮蔽を行う。具体的には、建物の鉄筋などの構造体を利用して、建物全体や室などを空間的に遮蔽する方法、遮蔽層を有するケーブルの使用や金属製の電線管内にケーブル配線する方法、雷電流により誘導されるループ面積を極小化する方法がある。
- ③接地側へ流出する雷電流による対地電位の上昇を制限するため、接地抵抗はできるだけ低くする。また、電気設備に施される各種の接地極間の電位差を小さくするため、共通接地とするなども含め、等電位ボンディングを施す。
- ④雷サージによる電気機器等の被害を防止するため、避雷器などのSPDを設置する。SPDの選定に当たっては、侵入する雷サージの特性(大きさ、継続時間など)、保護する機器の過電圧耐量などを考慮する。

4. 雷保護設計技術の高度化に向けて

これまで述べてきた低圧設備の安全保護において、感電保護、過電流保護、過電圧保護での電技解釈での規定を順守することは当然であるが、必須規定としては示されない雷過電圧に対する配線設計技術の確立も重要である。一方で、IECの雷保護規格を用いて定量的な配線設備設計を行うには、かなり煩雑な作業となり実用的とはいえない。そこで、ここでは、日本で多く採用されているTT系

統を対象として、低圧配線に生じる雷過電圧の簡易な評価手法構築に向けた研究内容を紹介する。

4.1 TT系統での各階分電盤に生じる雷過電圧[5]

20m×20m×20mの4階建てビルの3次元電磁界解析モデルを構築し、屋上に受電設備を配置した。(図11) B種接地線とA種D種共用接地線は、同じEPS(Electric pipe shaft)を通して、各接地極から屋上の受変電設備に配線している。各階分電盤には、屋上の受変電設備からD種接地線と中性線(N相)を個別に配線している。

各接地極の位置をビルの外側2.5m (P1)、内側2.5m (P2)、そしてビル中心部(P3)に埋設したケース(図12)について、ビル屋上の角に直撃雷(100 kA, 10/350μs)を受けたときに各階分電盤に生じる雷過電圧を解析した。(図13) 各階の接地線間に発生する雷過電圧は、各階層とも同じ値となり、雷電流に伴う大地電位分布により生じる接地極間の電位差がそのまま生じる結果となる。また、その過電圧は、接地極をビル中心部に埋設するほど大きく低減できる。これは、ビル構造体がファラデーケージを構成し、電磁界がケージ内に侵入しにくくなることで、ビル内部の大地内の電位分布が緩和されることによる。

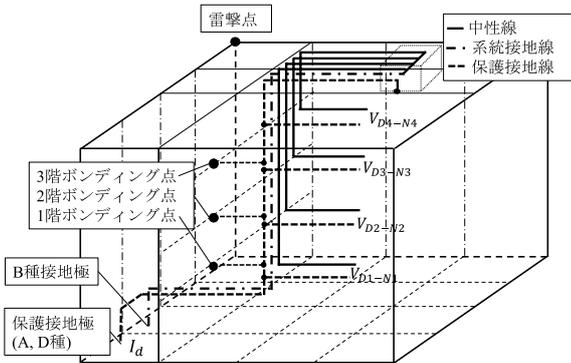


図11 分電盤過電圧電磁界解析モデルにおける配線図

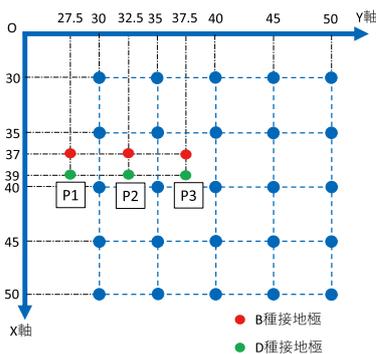


図12 B種、D種接地極の埋設位置

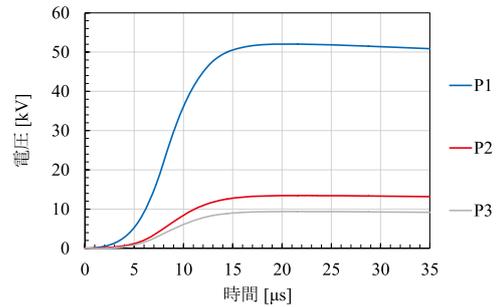


図13 各接地極の埋設位置による各階分電盤に生じる雷過電圧

大地内(大地抵抗率: ρ)に埋設された棒状電極(長さ l , 埋設深さ t)に電流(I)が流れることで生じる、任意地点の電位 U_{ro} は以下の式で算出できる。ここに、 x は水平距離で、 z は深さ方向の距離である。

$$U_{ro}(x, z) = \frac{I\rho}{4\pi l} \left\{ \ln \frac{l+t-z+\sqrt{x^2+(l+t-z)^2}}{t-z+\sqrt{x^2+(t-z)^2}} \right. \\ \left. \ln \frac{l+t+z+\sqrt{x^2+(l+t+z)^2}}{t+z+\sqrt{x^2+(t+z)^2}} \right\} \quad (1)$$

ビル構造体の杭とD種接地極を介して大地に流出される雷電流によって、B種D種接地極間に生じる電位差を、この式を用いて電位干渉法によって計算できる。表1は、電磁界解析によって得られた電位差と干渉法によって計算した電位差を示す。その差は10%以内の精度で合致している。電磁界解析では、解析モデルの作成と解析に多大な労力と時間を要するが、干渉法を用いれば瞬時に結果が得られ、接地極の埋設位置から各階分電盤過電圧を簡易に評価できる。

表1 電位干渉法で算出した雷過電圧の評価

接地極埋設位置	導出	接地極間電圧ピーク値 [kV]	誤差 [%]
P1	算出式	58.5	9.6
	電磁界解析	53.4	
P2	算出式	15.1	9.7
	電磁界解析	13.8	
P3	算出式	10.9	8.8
	電磁界解析	10.0	

4.2 TN系統での各階分電盤に生じる雷過電圧[6]

前節で述べたように、TT系統では、ビル落雷時にB種とD種の接地極間に電位差が生じ、各階分電盤での接地線間に数10kVもの過電圧が発生する可能性がある。このための対策として、各接地線間にSPDを設置して、過電圧を抑制する対策を行う。

しかしながら、大規模なビルになると、幹線の分岐も多くなり、各階の分電盤の数も多くなる。この場合に、すべての分電盤にSPDを設置すると費用がかさみ、合理的な設計とはいえない。そこで、受電設備内にSPDを設置して、各階分電盤に生じる過電圧を抑制する対策を検討した例を紹介する。

前節と同様のビル電磁界解析モデル（図11）を用いて、屋上の受電設備において、図14に示すようにB種とD種接地線間にSPDを配置し、各階分電盤過電圧を解析した。雷撃点において、雷電流（25 kA, 1/100 μs）を注入した際の解析結果を図15に示す。受電設備での接地線間過電圧は、SPDの制限電圧（約700V）に抑えられるが、各階分電盤過電圧は数kVの値となり、十分に抑えきれない。この理由は、D種接地線の構造体とのボンディング点から接地線に雷電流が侵入し、各接地極に向かって雷電流が流ることによる。（図16）この雷電流の値と、配線のループインダクタンスに伴う電磁誘導によって、電流峻度に応じた過電圧が発生する。

例えば、図17に示す配線において電流*i*が流れる際には、配線が作るループ面積を横切る鎖交磁束によって、(2)式で示すループインダクタンス(*L*)が生じる。

$$L = \frac{\Phi}{i} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} (1nb - 1na) \quad (2)$$

この配線に流れる電流の峻度を di/dt とすると、配線の末端には、(3)式で示す誘導過電圧が発生する。

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

この誘導過電圧を低減するためには、配線に流れる電流を小さくするか、鎖交面積を小さくするなど電磁影響の遮蔽対策が重要となる。

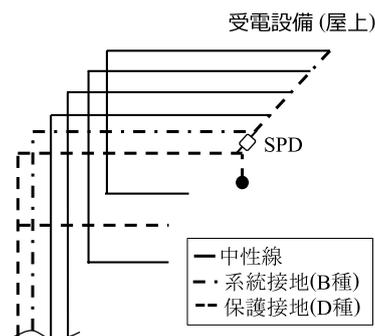


図14 受電設備での接地線間のSPDの設置

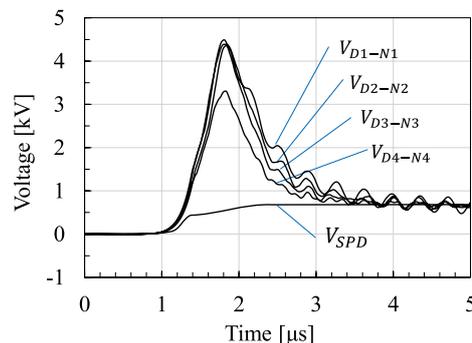


図15 各階分電盤過電圧の解析結果

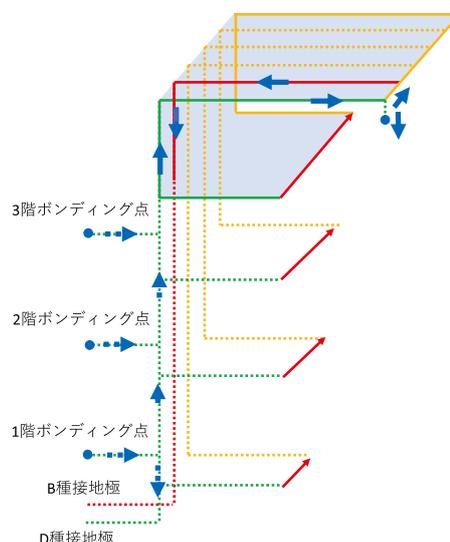


図16 構造体から接地線への雷電流の侵入

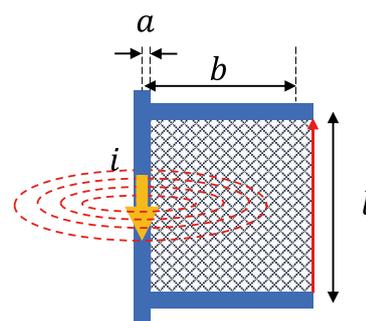


図17 配線によるループインダクタンス

過電圧の抑制方法として、雷電流が流入する配線を金属ラックまたは金属管で覆う対策が有効である。図18に各遮蔽対策を示す。金属ラックや金属管で覆う場合は、ボンディング点からの接地線と金属ラックや金属管を接続することが重要で、それによって、接地線に流入する雷電流を大きく低減できる。また、各遮蔽によって誘導ループを形成する面積も抑制でき、各階分電盤に生じる過電圧を大きく低減できる。（図19）

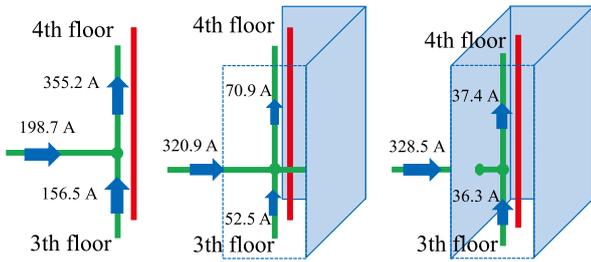
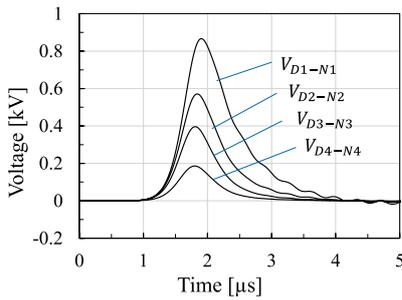
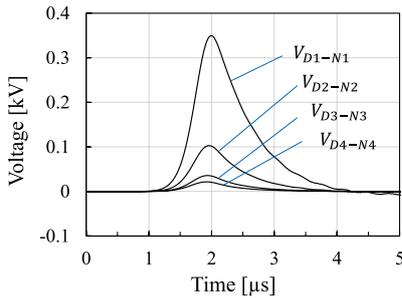


図18 配線の金属ラックおよび金属管での遮蔽対策



(a) 配線に金属ラックを施した場合



(b) 配線に金属管を施した場合

図19 各階分電盤に生じる雷過電圧

また、別の対策として、雷電流が侵入する接地幹線と、各階分電盤に配線する電源系の配線を別々のEPSで配線する対策も有効である。図20に配線ルートを変更した解析モデルを示す。各階分電盤に配線する電源系の接地線には雷電流が流れないので、それに伴う誘導電圧は発生しない。唯一、屋上の接地線にのみ雷電流が流れ、それに伴う誘導過電圧が各階に等しく生じる。(図21)したがって、誘導過電圧をさらに低減するためには、屋上部分の配線の電磁遮蔽を施せばよい。

このように電気設備の配線を設計することで、無用にSPDを設置することなく、効果的に雷過電圧を抑制することができる。

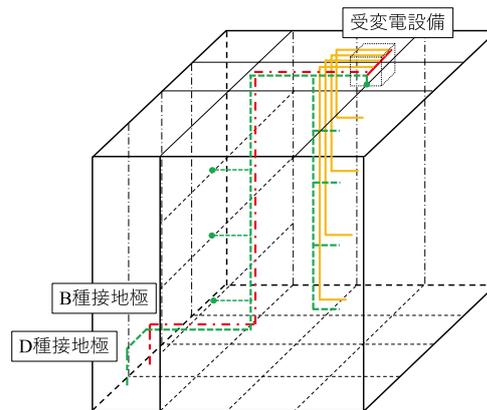


図20 配線ルートの変更による過電圧低減対策

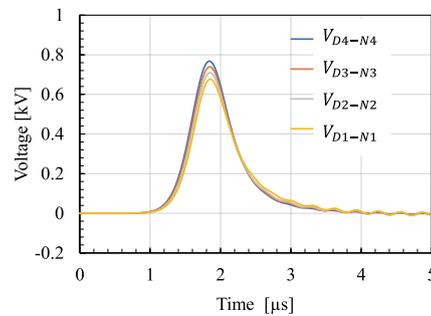


図21 各階分電盤に生じる雷過電圧

5. まとめ

低圧回路における接地の役割について解説した。日本の低圧回路は、世界で稀にみる100Vという低い電圧で運用されている。このため、必然的に回路の対地電圧が150V以下となり、低圧側の事故リスクが少なく、接地に対する認識が薄くなりがちである。しかしながら、本稿で解説したように、接地は感電保護のみならず、低圧機器の故障保護にとっても極めて重要な役割を果たすので、規格の理論に立ち返って理解を深められたい。さらに、商用周波数に対する安全保護のみならず、雷など過渡過電圧に対する保護技術にも認識を深めていくことが重要である。

参考文献

- [1] IEC60364-4-41, "Low-voltage electrical installations-, Part 4-41, Protection for safety- Protection against electric shock," 2018.
- [2] IEC1200-413, "Electrical installation guide- Part 413: Protection against indirect contact - Automatic disconnection of supply," 1996.
- [3] IEC60364-4-44, "Electrical installations of buildings-, Part 4-44, Protection for safety- Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances," 2018.
- [4] IEC 62305-4, "Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems with in structures," Ed 2, 2010.
- [5] 小木曾将人, 小森駿矢, 安井晋示, 山本達也, 小林浩: ビル直撃雷による接地線間過電圧発生メカニズムの考察, 電気学会論文誌B, IEEJ Trans. P.E. Vol.140, No.3 pp.198-203 (2020)
- [6] S. Yasui, S. Komori, T. Yamamoto, and H. Kobayashi: Reduction measures of the overvoltage in the TN system of a building struck directly by lightning, IEEE Trans. EMC, DOI:10.1109/TEMC.2021.3102976 (2021)

【略 歴】

- 1989年 名古屋工業大学大学院電気情報工学専攻
修了
- 1989年 財団法人電力中央研究所 入所
- 2005年 財団法人電力中央研究所 退職
- 2005年 名古屋工業大学大学院工学研究科
助教授就任
- 2017年 同 教授 現在に至る

AIによる電力デマンド予測技術の開発

1 はじめに

電力デマンドとは、高圧・特別高圧の需要家における「30分間（デマンド時限：毎時0分～30分、30分～60分）の平均使用電力[kW]」である。需要家に設置されたデマンド計により、1ヶ月間の電力デマンドの最大値（最大デマンド値）を記録し、その月を含めた過去1年間において、月の最大デマンド値の最も大きな値が契約電力となり基本電力料金の計算に使用される。

多くの需要家では、契約電力を超過しないように電力デマンド監視が行われている。電力デマンド監視では、常に電力デマンド値を計測し、予め設定した目標値を超過しそうになると警報を発信し、負荷設備を停止するなどの対策を講じる。電力デマンドが目標値を超過するか否を判定するためには、電力デマンドの予測が必要であるが、電力デマンド予測に誤差が生じる場合、間違った警報判定がなされる。その結果、使用電力が目標値に達するにも関わらず警報が発信されずにデマンドが超過する、もしくはデマンドに余裕があるにも関わらず警報が発信され不要な負荷抑制を行ってしまう問題がある。特に、一時的かつ過大な電力負荷の増加時に、不要な警報通知と負荷設備の抑制を実行する可能性が高い。

このような不要動作（警報通知や負荷設備の出力抑制）を避けるため、特定の時間帯は警報を発信しない等、警報判定には様々な条件が加えられる。しかし、電力デマンド予測の精度向上は取り組み段階であり、予測手法を改良した製品はまだほとんど見られない。そこで当社では、予測精度の向上を目的として、電力デマンド予測をAIで行う独自の検討を実施した。従来の予測手法と2種類のAI手法を比較し、AIの有効性と、AIの適切な活用方法を明らかにした。

2 従来の電力デマンド予測方法

従来の一般的な電力デマンド予測は、図1および(1)式に示す線形近似による予測である。図1はデマンド時限内の時刻経過に対する電力デマンドの推移を表している。電力デマンド予測とは、図におけるデマンド時限30分の電力デマンド（予測電力）を予測することである。予測電力があらかじめ設定した目標電力を越えている場合、電力

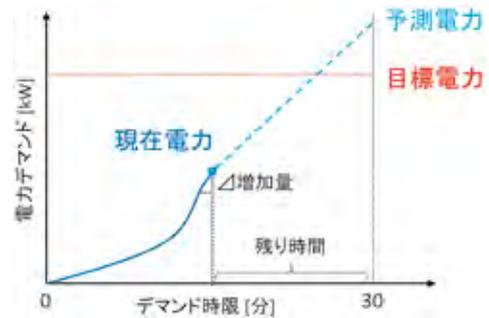


図1 従来の電力デマンド予測手法

$$\text{予測電力 [kW]} = \text{現在電力 [kW]} + \Delta \text{増加量 [kW/分]} \times \text{残り時間 [分]} \quad (1)$$

デマンド超過と判定する。線形近似では、増加量が一時的に大きく変化すると予測が外れやすくなる、残り時間が短いと予測が当たりやすくなるといった特徴が推測できる。なお、本検討では1分毎に線形近似による予測が実施される状況を想定する。

3 AIによる電力デマンド予測方法

3.1 適用したAI手法

電力デマンド予測を行うAI手法として、アルゴリズム作成の容易さや学習に要する時間を考慮し、ニューラルネットワーク（NN）、およびランダムフォレスト回帰（RFR）の2種類の手法を採用した。これらはpythonの無償で使用できるライブラリ「chainer」もしくは「scikit-learn」を用いて構築した。線形近似と同様に1分毎に予測を実施する。

3.2 入出力データ

AIに用いる入出力データの項目を表1に示す。データは全て1分値である。

入力データは、実際の電力デマンド監視において予測時に用意可能なデータである必要がある。この点に注意しながら、線形近似で用いるデータ、および暦や外気温、設備の消費電力など、線形近似では考慮できない要素を入力データとした。さらに、線形近似による予測結果も入力データに加えた。

用意した入力データをAIに適した形式にするため、学習の前に、文字列のデータは項目を0か1で表現するカテゴリ化を、数値データは(2)式に



示す標準化を実施した。ライブラリ「scikit-learn」にはこれらの前処理を行う関数も含まれている。

$$Z = \frac{(\text{データ値} - \text{データ群の平均})}{\text{データ群の標準偏差}} \quad (2)$$

4 電力デマンド予測精度の比較検証

4.1 検証手順と対象とした物件

AI手法であるNNおよびRFRと、従来手法である線形近似の3手法による予測を行い、それぞれの予測精度を評価した。

初めに、表2に示すように、入出力データを評価データと教師データに分類した。評価データは曜日が偏らないように、全体から一部を抽出したデータである。残りの教師データはAIが学習を行うためのデータである。線形近似を含む全ての予測は評価データで実施する。対象とした物件は、当社の事務所ビルである教育センター（物件A）、本店本館（物件B）、安全創造館（物件C）の3件である。表3にAIに用いた各物件のデータ取得期間を示す。また、各AI手法のハイパーパラメータは、試行錯誤により表4に示す値とした。

4.2 予測時点別の検証結果

実績値に対する予測誤差の大きさを評価するため、3手法による予測結果を、(3)式に示す絶対値誤差率に換算し、デマンド時限内における予測するタイミング（予測時点：0分～29分）別に整理した。例えば、予測時点0分の場合は30分先を、予測時点が10分の場合は20分先の電力デマンドを予測することを意味する。

$$\text{絶対値誤差率}[\%] = \frac{|\text{予測値}[\text{kW}] - \text{実績値}[\text{kW}]|}{\text{実績値}[\text{kW}]} \times 100 \quad (3)$$

表1 入出力データ

データ項目	
入力データ	現在の電力デマンド[kW]
	1分前からの電力デマンド増加量[kW]
	現在の月
	現在の時
	現在の曜日（平日または休日）
	現在の気温[°C]
	30分前の電力デマンド[kW]
	需要家設備の消費電力[kW]
	前デマンド時限の電力デマンド[kW]
	線形近似（従来手法）による予測値[kW]
出力データ	電力デマンド[kW]（予測対象）

(1) 物件ごとの検証結果

各物件における予測時点別の絶対値誤差率の中央値を図2に示す。予測時点が予測対象の30分に近づくほど予測誤差は小さくなる。

物件Aでは、予測時点0分～20分で、AIの誤差率の方が小さい。NNとRFRに大きな差はなかった。

物件Bは、物件Aよりも全体的に誤差率が高い特徴がある。物件Bでは、予測時点0分～10分で、AIの誤差率の方が小さい。物件Aよりも線形近似と比べAIの精度が悪くなったが、この理由は物件Bのデータ不足が考えられる。NNとRFRを比較すると、RFRの誤差率の方が全時刻の中央値で0.25%小さかった。

物件Cの全体的な誤差率の大きさは、物件Bと同程度である。物件Cでは、予測時点0分～20分で、AIの誤差率の方が小さい。特に予測時点0分におけるRFRと線形近似の誤差率の差は、本検証の中で最大となった。物件Aよりも誤差率改善の余地があり、物件Bよりもデータ数が多く、AIの効果が大きく表れたと考える。NNとRFRを比較すると、RFRの誤差率の方が全時刻の中央値で0.36%小さかった。

(2) 予測時点別のAIの評価

線形近似とAIを比較すると、予測時点が小さい場合（デマンド時限開始直後）は、AIの予測精度の方が良い。一方、予測時点が大きい場合（デマ

表2 評価データと教師データの分類

分類	選定方法
評価データ	毎月1日、11日、21日
教師データ	全データから評価データを除いたデータ

表3 対象物件のデータ数

物件	データ数
A 教育センター (クリエイトホール含む)	2007年1月1日 ～ 2018年12月31日 (12年間)
B 本店本館	2019年1月31日 ～ 2019年11月27日 (約10か月間)
C 安全創造館	2018年1月1日 ～ 2019年12月31日 (2年間)

表4 AIのハイパーパラメータ

手法	項目	パラメータ
NN	隠れ層の数	1
	ノード数	30
RFR	決定木の数	50
	決定木の最大深さ	50

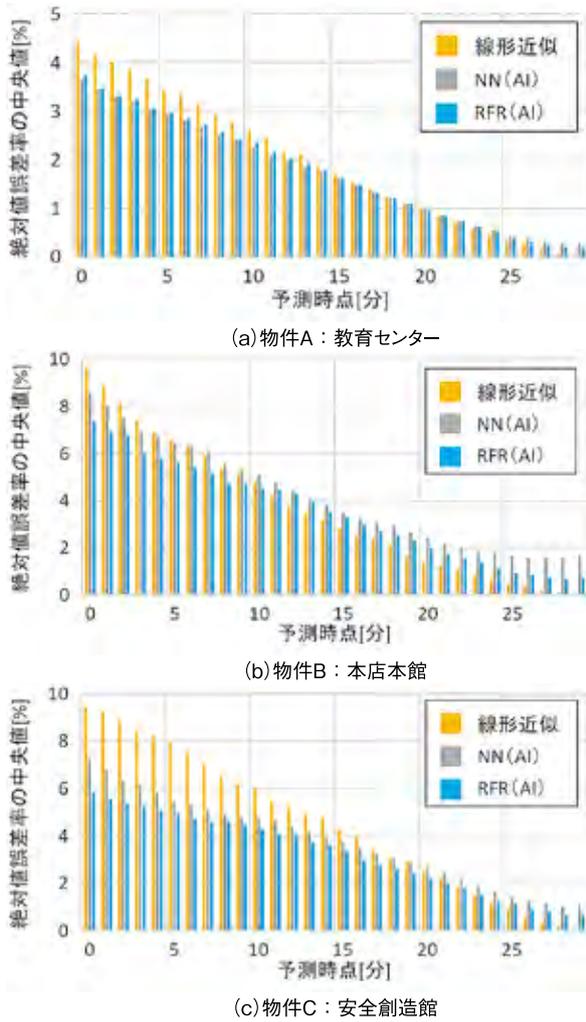


図2 物件ごとの絶対値誤差率の中央値

ンド時限終了間際)は、線形近似の方が良い。よって、予測時点によって線形近似とAIを使い分けることで、予測精度を従来よりも向上できる。

NNとRFRを比べると、RFRの方がNNと同等以上の予測精度を示した。

4.3 時刻および月別の傾向分析

データ量の多い物件Aの検証結果を用いて、誤差率の時刻別および月別の傾向を分析した。分析対象は誤差率が小さかったRFRと線形近似による誤差率とし、RFRが有効と思われる、予測時点0分~19分の20データの中央値を、1時間毎および1ヶ月毎に集計した。

(1) 時刻別の傾向分析

図3に1時間毎に集計した受電有効電力の最大値と平均値、および誤差率の中央値を示す。

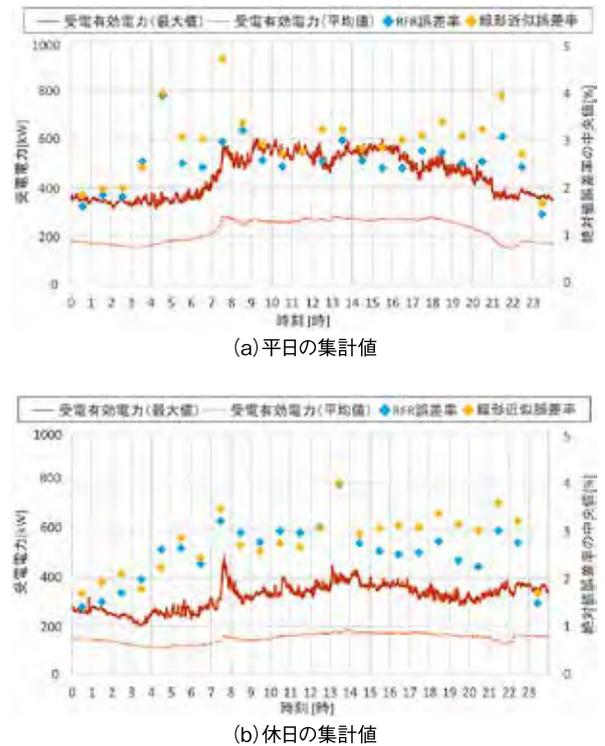


図3 時刻別の受電有効電力と誤差率 (物件A)

日中の受電有効電力が最大となる時間帯や、夕方以降において、線形近似よりRFRの誤差率の方が小さい。特に7時と21時でRFRと線形近似の誤差率の差が大きくなり、7時にはRFRの方が1.8%小さい。7時と21時で受電有効電力が急変しており、このような時間帯では線形近似では予測が難しいが、RFRは精度良く予測ができることが分かった。

休日は、平日と比べRFRの誤差率は大きくなり、8時~11時には線形近似の誤差率の方が小さくなった。しかし、夕方以降の時間帯では、RFRの誤差率が小さくなった。受電有効電力の変動が単調であるとき、線形近似とRFRの差は生じにくく、線形近似の誤差の方が小さくなる場合も多いことを確認した。

(2) 月別の傾向分析

図4に1ヶ月毎に集計した受電有効電力の最大値と平均値、および誤差率の中央値を示す。平日では、年間を通してRFRの誤差率の方が小さい。特に1月で線形近似とRFRの精度に1.0%の差が生じた。受電有効電力が最大、すなわち年間の電力デマンドがピークとなる8月では、他の月に比べRFRの誤差率は大きくなったが、線形近似より

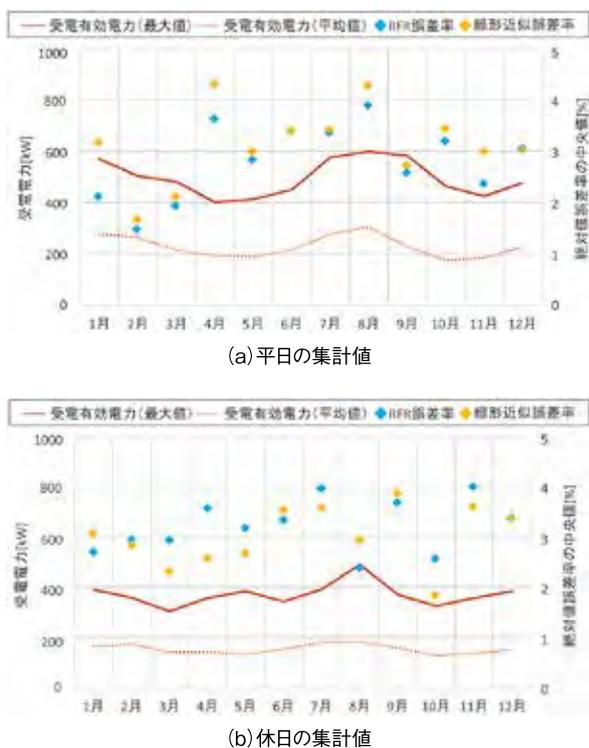


図4 月別の受電有効電力と誤差率（物件A）

も0.4%小さかった。これは、電力デマンドに年間ピークが生じやすい夏季や冬季において、RFRが有効であることを示している。

休日では平日と傾向が異なり、2月～5月、7月、10月、11月で線形近似の誤差率の方が小さくなった。特に中間期に両者の差が広がり、4月は線形近似の誤差率が1.0%小さくなった。

(3) 傾向分析によるAIの評価

RFRと線形近似の誤差率を分析した結果、平日の7時や、夏季および冬季など、電力ピークが発生しやすい場面で、RFRの予測精度が高い。一方、休日や中間期など、受電有効電力が小さく、変化が単調な場面では、線形近似の精度の方が高くなる。

本検討の目的は、AIによる電力デマンド予測により、精度の高いデマンド監視を実現させ、必要なデマンド警報を発信し、不必要なデマンド警報を防ぐことである。この場合、重要となるのは電力ピーク時における電力デマンドを、高い精度で予測することであるため、今回の結果は目的に合う結果である。従って、RFRは電力デマンド予測手法として有効といえる。

5 おわりに

電力デマンド監視の精度向上を目的として、電力デマンド予測に対してAIを適用した。AI手法であるNN、RFRと、従来手法である線形近似の3手法で検証を行った結果、予測する時間がデマンド時限開始直後であるほどRFRの予測精度が高いことを確認した。一方で、デマンド時限終了間際は線形近似の予測精度が高いことを確認した。従って、実用上は、予測時点に閾値を設け、予測するタイミングに合わせてRFRと線形近似を使い分けることが効果的である。また、平日の朝や夏季および冬季といった電力ピークが発生しうる場面において線形近似よりもRFRの精度が高く、電力デマンド予測手法としてRFRが有効であることを確認した。

今後は、対象とする物件や学習に用いるデータ件数を増やして検証を進めていきたい。特に、本検討目的の1つである不必要なデマンド警報を防ぐ効果は、生産効率の向上に寄与できる点から、事務所よりも工場の方が大きいと考えられる。

ビジネス展開としては、本システムを当社のエネルギー管理システム（EMS）であるToEMSに独自機能として搭載することで、他社のEMSとの差別化を行う。そして、電力デマンドに関する悩みを持つお客さまに対してToEMSを提案していくことで、新規顧客の獲得や、既存のお客さまとの信頼の強化を目指す。

金属加工工場のスカム減容化技術の開発

1 はじめに

多くの金属加工工場では、切削・研削などの生産工程で様々な潤滑油や加工油等を使用し、品質や生産性の向上を図っている。使用後の廃液は、環境へ悪影響を及ぼさないよう適正に処理する必要がある。廃液は産業廃棄物（以下、産廃）として外部業者に委託して処理するが、工場によっては各種廃液を集め、油水分離槽で静置・比重分離することで、大まかに油と水に分け、油は有価物として活用し、水は自社設備で処理する。

ここで、各種廃液を油水分離槽内で静置した後の分離状態のイメージを図1に示す。油(浮上油)、水(含油排水)の2層のきれいな分離でなく、その中間に、様々な物質が結合したスカム層が形成されることがある。

スカムは、浮上油や含油排水の一部とホコリ・ゴミ、金属くず等が複雑に結合した難分解性物質であり、凝集分離などの一般的な場内排水処理による容積削減(減容化)が困難である。従って、スカム全量が産廃となることが多い。このようなスカムが生成される工場では、産廃処理にかかる費用を削減するため、さらには企業の環境意識の高さをアピールするため、場内処理可能なスカム減容化手法が望まれている。

これを解決すべく、産廃処理費用削減に寄与する場内利用可能なスカム減容化手法を開発した。

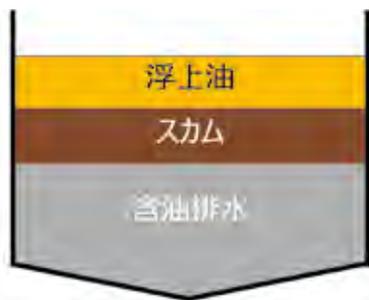


図1 金属加工工場の油水分離槽内の様子

2 スカム生成原因の検討

金属加工工場Aにて、スカムの生成原因を検討した。

油水分離槽内に投入される前の各廃液の排出箇所での廃油・排水を採取し、それぞれ混合してスカム生成との関係を確認した。使用した廃液サンプルを表1に示す。

表1 工場A廃液サンプル各種

名称	側溝A	水溶性 切削油A	水溶性 切削油B	床洗浄剤	側溝B	浮上油
写真						

検討の結果、水溶性切削油、床洗浄剤、浮上油を混合攪拌した場合に、エマルジョン(乳化物)が生成されやすいことを確認した。エマルジョンとは、油と水が物理的あるいは化学的に結合した状態を指す言葉であり、水溶性切削油や床洗浄剤などに含まれる界面活性剤が存在することで、生成されやすくなる。

工場Aのスカムは、エマルジョンの一種と考えられることから、エマルジョンの減容化も含めてスカム一般の減容化手法を調査した。

3 スカム減容化手法の評価

3.1 既存のスカム減容化手法の調査

既存のスカムあるいはエマルジョン廃液の減容化手法を調査した。表2に主な減容化手法と処理のメカニズムを示す。

表2 従来法および新規スカム減容化手法

手法	概要
凝集分離法	凝集剤を添加し、スカムを大きな塊にして分離回収する。
pH調整法	pHを強酸性または強アルカリ性に変化させることで、エマルジョン結合を分解し、油と水に分離する。
高温処理法	スカム温度を高温にすることで、結合を分解し、油と水に分離する。
膜ろ過法	スカムの通過しない孔サイズの膜を用いた物理的なる過により、スカム中から水分を分離する。
ファインバブル法	スカムに微細な気泡を付着させ、スカム粒子を浮上分離する。
超音波処理法	スカムに特定周波数の振動を加えることで、スカムの結合を分解し、油と水に分離する。

凝集分離法、pH調整法、高温処理法は既存の減容化手法である。これらは、スカム中に含まれる不純物が多いほど、消耗品やエネルギーを多く使用し、広い設置スペースも必要となる。従って、イニシャルコスト、ランニングコストの増大が問

技術研究開発部
研究開発グループ
／加藤 勇治



題となる。

また、膜ろ過法^[1]やファインバブル法、超音波処理法^[2]は、比較的新しい減容化手法である。

3.2 スカム減容化効果の比較

本研究では、比較的新しい手法3つを選択し、ラボスケールの試験装置を用いて各手法の性能を比較評価した。その結果を表3に要約する。超音波処理法が、最も短時間で高い減容化効果を示したため、これをスカム減容化装置開発のための基本手法に決定した。

表3 各減容化候補手法の性能比較

手法	膜ろ過法	ファインバブル法	超音波処理法
減容化効果	高い	高い	非常に高い
処理速度	非常に遅い	遅い	速い
装置価格	高価	安価	やや高価
総合評価	△	○	◎

4 超音波を用いたスカム減容化の原理

超音波処理によるスカム減容化効果は、未知の部分も多いが、図2のように考えた。

容器内のスカムに超音波を照射すると、スカム中にキャビテーション（注1）が発生し、スカムの持つエマルジョン結合およびスカムと他物質間の結合を破壊する物理的作用が生じる。その結果、スカム中に保持されていた水分が分離し、比重差により容器下方に集まって、含油排水層を形成する。

(注1)：水中での超音波の振幅により、微細気泡の発生・消滅が繰り返されることを、キャビテーションと呼ぶ。特に消滅する際、大きなエネルギーが発生し、周辺の様々な物質を分解する効果をもたらす。^[3]

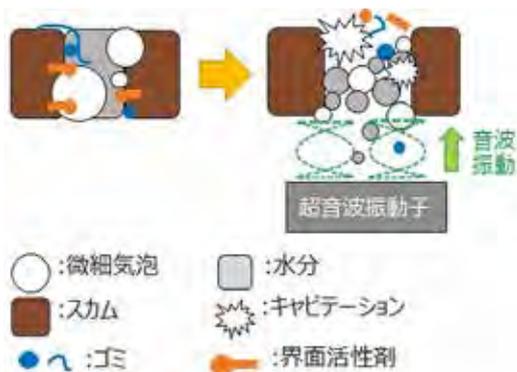


図2 超音波によるスカム減容化イメージ

なお、含油排水は、通常、蒸発濃縮や生物処理などの一般的な含油排水処理設備により適正に処理される。スカム減容化により分離された含油排水も、排水処理装置の適用範囲内であり、特別な処理は必要ない。

5 フィールド検証

5.1 最適な超音波処理条件の選定

スカム減容化に最適な超音波処理の条件を探るため、工場Aをフィールドとして、図3に示す小型テスト機で試験を行った。

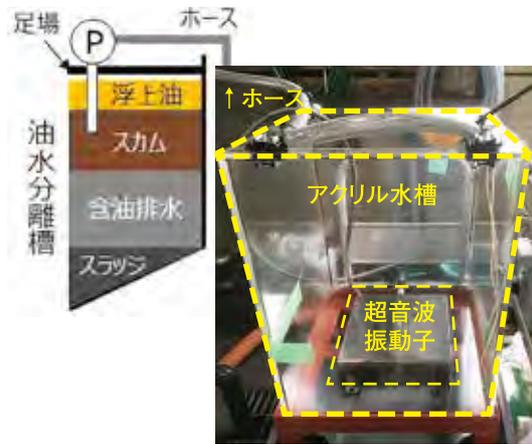


図3 フィールド設置時の小型テスト機

試験に用いたスカムは、スカム性状の日々の変化に対する適用性確認を考慮し、現場の油水分離槽（図3左側概略図参照）から手動ポンプとホースを使ってアクリル水槽へ直接採取した。

超音波の周波数および出力、処理時間等を表4のパターンで組合せてスカムへ適用した。ただし、フィールド試験に使用した超音波振動子は単一周波数しか発生できないため、周波数の最適化のみラボ試験にて検証した。処理後のスカムに対し、(1)式で定義した削減率を評価指標として、最適な超音波処理の条件を求めた。

$$\text{削減率}[\%] = \{ \text{処理前スカム容積}[\text{L}] - \text{処理後スカム容積}[\text{L}] \} \div \text{処理前スカム容積}[\text{L}] \times 100 \dots (1)$$

表4 超音波条件の組合せ

条件	試験パターン
周波数	25kHz, 40kHz, 100kHz (ラボ)
出力	300W, 450W, 600W
処理時間	30分, 45分, 60分, 120分

図4に、スカムを40kHzで60分間処理した試験前後の様子を示す。処理後のスカムは、水槽の中央付近まで分離しており、大きく減容化できていることがわかる。

試験結果から、超音波処理の最適条件を次の通りとした。

周波数は、ラボでの検証により40kHzとした。25kHzは減容化効果にばらつきが生じ、100kHzは同じ効果を得るのに長時間処理を必要としたためである。

最大の減容化効果を得られる出力と処理時間を、フィールド検証により確定させた。具体的には、スカム30Lに対し、出力600W、処理時間60分とした。これらの条件による14回の試験のスカム平均削減率は40%に達した。

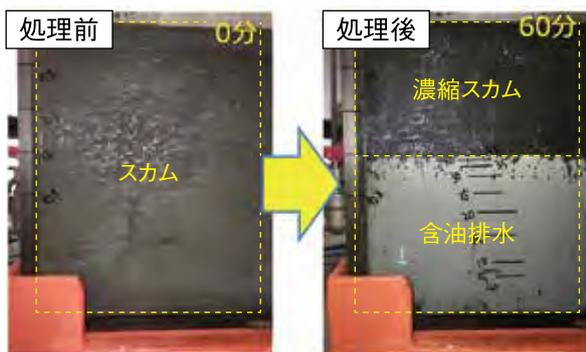


図4 超音波処理前後のスカムの様子

5.2 超音波振動子の設置方法の改良

約4ヶ月（試験頻度：週2日、日3回程度）に亘るスカム減容化検証の結果を踏まえ、性能向上に寄与する独自性確立を目指し、超音波の照射方法などの改良策を検討した。スカムへの照射方向やスカム中への障害物設置など、いくつかの改良方法を考案し、簡易試験を行った。結果を基に、図5に示す超音波振動子の設置方法を、独自手法に選定した。



図5 超音波振動子の設置の改良方法

傾斜は振動子上面での分離促進を、かさ上げは減容化後の振動子位置の確保（分離した含油排水中への埋没抑制）による性能向上を期待した。

改良案の効果を確認するため、傾斜とかさ上げの条件を変えて試験した。試験条件は、傾斜は0～25度、かさ上げ高さは24～38mmとした。

各設置方法における超音波処理時間とスカム削減率の関係を図6に示す。この結果から、傾斜設置による削減率向上効果は見られたが、かさ上げによる効果は確認できなかった。最終的には、傾斜は15～20度、かさ上げは底面から高さ24mm以上（このとき、振動子と液面の距離は80mm程度）とした。ただし、装置構成により、振動子と液面の距離が50mm以内および100mm以上では性能低下を示すため、この範囲内を適正条件とした。

以上の改良試験の結果を基にスカムへの超音波の照射条件と設置方法の工夫等を取りまとめ、当社の独自手法として確立した。

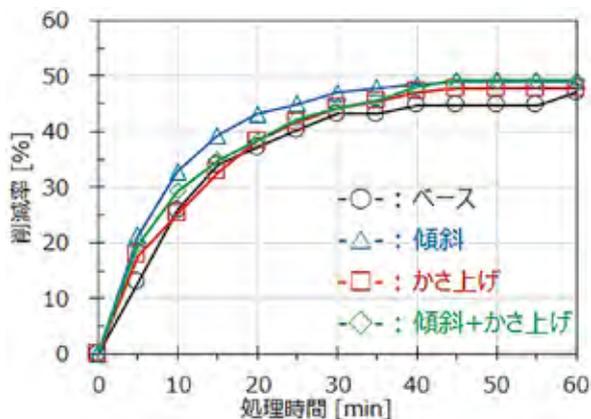


図6 各設置方法による削減率の推移

6 実大試験機による検証

6.1 実大試験機製作

実機製作に必要な機能の確認を目的として、実大試験機を製作した。製作時の仕様は、下記のフィールド検証結果を基に構築した。

- ・超音波条件：40kHz, 600W, 60分
- ・処理水槽：30L + 10L(液漏れ対策)=40L
- ・連続処理：60分処理×日複数回の自動制御
- ・スカム供給：高粘度対応で異物通過径が大

図7に実大試験機の外観写真を示す。超音波処理のON/OFF以外にも、流路切り替えやタイマー

による操作を自動化するためにシーケンサを搭載した。

6.2 課題と対応

実大試験機を検証した結果、確認された課題とその対応策を表5に示す。

表5 実大試験機動作時の課題と対応策

課題	対応策
スカム温度上昇対策 (やけど防止)	作業効率化に伴う時短処理での温度上昇抑制
超音波処理後、排出時の濃縮スカムと含油排水の分別精度向上	静電容量式レベルスイッチの適用による自動分別機能追加
スカム性状変化に対する削減率安定化	営業展開後のサンプルテストによる検討

6.3 最終装置仕様とコスト削減効果

前述の課題の対応を反映した最終的な装置仕様を表6に示す。装置導入コストは適用先の状況により変化するが、工場Aの産廃処理費は、装置導入前は年間90万円程度だったが、導入後は50万円程度まで削減できる試算結果が得られた。

7 開発装置の展開方法

本装置のために開発した独自の超音波照射手法は、特許を出願した。今後の本装置の展開は、排水処理を専業とする企業と提携して進める。営業活動は提携企業が主に行い、営業先企業への装置の適用性は、当社が協力して確認する。確認後は装置仕様を定めて、提携企業から装置製造企業へ設計製作を委託し、設置工事等含め提携企業が施工するが、その際に当社は実施料収入を得る形で考えている。今年度から試行的に営業展開に取り組み、客先ニーズや営業面の課題などを抽出する予定である。

8 おわりに

金属加工工場の産廃削減に寄与するスカム減容化装置を開発した。これにより、金属加工工場の産廃費用削減を実現するとともに、産廃量の削減による環境性向上にも寄与し、SDGsにも貢献する。

今後は様々な工場のスカム類に対して、実デー

タの収集を行い、本装置の適用性確認と金属加工業以外の分野への適用可能性を探索する。

謝辞

本装置の開発には、空調管統括部、岡崎支店営業部空調管工事グループの皆様から多大なご協力を頂きました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- [1]小林信介、早津祥秀、板谷義紀、加藤勇治、セラミックフィルターを用いた旋回式クロスフローによる切削排液の油水分離、廃棄物資源循環学会論文誌、Vol.29, pp.219～236, (2018).
- [2]特開2003-003175、混合廃油の改質方法及び混合廃油による省資源方法、前川製作所株式会社.
- [3]本多電子株式会社 産業機器事業部「超音波」洗浄機・応用機器・計測機器 総合カタログ, pp.7 (2018).



図7 実大試験機

表6 スカム減容化装置の最終仕様

項目	仕様
超音波振動子	投込み式振動子
超音波発振器	周波数：40kHz, 出力：600W
処理水槽	処理部：30L, 予備部：10L (液ハネ, 漏れ対策)
架台	材質：SUS304
制御盤	タッチパネル表示, シーケンサ制御含む
配管部品	配管材質：SUS304, バルブ：エア-複作動式電磁弁
ポンプ	ダイヤフラムポンプ, 流量：10L/min以上
静電容量式レベルスイッチ	パイプライン型, アンブ分離タイプ
ドレンパン	水槽満水程度を受けられるもの (40L程度)
水槽フタ	材質：透明アクリル
温度計測	センサ：熱電対, 計測場所：水槽壁面
水槽窓	材質：強化ガラス

装柱用専用台車の開発

1 はじめに

架空配電部門では、これまで高い技術と豊富な経験を持つ熟練技術者が工事現場を支えてきた。しかし今後、労働力人口が減少するため、従来どおりに人材を確保・育成して工事することが困難になる恐れがある。そこでTPS手法（トヨタ生産方式）を用いて、少ない要員数で容易に作業ができるよう、工事方法を抜本的に変える“かいぜん”に取り組んでいる。

高度成長期に建設した配電設備の経年劣化が進み、今後、既存の電柱の建替工事が増加する見通しがあるため、今回、新工具を開発し、電柱建替工事に伴い発生する高圧電線移設工事*のかいぜんに取り組むこととした。

※高圧電線移設工事とは、電柱の支障等により旧柱を新柱に建替える工事に伴い、既設の高圧電線を新柱に移設する工事。



写真1 高圧移線工事の現場

2 現状の把握

(1) 作業の分析

TPS手法に則り、高圧電線移設工事についてできる限り細かい単位時間に細分化し、技術者毎の作業を表で視える化した（TPS手法における表準

の作成）。この分析結果によると、工事の約半分（46%）は電柱の上（柱上）で実施する作業では無く、地上作業であることが解った。また、地上作業の主な内容は資材の組立て作業であった。

具体的な作業工程と作業工数の分析は以下のとおり。

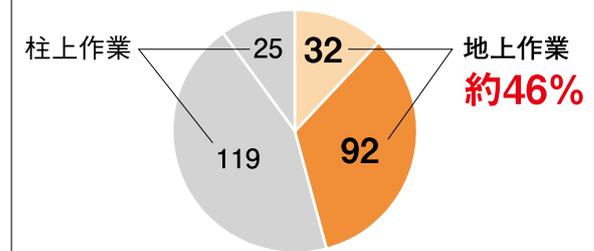
技術者	作業内容	材料運搬	材料準備	地上準備	地上準備	昇柱	地上昇	組立て	組立て
柱上技術者A	材料運搬	材料準備	地上準備	地上準備	昇柱	地上昇	組立て	組立て	組立て
柱上技術者B	材料運搬	材料準備	地上準備	地上準備	昇柱	地上昇	組立て	組立て	組立て
柱上技術者C	材料運搬	材料準備	材料準備	材料準備	材料準備	地上準備	昇柱	組立て	組立て
地上技術者	積み降し	材料準備	材料準備	材料準備	材料準備				

地上作業

図1 作業工程（抜粋）

表1 作業工数の分析

場所	作業内容	作業工数 (人・分)
地上	資材の積み降し・積み込み・運搬	32
	資材の組み立て	92
柱上	電線の移設	119
	待機	25
合計		268



(2) 作業における課題

ア. 資材の積み降し、積み込み、運搬

現場到着後、技術者が資材を資材運搬車から降



写真2 資材の積み降し、運搬



し、作業を行う電柱まで何度も運搬している。この運搬は人力で行うため、運搬できる量に限りがあり何度も往復している。

イ. 資材の吊上げと組立て

電柱付近まで運搬された資材については、資材をウインチやロープにより吊上げ、技術者が柱上で資材の組立てを行う場合がある。なお、柱上で組立てを行う場合は、吊上げ回数も多くなり、作業途中に資材を落下させるリスクがある。



写真3-1 資材を吊上げている状態



写真3-2 資材の柱上組立て

このため、地上で資材を組立て、一括して柱上に吊上げ電柱に取付けることで吊上げ回数は少なくなり、作業途中に資材を落下させるリスクも少なくて済む。但し、地上で資材を組立てる場合は、組立てスペースを確保して資材を地上に置いて行うため、作業姿勢が低くなり腰に負担がかかる。



写真3-3 資材の地上組立て

また、柱上作業中の電柱直下は危険なため、資材の組立ては電柱から離れた場所で行うが、組立てた資材は大型化、重量化するため、電柱まで技術者2名以上で運搬している。



写真4 大型化・重量化した資材の運搬

(3) かいぜん案

地上で資材の組立てをし易くするため、専用の組立台を作成することとし、かつ、作業台にキャスターを取付け、一人でも運搬可能な「装柱用専用台車（以下、専用台車という）」を開発することとした。また、資材の組立て作業については、専用台車を用いて外段取り（今回の場合は、事業場での組立て作業）を行うこととし、組立てたまま資材運搬車で運搬できる仕様を目標とした。

3 試作品の作製

(1) 新工具の開発コンセプト

目標を達成するための専用台車のコンセプトは、以下のとおり。

- ①資材を安定した姿勢で組立てできる。
- ②組立てた資材を容易に運搬できる。
- ③資材を組立てた状態で、そのまま吊上げできる。
- ④資材運搬車に積載できる大きさとする。

(2) 試作品1号の作製

専用台車の開発にあたり現場技術者、自らが、既存の資材、部品を組み合わせる試作品を作成して形状を把握した。しかし、台車の幅が狭く、大小様々な資材の重心位置を把握して組立てなければ、資材が転倒する恐れがあることが分かった。



写真5 試作品1号の資材組立て状態

(2) 試作品2号の作製

試作品1号の結果から、台車を分離する仕様に変更した結果、任意の幅に調整することで大小様々な資材を組立てたとしても、資材が転倒する恐れが無くなった。

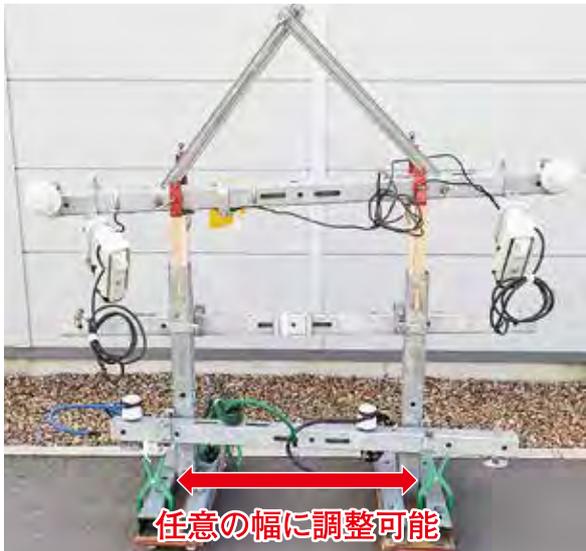


写真6 試作品2号の資材組立て状態

4 専用台車の開発

これまでの試作品の結果および、開発コンセプトを基に、製造メーカーとの協同で専用台車を開発した。

(1) 仕様概要

専用台車の仕様は、表2のとおり。

表2 専用台車の仕様

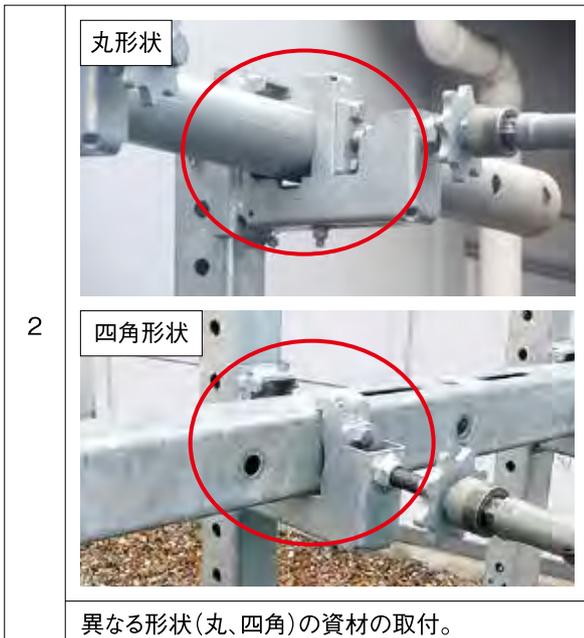
メーカー	内田鍛工	美貴本
写真		
長さ(mm)	530	600
幅(mm)	880	810
高さ(mm)	1833	1774
重量(kg)	80	70

(2) 特徴

専用台車の特徴は、表3のとおり。

表3 専用台車の特徴

No.	内容
1	<p>短い資材</p> <p>短い資材の取付。</p>
	<p>長い資材</p> <p>専用台車を分離することで、長い資材の取付。</p>



5 かいぜんの効果

開発した専用台車を使用して、事業場での資材組立て作業を行い、高圧電線移設工事を施工することで、作業全体の作業工数を削減可能とした。なお、従来の地上技術者については、作業経験の少ない若年層の技術者が担うことが多く、専用台車を用いて事業場で資材の組立て方法を指導することにより、作業経験の少ない技術者の早期育成にも繋げることが可能と考える。

また、これに加え柱上作業において工法のかいぜん、工程の組替えを行い作業工数を削減可能とした。

具体的な作業工程と作業工数の分析は以下のとおり。

作業の流れ (かいぜん前)									
柱上技術者A	材料運搬	材料準備	工員準備	工員準備	昇柱	吊上げ	組立	組立	組立
柱上技術者B	材料運搬	材料準備	工員準備	工員準備	昇柱	吊上げ	組立	組立	組立
柱上技術者C	材料運搬	材料準備	材料準備	材料準備	材料準備	工員	昇柱	組立	組立
地上技術者	積み直し	材料準備							

↓

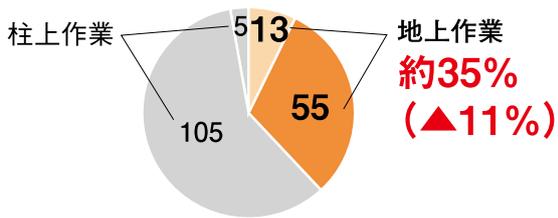
作業の流れ									
柱上技術者A	材料準備	工員準備	昇柱	吊上げ	組立	組立	組立	組立	組立
柱上技術者B	材料準備	工員準備	昇柱	吊上げ	組立	組立	組立	組立	組立
柱上技術者C	材料準備	工員準備	昇柱	吊上げ	組立	組立	組立	組立	組立
地上技術者									

地上作業

図2 作業工程 (抜粋)

表4 作業工数の分析

場所	作業内容	作業工数 (人・分)	
		前	後
地上	資材の積み降し 積み込み・運搬	32	13 (▲19)
	資材の組み立て	92	55 (▲37)
柱上	電線の移設	119	105 (▲14)
	待機	25	5 (▲20)
	合計	268	178 (▲90)



工事全体の作業工数は、かいぜん前268人・分(4人作業)から192人・分(3人作業)となった。地上作業は工事全体の約46%から約35%(▲11%)へ削減する事ができた。

6 専用台車の実用性評価

(1) 現場試行

専用台車を実際の工事現場で使用できるか確認するため、6事業場において現場試行を実施した。



写真7 工事現場での使用状況

(2) 現場試行結果(抜粋)

- 試行結果の内容は、以下のとおり。
- ・ 資材の組立て・運搬がし易い。(6事業場)
 - ・ 資材の組立てを事業場で事前に実施することで、現場での組立て作業がなくなり約10～20分短縮した。(6事業場)
 - ・ 組立てた資材を使用することで、工事によっては技術者1名削減できると感じた。(1事業場)
 - ・ 傾斜地では、専用台車の運搬は困難であった。(1事業場)

(3) 現場試行のまとめ

各事業場の試行結果は、概ね良好であることが分かり、高圧電線移設工事以外の工事についても約10～20人・分の作業工数の削減や技術者1名削減の効果を期待できることも解った。しかし、傾斜地における専用台車の運搬がし難いなど、様々な現地状況に対応させる必要があることと、資材運搬車にて専用台車を運搬する際、積載スペースが多く必要となるため、他の必要資材を積載することができない課題も浮き彫りとなった。



写真8 専用台車の積載状態

7 今後の展開

試行結果から解った課題を解決するため、専用台車を高所作業車に積載可能とすることで、専用台車を運搬することなく、高所作業車を設置して、組立てた資材をそのまま柱上に吊上げ作業する事を検討している。

現在、改良した高所作業車を活用した実用性評価を2事業場において実施している。



写真9 専用台車を高所作業車に積載

8 おわりに

今回の開発において、ご協力をいただいた名伸電機株式会社さま、内田鍛工株式会社さま、株式会社美貴本さま、株式会社エヌビーさま、ならびに試行事業場の皆さまに感謝いたします。

ダクト風量測定方法の効率化支援ツールの開発 その2

1 はじめに

空調、換気設備工事では、風量測定・調整を実施し、風量不足やアンバランスによる機能不足を防止する。現場での風量測定は、空気調和・衛生工学会の多点測定法(SHASE-S 117 2017)に基づき実施しているが、現場では次の要件を満たすことができる、より簡便な測定方法が求められている。

- (1) 測定者による差が小さく市販のフード式風量計と同等の測定精度を有した風量測定ができること。
- (2) 安価・少人数・短時間で測定および調整ができること。

この実現を目的とし、空調管部門の働き方改革を進めるため、昨年に続きダクト系の「風量測定」「風量調整」の効率化手法を検討した。

昨年度は、アネモ型吹出し口を対象とした市販のフード式風量計と同等の風量測定精度を有した簡易フードについて報告した。

今年度は、アネモ型吹出し口以外の制気口にも対応可能とするための簡易フードの改良と風量調整作業の省力化手法を検討したので報告する。

2 測定概要

2.1 測定機器概要

表1に、今回測定に使用した風速計、風量計を示す。風速計はBluetooth等で情報端末機器内のアプリと接続可能なものとし、測定値は現場施工管理用アプリ(スパイダープラス)で集計した。風量計③の値を測定精度比較の基準とした。

表1 風速計・風量計仕様

番号	風速計①	風速計②	風量計③
方式	熱線式	熱線式	フード式
測定範囲	0 ~ 30m/s	0.01 ~ 30m/s	40 ~ 400m³/h
測定精度	±0.1m/s+計測値の5%	±指示値の2%が0.05m/sの大きい方	±3%rdg+12m³/h

2.2 測定設備概要

昨年度同様、愛知工業大学旧2号館の実験設備及び安全創造館で実際に使用されている設備で測定を行った。

(1) 愛知工業大学実験装置

愛知工業大学旧2号館の実験設備は、アネモ型吹出し口と風速測定口を水平部と垂直部に有する

ダクトで構成される。風量はインバータで20Hz ~ 60Hz及び商用60Hzでの調整が可能である。

(2) 安全創造館

安全創造館3階のダクトシステムを図1に示す。ダクトルート形状は楕円形になっており、吹出し口はアネモ型吹出し口(#20×5台)、VHS型吹出し口(300×200mm×11台)が取り付けられている。風量はシステムごと及び器具ごとに調整可能である。

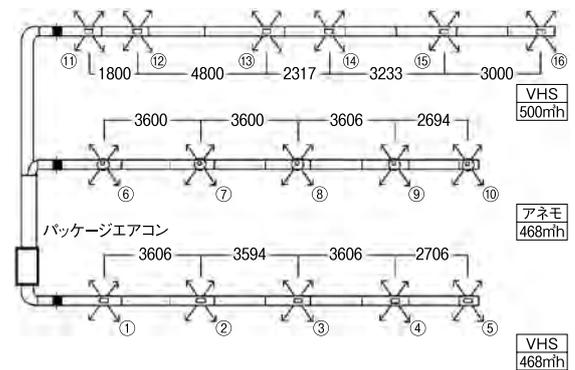


図1 安全創造館ダクト図面 (単位:mm)

3 風量測定手法の検討・検証

今年度の風量測定手法の検討は、図2の順序で行った。

3.1 以降に、検討した内容を報告する。



図2 風量測定手法検討と改良型フード検証

3.1 フードの改良および昨年度フードとの比較

昨年度のフードは900×1800mmのプラダン3枚からフードを2つ作成できたが、直管部材4辺を連続して設けることができなかった。それに対し改良型フード案は900×1800mmのプラダン3枚からフードを2つ作成でき、直管部材4



辺を連続して設けることができるため作成効率が良く、強度も高い。改良型フード案の形状と改良点を図3にまとめた。今回、新たに製作した改良型フードと昨年度のフードで測定風量を比較した結果、風量差は3%程度と小さいことを確認した。

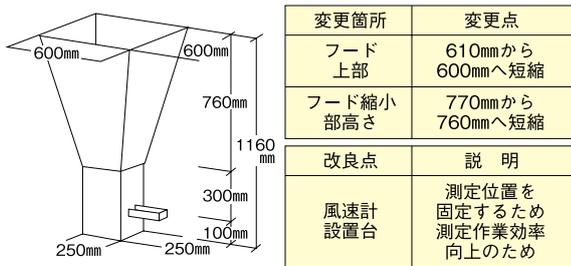


図3 改良型フードのサイズと変更・改良点

3.2 風速計特性検証

愛知工業大学にて2種類の風速計の特性確認を行うとともに、風量計③との風量差を比較した。測定は、アネモ型吹出し口を使用し、商用60Hz及びインバータ制御による10Hz刻みの20～60Hzで実施した。測定結果を図4に示す。測定結果より風速計②では周波数(風量)の変化に関わらず安定した結果が得られたが、風速計①では風量が約1100m³/h(風速5m/s)以上で測定精度が低下した。これより、以降の測定では風速計②の結果について報告する。

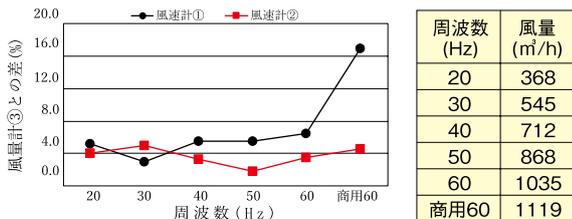


図4 風速計測定精度比較と風量計③測定結果

3.3 改良型フードの精度検証

改良型フードの風量測定精度を検証するため、安全創造館で、改良前後のフードと風速計②、風量計③を用いて測定した。フードを用いた測定風量は、フード中心1点のみで測定した30秒間の平均風速により算出した。風量を比較した結果、アネモ型吹出し口では、フード改良前後ともに、風量計③との風量差は±15～20%の範囲内であったが、VHS型吹出し口では風量計③との差が±12～36%に拡大した。この理由の考察のために、VHS型吹出し口の風速を測定した。図5にVHS型吹出し口の直下での風速測定結果を示す。

測定位置により風速が大きく異なる。

拡散性の低いVHS型吹出し口の測定でフードを利用すると、フード縮小部の側面に気流が当たらず、フード下部内においても風速の偏りが改善されずに風速測定位置で大きな風速が検出されたと考えられた。VHS型吹出し口で正確な風量を測定するには、フード内の風速を均一化する必要がある。

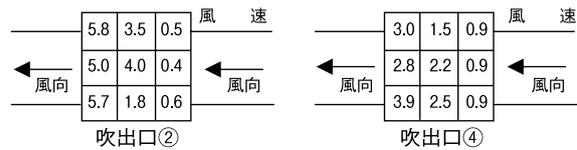


図5 VHS型吹出し口の多点計測結果

3.4 アタッチメントの作成・検証

安全創造館での改良型フードの風量測定精度の検証結果より、VHS型吹出し口で測定精度の低下が確認された。そのため、フード直管部中心1点での測定を可能とするアタッチメントを検討し、案1大、案1中、案1小、案2大(グリーンネットを取り付けたもの)、案2大(網戸を取り付けたもの)、案2、の計6種類を作成した。図6、7にアタッチメントの概要を示す。

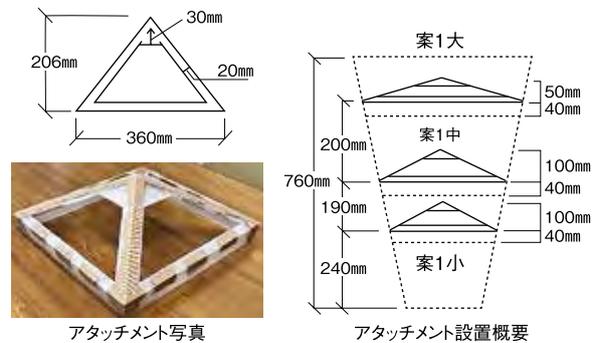


図6 アタッチメント案1概要図

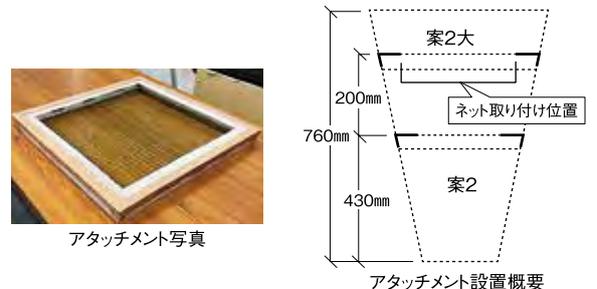


図7 アタッチメント案2概要図

愛知工業大学にて、VHS型吹出し口を模擬するためアネモ型吹出し口のコーンを外し、風量をインバータ周波数30Hzとして、改良型フード直管最下部9カ所で風速を測定した。図8に各アタ

ツッチメントでの風量算出結果の箱ひげ図を示す。図8よりアタッチメント案1中、小を用いた測定では、9点の風量、すなわち風速のばらつきが小さくなった。この時の基準風量は645m³/hであり、案1中、小が比較的近い風量を示した。

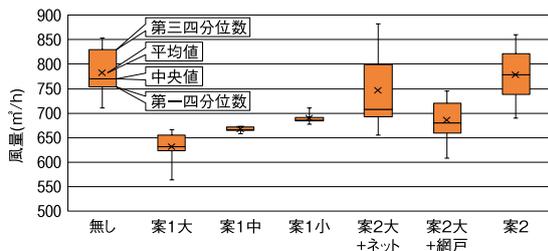


図8 アタッチメント精度検証

3.5 VHS型吹出し口でのアタッチメント精度検証

作成したアタッチメントを用いて、安全創造館の定格吹出し風量500m³/h程度に調整したVHS型吹出し口で、アタッチメントごとのフード最下部の風速を測定した。測定は改良型フード直管最下部を9分割し、それぞれの中心で測定した。図9に示す精度比較の結果より、アタッチメント案1中、案1小では改良型フード直管最下部での風量（風速）の偏りが小さかった。

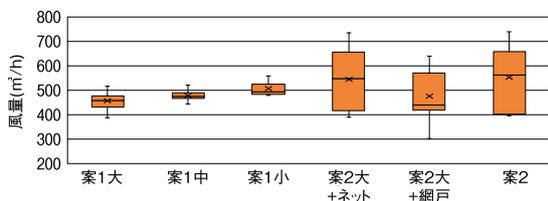


図9 安全創造館 アタッチメント精度比較

3.6 アネモ型吹出し口でのアタッチメント精度検証

愛知工業大学の実験設備にて、アタッチメント案1中、小とアタッチメント無しで、風量を変えて風量測定精度を確認した。風量は商用60Hzと、インバータ設定40、50、60Hzとした。測定位置は、フード下端面から上部へ100mm上げたフード下部中心1点とした。

図10に周波数毎の基準風量とした風量計③との差を示す。アタッチメント無しと比較すると案1中、小は風量計③との差が小さい。また、わずかではあるが、案1中より小の方が風量計③との差が小さくなった。

次に、アネモ型吹出口のコーンを冷房・暖房用の位置とした状態で、アタッチメントの有無による風量測定精度を確認した。図11、図12に風量計③との差を示す。冷房位置では、周波数によって

バラツキが生じたが、風量計③との差はいずれも±10%以内であった。暖房位置では、アタッチメント無しと案1小が風量計③との差が小さかった。

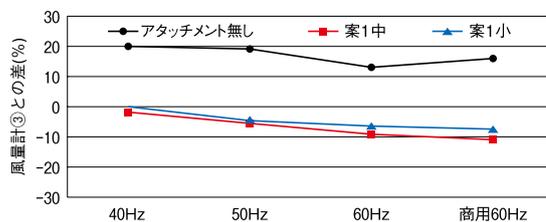


図10 アネモコーン無の風量測定精度の比較

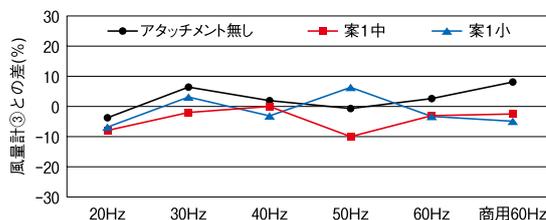


図11 アネモコーン有の風量測定精度の比較(冷房)

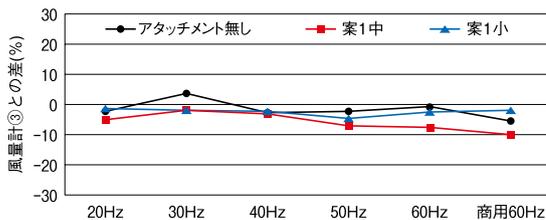


図12 アネモコーン有の風量測定精度の比較(暖房)

4 風量調整手法の検討・検証

総合設備CADには、ダクト図面作成後に静圧計算が可能であり、計算上使用されている部材種類や風量、風速、ダクト寸法、動圧などの一覧表示が可能である。計算結果例を表2に示す。この計算に使用されている計算式・数値は、建築設備設計基準、空気調和・衛生工学便覧などに使用されているものと同等である。静圧計算結果から各ダクト経路の抵抗値の偏りを確認し、風量調整箇所や調整度合いの予測が可能であり、風量調整の効率化に有効と想定できる。

表2 CADの静圧計算結果出力イメージ

区間	種類	風量 [m ³ /h]	風速 [m/s]	管長 [m]	抵抗 [Pa]	抵抗計 [Pa]
2~3	チャンバ(急縮小)	2340	1.45	0.3	0.5	(13.4)
	直管	"	4.95			
	90°丸エルボ	"	"	0.6	0.4	7.6
	直管	"	"			
	VD	"	"	1.2	0.9	
	直管	"	"			

4.1 VBAを用いた抵抗一覧表の作成

CADを用いて風量調整を行う際に、すべての吹出し口での抵抗を一覧で見えるようにしなければならない。しかし、CADの静圧計算機能ではExcel出力する際に指定した吹出し口の抵抗値しか表示することができない。そのため、CADの計算結果出力を利用し吹出し口ごとの抵抗値を一覧表に示すプログラムをExcelのVBAにて作成した。Excelシート内容を表3に示す。また、VBAの処理手順を図13に示す。表4には作成したツールを使用して一覧表示を行った一例を示す。一覧には、吹出し口の種類、区間番号、各区間での抵抗値、吹出し口までの区間抵抗計、抵抗計の最大最小値が出力される。

表3 Excelシート一覧

シート番号	シート説明
S1	CADのExcel出力データを貼り付けるシート
S2	抵抗値計算結果一覧の最終出力シート
S3	区間番号をS1から取り出し整理するシート
S4	吹出し口種類のデータベース

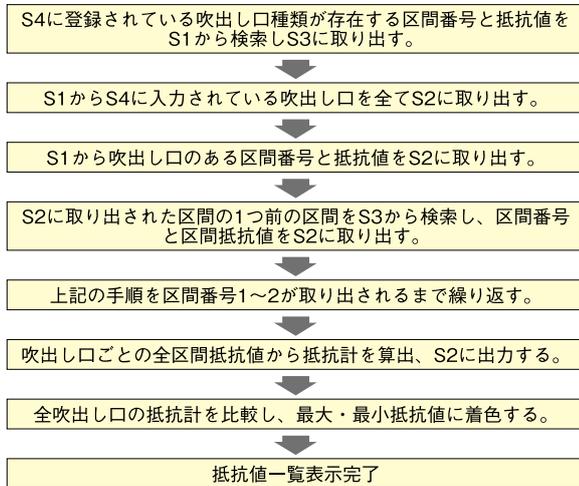


図13 VBAの処理手順

表4 VBA一覧表示の最終出力イメージ(一部抜粋)

区間最大抵抗計	80.3(Pa)	区間最小抵抗計	49.4(Pa)		
吹出口種類	抵抗計(Pa)	区間	抵抗値(Pa)	区間	抵抗値(Pa)
VHS	58.0	26~35	15.2	2~26	13.6
VHS	66.5	27~34	19.5	26~27	4.2
C2 #20	49.4	16~25	4.1	3~16	11.7
C2 #20	54.7	17~24	5.3	16~17	4.1
VHS	77.7	6~13	15.5	5~6	4.2
VHS	80.3	7~12	15.6	6~7	2.5
VHS	70.5	9~10	0.3	8~9	1.9

4.2 CADの静圧計算結果と実風量との関係

CADの静圧計算結果と実際の風量測定結果に相関が見られるか確認した。実風量の測定については図1で示した安全創造館のVHS、アネモ型吹出し口の系統ダンパー及び個別シャッターを全開として測定を行った。吹出し口⑥については全閉となっていたため測定しなかった。静圧計算では設計風量を用いた静圧を使用した。静圧計算結果と実風量測定結果を図14に示す。比較結果より、ダクト全体についてはCADの静圧計算結果と実風量の関係は表れていないが、ダクトルートごとでみると抵抗が大きくなるほど風量が低下する傾向がみられた。

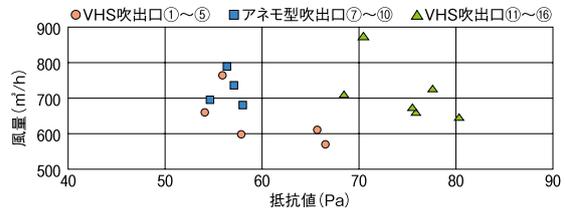


図14 静圧計算結果と実風量との比較

5 おわりに

ダクト系の「風量測定」、「風量調整」に対する効率化を目的に、昨年度に引き続き測定装置の開発を進めた。風量測定精度の検証の中で、開発した測定装置では、VHS型吹出し口で風量測定精度が低下することを確認したため、VHS型吹出し口用のアタッチメントを開発した。アタッチメント案1中、小を用いることで、フード下端部での風速のばらつきが改善されることを確認した。また、案1中、小を取り付けた状態でアネモ型吹出し口の風量を測定しても、風量測定精度が低下しないことも確認した。フード内のアタッチメント形状は、フード作成時の作業性やブラダグン端材で作成可能な案1小を採用した。

風量調整では、風量(風速)と静圧(ダクト抵抗)の関係に着目し、CADの静圧計算機能を活用した静圧と風量の関係を実建物で検証し、静圧値が大きくなるほど風量が低下する傾向を確認した。

今後、「風量測定」では実物件での風量測定方法の運用評価を行い、「風量調整」では安全創造館以外のダクトで静圧値と風量の関係を確認し、風量調整手法の検討を進める。

最後に昨年に引き続き、各種実験・分析にご協力頂いた愛知工業大学工学部建築学科河路研究室に深く感謝申し上げます。

施工担当者業務効率化への挑戦

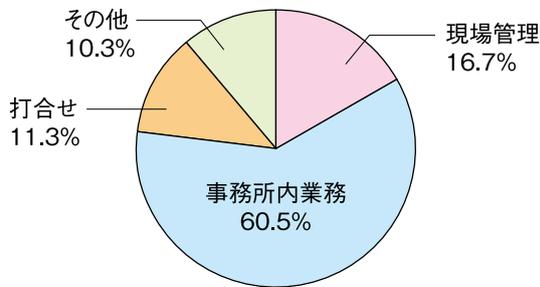
1 はじめに

建設業界では2024年4月1日から時間外労働の上限規制が適用される。建設業界では様々な業務効率化が検討されてきた。最近ではロボットによる自動化で現場業務を代替する手段が考案されており、施工担当者業務の効率化や削減が重要な課題となっている。

当部署でもウェアラブルカメラの利用により時間外労働の削減と業務効率化に取り組むなど様々な試みを行ってきたが、さらなる手立てが必要であり、新たな施策を行っている。今回効果的である施策を本稿にて紹介する。

2 現状と問題点

施工担当者の業務負担となっている業務を調査するため、業務内容を分類分けし、全体業務時間に対し各業務内容が占める割合を算出した。部署内全施工担当者約200人を対象に1年間調査した結果のうち、中堅担当者を例に、円グラフにて図1に示す。



※小数点以下第2位を四捨五入しているため、合計値は100%になりません

図1 施工担当者の業務内訳

現場管理：現地作業指示、朝礼、検査、パトロール、材料受入立会など

事務所内業務：図面・計画書作成、予算管理、仕様書チェックなど

打合せ：所内打合せ、各種定例など

その他：講習、客先挨拶、移動、休憩など

中堅担当者を対象に考えた場合、施工担当者業務の約6割を事務所内作業が占めていると把握できた。また同様の調査結果から、若手担当者は現場管理業務の比率が大きくなり、現場所長クラスでは打合せの比率が大きくなる傾向が見られた。

全施工担当者を対象にヒアリングをし、時間外労働に対する意識調査を行い、業務量以外の問題が潜んでいないか調べた。すると「顧客依頼に応えたいため、時間外労働による対応となっている」「社内外周囲の視線もあり、帰るに帰れない」という意見が見受けられた。

そこで施工担当者の業務量削減と、退勤時間の徹底を課題として、次の施策に取り組んだ。

- 1) 「現場支援チーム」の発足
 - 2) 「PC自動シャットダウン」の搭載
- 具体的な活動内容について次項より述べる。

3 業務内容の調査

施工担当者業務のうち、遠隔サポート可能である業務を洗い出した。(図2)

図2 支援対象業務リスト

リストアップされた項目は計画書の作成や、図面検討など、当該現場従事者でなくとも最低限の情報さえ入手でき施工経験者であれば遠隔でも作成可能であると考えた。

そこで事務所内作業の負担軽減をするため部署内にて「現場支援チーム」発足し、現地の施工担当者に代わり業務を担当する体制を整えた。メンバーとしては現場竣工直後であり次の現場開始まで比較的余裕がある者など、施工経験者を配置した。

現場に従事している施工担当者側で現場内での対応により時間外業務が多くなると予測される場合に、依頼したい業務内容についてリストから選び、現場支援チームへ依頼するフローを用意した。

現場支援チームへの支援依頼には「オーダーシート」を活用した。(図3) 依頼業務の内容を明確にするとともに、支援前後での効果の数値化を目指した。



図3 オーダーシート

4 PC自動シャットダウンの導入

4.1 意識調査

施工担当者の「帰りづらい」という気持ちからの開放と、時間外業務を抱え込まないよう客観的に判断できる手段として、PC自動シャットダウン機能を各施工担当者のPCへ搭載する計画をした。効果は期待されるが、管理される側への心理的負担が懸念された。そこで施工担当者に対し導入に向けたヒアリングを行った。その結果9割以上が「導入して欲しい」「導入するのは仕方がない」という意見であった。「時間外労働の上限規制」を遵守するため、さらなる手立てとして必要だと感じている。その他の意見としては反対意見ではなく、管理体制について不明瞭である点や、自動シャットダウンされると書類データ保存が心配、という声であった。こちらは導入に向け管理体制をシステム化し、入念に周知する必要があった。

4.2 導入

当部署の施工担当者180名に対しPC自動シャットダウンさせるソフトを購入し開始した。

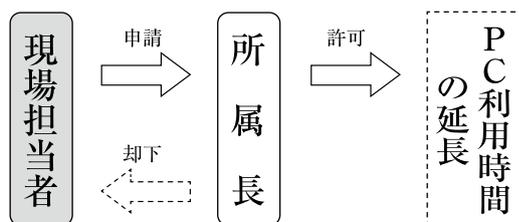


図4 承認フロー図

施工担当者は所属長に業務内容とともにPC利用延長時間を事前申請し、承認された場合は時間外での業務が可能となる。(図4)

当部署では業務内容を把握するための、「誰から」「何を」「いつまでに」依頼されているかを管理できるようルール付した。

また事前に予定が把握できている場合を考慮し、各月の前半・後半を一括で申請できるように予定表にて提出するようにした。(図5) 提出された予定表をもとに技術グループにて一括登録を行い、施工担当者による日々申請の負担軽減を目指した。



図5 時間外予定表

当該ソフトではPC自動シャットダウン機能のみでなく、PCログイン時間と、ログアウト時間も調べることが可能である。各担当者のログイン、ログアウト時間を集計することで各担当者の業務時間を調べることが可能となる。

これにより、次の効果が得られた。

- 1) シャットダウンされるため、時間外業務に対する明確な意識付け
- 2) 急な依頼に対し所属長との都度調整を行い、「いまやらなければならない」という思い込みからの開放
- 3) PC自動シャットダウンを理由に帰りやすい環境作り

5 おわりに

現場支援により施工担当者の業務負担は減るが、一方で施工担当者の技術力低下が懸念される。そこで当社では若手担当者を中心に施工担当者業務に特化した教育を実施しており、技術力を補完している。今後も教育内容の見直し・充実させることで技術力向上に取り組んでいきたい。

最後に、毎日大変な苦勞をして現場に従事されている施工担当者と作業員の皆様に感謝するとともに、関係各所より多大なご協力を賜りましたことに深く御礼申し上げます。

次世代アンドンシステム構築の設計および開発

1 はじめに

FA関連機器は専用設計された機器が多く設備費が割高になることに加え、保全要員の縮小に伴い守備エリアが拡大し、より効率化が求められている。これまでの設備状態の把握は専用装置と大型モニタによるアンドンシステムであり、アンドン専用装置の割高感、保全担当者の守備範囲拡大では設備状況の把握が出来ない場所が増えるなど問題が具体化してきた。これらの問題を解消するため、インターネット技術を使用したタブレット、スマートフォン等によるポータブル端末を利用した次世代アンドンシステムを紹介する。

2 生産現場における課題

利用現場より下記の課題解決が求められており設計ポイントを外れないよう課題を明確化した。

- ① 高額な大型表示器とアンドン専用装置
- ② 安価で豊富な端末の活用
- ③ 大型設備による「見える化」の阻害
- ④ 省人化に伴うポータブル化の必要性

③については加工機、ガントリークレーン、ケーブルラック等によりアンドンが見え難い状況があり（写真2左）、④については省人化により担当範囲が拡大し、離れた場所での設備状態の把握が必要となる。（写真2右）

3 開発プラットフォームの検討

製造現場では個人の経験を問わず設備状況の把握は直感的で分かりやすいグラフィックを使った視覚表現が求められており現場ではモニタ表示型のアンドンも増加してきた。次世代アンドンではポータブル利用も想定することから視覚に加えて音や振動など緊急性に応じて「気付かせる」発報の仕組みを持たなければならない。またポータブル化に伴いバッテリー動作の駆動時間も考慮する必要があった。

(1) ポータブル端末の選定

バッテリーサイズは小さいものの技術的にも価格においても競争が盛んであるスマートフォンをターゲットとした。またPCやタブレット端末でも動作可能とするためOSに依存しないインターネットブラウザ上で動作可能なWebアプリケーションとした。



写真1 モニタ型アンドン



写真2 加工機とライン作業風景

(2) 配信サーバの選定

配信サーバはポータブル端末に情報を送るだけでなく24時間の設備信号の収集や状態変化の検知を行う。現場設置を考慮し耐環境性の高いEdgePC (IoT-PC) とした。OSは停電やOS自動更新による不具合や動作変化を排除するためWindows IoT Enterpriseとした。

4 次世代アンドンシステムの設計

当社内に設備データ収集装置とWeb配信サーバの装置を開発し、次世代アンドンのWebサーバ機能、ポータブルアンドン機能の設計を行った。システムは大きく2つのソフトウェアにて構成される。1つは生産設備、IoTデバイスからのデータを収集するPLC通信機能と設備状態表示とデータの変化による端末への通知機能（アンドン機能）である。アンドン機能については流通している汎用端末であるAndroidとiOS (Apple) 端末およびPCに表示できることとし、アプリ更新やバージョンの違いによって生じる不具合を排除するため接続時にサーバ側の最新ソフトウェアを自動起動



できるようにした。

また様々な液晶サイズに対応するためプログラムよりハードウェアの実装状態をチェックし表示サイズの自動調整や縦横回転状態に即応するものとした。

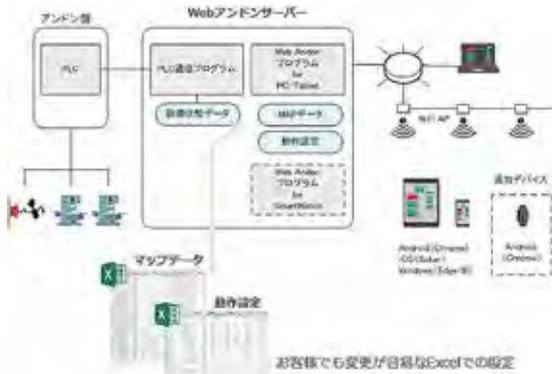


図1 システム構成

生産設備の配置 (MAP) を描画するため本システムは外部定義ファイルを参照する方式とした。外部定義ファイルはユーザにとって身近なExcelで作成可能であり、設備の追加や移設によるレイアウト変更に対応できるものとした。



図2 Excellによる動作設定

5 次世代アンドンシステムの製作

設備に標準的に組み込まれているPLCと次世代アンドンサーバーを実装した模擬装置を試作し、設備データ収集プログラムおよびポータブル端末用アンドンプログラムの制作をおこなった。データ収集プログラムは常時高速で動作させるためC#、アンドンプログラムはJavaScriptにて当社内で作成した。

試作装置は生産設備ネットワーク (EtherNet/IP*) のヘッドエンド装置およびサーバであり設備収集ソフトウェアにより集められたデータをTCP/IPに変換してサーバに蓄積する。サーバはWebサーバも兼ねておりWiFiを介して接続された端末に対してアンドンアプリケーションと設備データを配信する。以後、設備データを500ms

周期で端末に配信することによりリアルタイムに現場状況をグラフィック表示する。

*EtherNet/IP (Ethernet Industrial Protocol : 産業用マルチベンダネットワークの通信規格)

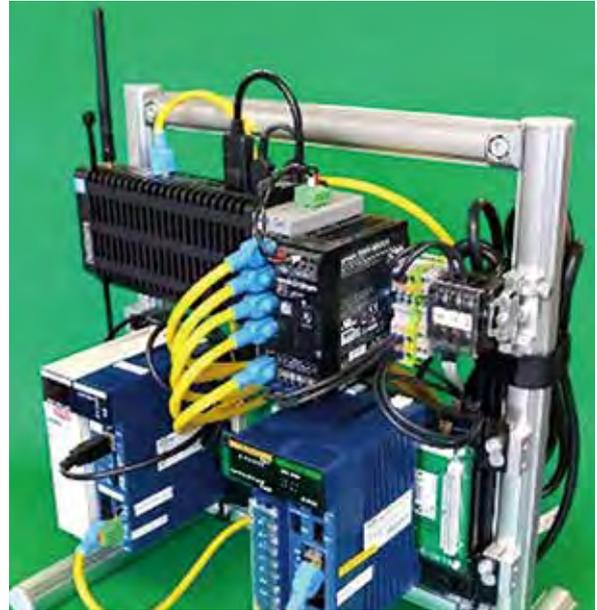


写真3 製作した次世代アンドン装置

各スマートフォンやタブレット内でアプリケーションの動作を行わせる負荷分散型のためサーバ負荷が少なく理論上の接続台数に上限は無い。端末の表示サイズは自動測定し最適サイズで表示するようにした。設備信号の状態が無い場合はCPU動作を制限し電池消費を抑える機能も実装した。

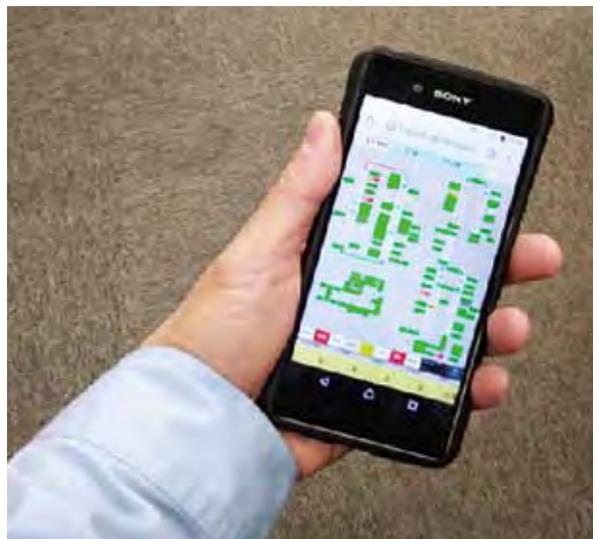


写真4 製作した次世代アンドン

設備に異常が発生すると異常の状態により予め決められた色やアニメーションが音と振動を伴って発報する。異常個所と各所のアイコンで対象設備と異常内容が把握できるが設備をタッチすることにより詳細な情報が表示できる。



写真5 発報中のアイコン表示



図3 機能仕様

6 生産現場での評価運転

フィールド試験としてお客様のエンジン生産ラインに試験導入して頂き、本システムの配下に320台の生産設備と約50個の呼出しボタンを接続した。工場サーバにアンドンシステム導入とWebサーバを構築し、タブレット20台を御用意頂き実証試験を実施した。

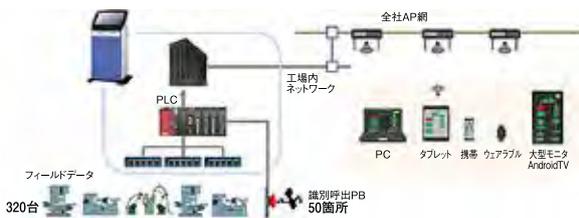


図4 評価環境

7 生産現場での評価

既設のアンドンシステムと同等の情報と監視機能を実現し、500ms～1secのタイムラグで設備異常の発報することが出来た。

- (1) 従来のアンドンは大型モニターを見ないと異常を把握できなかったが個人が見やすい場所に配置できるようになった。設備の死角で見えなくなる事もなくなった。
- (2) 従来のアンドンはラインの一部だけの表示であったが全ラインを見渡すことが出来るようになり、他ラインで発生している障害把握が容易となった。
- (3) 工場マップの拡大操作が出来るようになり設備異常の詳細を手元で確認できる。現場から離れた場所にも移動してもラインの状況が把握でき、事務棟、他工場からでも現場の状況が把握できた。
- (4) 端末の導入にあたりソフトウェアインストールの必要が無く、端末台数が多くてもアップデート作業は必要でないため維持管理が容易であった。

8 他社動向と性能比較

他社のWebアンドンの動向については計装監視ソフトウェア(SCADA)のWeb機能を用いて発報を表示する事例があるが、PC用ソフトウェアであり、遠隔地に本体と同じ画面を配信する機能に留まっている。また、アンドンに特化したソフトウェアではないため復旧の優先順位を指示する支援、マップ上の設備をタップして詳細を確認する、スクロール・拡大縮小など画面操作機能は市販ソフトウェアにはない。

モニターアンドンの製作メーカーは同一画面をWeb配信する機能を追加したが画像配信によるネットワーク過大負荷によりトラフィック問題とサーバ負荷によるダウンなど現場への導入は見送られた。他社ソフトウェアとの大きな相違点はアンドン表示処理を画像で配信してブラウザで表示する方式と設備情報と表示方法を配信し受信側で表示処理を行う点にあり、当社ソフトウェアは後者の方式を採用している。画像伝送方式は開発が容易である反面、配信データ量は画像データが非常に大きくなるため配信先が増えるにつれネット

省施工化を目的とした照明制御見直しの提案事例について

1 はじめに

本施設は、各拠点に配置されている本社機能を統合する目的で建設される新築の自社ビルとなっている。

短工期ではないものの、働き方改革の建設業への適用を踏まえ、よりレベルの高い作業効率の向上および省施工が求められている。

本事例は、様々な省施工の提案を実施している中で、照明制御の見直し事例について紹介する。

2 建物概要

主 用 途：本体棟(事務所・倉庫・駐車場)

構造棟数：S造

延床面積：約33,091㎡

3 電気設備概要

受電系統：高圧6,600V 2回線受電

設備容量：受電1,400kVA サブ変1,600kVA

4 現状の把握

計画時は、図1の通り照明用の電源においては、従来から広く用いられているパナソニック製のフル2線方式が採用されており、画像センサーから移動検知・滞在検知・不在検知の信号を明るさセンサーへ送られ、明るさセンサーは設定照度を保つよう照明器具を調整していた。

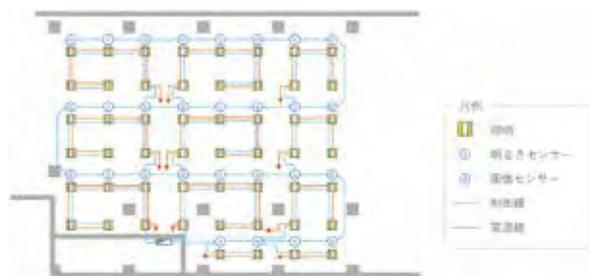


図1 計画時配線図

5 見直し提案

同等の機能を有し、且つ、省施工となる提案を下記の通り実施した。

5.1 案① 電源見直し(天井裏T/Uの採用)

計画時は小電力回路においても、全て分電盤までの配線が必要となるため、延線の労力が過剰となっていた。

また、資源においても、無駄が多く発生していた。そこで、図2のような天井裏にT/Uを設けることで、ケーブル量の削減を図れるシステムの提案を実施した。

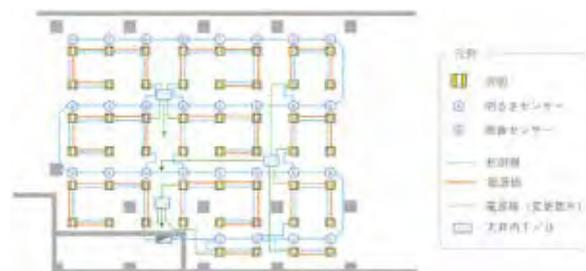


図2 案① 電源見直し

5.2 案② SmartLEDZ Fit Plus SYSTEM(株式会社遠藤照明)

図3の商品説明の他に、次項の優れた特徴を有しているため、提案を進めることとした。



図3 SmartLEDZ Fit Plus SYSTEM システム図

SmartLEDZ Fit Plus SYSTEMの主な特徴

- ①調光信号の無線化に伴い、調光信号線の配線が不要。
- ②多様なグループ分けが可能のため、レイアウトの変更に容易に対応できる。
- ③専用タブレット型コントローラやスマホにて、個別でもグループ分けを行ったエリアでもON/OFFが可能。
また、スケジュール制御や人感センサ及び昼光利用に伴う照度補正などの組み合わせも可能。
- ④調光に加えて、調色も可能
その他、SmartLEDZ Fit Plus SYSTEMを採用した場合の配線図を図4に示す。

中部本部 名南営業所
工事グループ
／下平 祐輔



中部本部 内線部
工事第二グループ
／浅井 健司



中部本部 名南営業所
工事グループ
／中島 啓

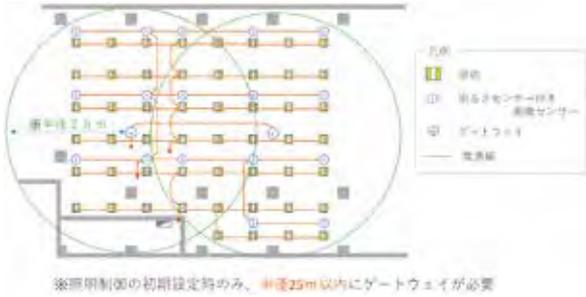


図4 案② SmartLEDZ Fit Plus SYSTEM

また、図5の提案資料（抜粋）と共に表1の計画時と案①、案②のメリット・デメリットを比較し表に纏めたものを示す。

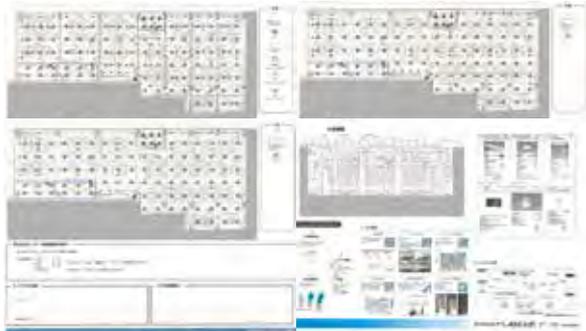


図5 照明制御提案資料（抜粋）

6 提案結果

表2の通り、一部採用に至ったが、不採用のエリアも発生した。また、採用された食堂エリアを図6に示す。

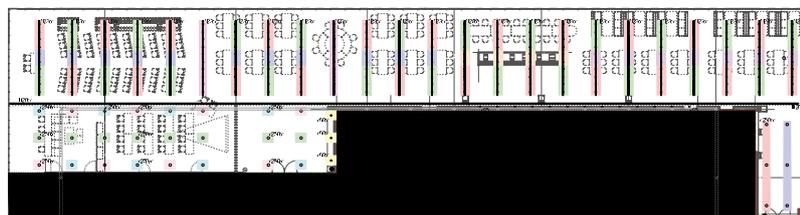


図6 採用された食堂エリア

表1 提案比較表

項目	品目	計画時	案①	案②
省施工	フル2線信号線	要	要	不要
	調光信号線	要	要	不要
	電源線	要	要	要※1
機能	初期照度補正	有	有	有
	自動点灯	有	有	有
	回路分け	固定※2	固定※2	任意
	タブレット、スマホ操作	無	無	有
機器構成	タイムスケジュール	無※3	無※3	有
	調光T/U	要	要	不要
	人感センサ	要	要	要※4
	照度センサ	要	要	要※4
	ゲートウェイ	不要	不要	要
電源制御	リレー	要	要	不要
	T/U	要	要※5	不要
	RYTr	要	要	不要
保守性		○	△	○
	ケーブル	×	△	○
価格	照明器具	○	○	△
	人感センサ	×	×	○※4
	照度センサ	△	△	○
	電源制御	リレー	△	○
	T/U	△	○	◎※6
	RYTr	△	○	◎※6
ゲートウェイ	◎※6	◎※6	△	
労務費	△	△	○	
材料、工費含む	100	98	75	
作業時間（計画を100%とした場合）	100	95	88	
総評		部品点数や配線種別が多く、制御の自由度は低い。汎用部品が多くシステムが停止しても、個別で点灯が可能。	部品の点数は少なく汎用機器が多いが、システム停止時はパッケージ化された制御機器のため強制的に点灯できない。	部品点数が少なく、制御も自由度が高い。また、ゲートウェイなど故障しても、タブレットで強制的に点灯が可能。

- ※1 人感センサに電源が必要
- ※2 最小エリアは配線によるが、最小エリア間の統合は可能
- ※3 別途年間タイマーが必要
- ※4 人感センサと照度センサは、共用
- ※5 負荷電流に制限があるが、リレー、T/U、RYTrは、パッケージ化されている
- ※6 不要なため「○」とした。

表2 採否区分とその理由

エリア	会議室	執務室	食堂
延床面積	約480㎡	1フロア 約2,000㎡	600㎡
照明器具 台数	150台	1フロア 150台	210台
採用結果	×	×	○
採用・不採用理由	会議室の特性上、不快グレアの抑制を施すよりインナップが無く、検討止められた。そのために対応できる器具が家②のラインナップに無かったため不採用。また案①は、効果が薄いので、計画通りとした。	システム天井の器具のラインナップが無く、検討止まりとなった。	計画段階から多目的での使用が想定されており、点滅・色温度・調光・調色がレイアウトフリーで制御できるため、施主の要望とマッチしたため採用が決定した。
備考	不快グレア：人が不快なまぶしさを感じる現象		

7 おわりに

一部は、提案とお客様の要望が整合しなかったために不採用となったが、用途によっては機能の向上を図りつつも省施工化に繋げる提案が可能となった。今後もお客様の要望を組みとり、限りある労働力に付随するロスを減らすべく、生産性の向上に努めたい。

ホテル・商業複合ビルにおける省施工化への取組事例

1 はじめに

本工事は名古屋市に位置する、ホテルと商業施設の複合施設で、1～2階には商業施設が入り、3階以上はビジネスホテルとなっている。

当社では元請けとして電気、空調、衛生設備を一括して担当した。施工管理者側の目線により省施工に向けて各種取組を当初より行った。その中でも電気設備工事に関し特に効果的であったものを紹介する。

2 建物および設備概要

2.1 建物概要

場 所：愛知県名古屋市

構 造：S造 地上16階、地下1階、塔屋1階

2.2 電気設備概要

受電方式：地中引込、高圧6.6kV

設備容量：1φ3W 300kVA×3台

3φ3W 500kVA×1台

750kVA×1台

発 電 機：定格出力280kVA

3 現状と問題点

3.1 墨出し作業

電気工事では、内装工事が始まると天井や壁に設置する機器の位置出しのため、工事全体を通して墨出し作業が繰り返し発生する。図面通りに正確に出す必要があるため、精度とスピードの両立が課題であった。

3.2 搬入・据付作業と資材管理

現場内搬入用ELVは業者毎で利用する必要があるが、互いに搬入時間が制限されるうえ、屋上への搬入・据付作業は塗装面の養生や作業スペースの確保、工具・資材の揚重が幾度と必要で、時間とコストがかかることが予想された。また屋上作業の工程は内装作業のピークと重なることがほとんどのため、施工人員を事前に確保する必要があった。

3.3 別途業者との作業間調整

FF&E業者（家具工事）との電源の受渡しにお

いて、家具搬入時の合番作業が予想された。家具搬入は竣工間際の繁忙期と重なるため、作業員の確保が課題であった。

4 対応策問題点

4.1 墨出し作業の一括管理とQMLの採用

一般的な現場では業種毎に必要な墨出しは各自の責任で行っていたが、専門業者へ全ての墨出し作業を依頼した。各業者で必要となるポイントを一つの図面にまとめ、専門業者に一任した。また墨出し作業にはQML（QuickMark Layout System）を採用した。（写真1参照）



写真1 QMLによる墨出し作業

レーザー照射による墨出し作業は過去にも事例はあったが、新たな課題として操作技術の習得が発生する他、電気設備における墨出し作業は、ケーブルラックや照明器具位置のように直線上となることがほとんどであり、従来どおりの人の手による墨出しと比べメリットを感じづらかった。しかし、建築・設備で必要な墨出しを一括して専門業者に依頼することで、スピーディーで高精度な墨出しが可能となり、多くの手間が省けた。結果、工事全体での業務効率化へと繋がり工程に余裕が生まれた。

これは基準階を要するホテルやマンション、オフィスビルで効果的である。本物件では4～16階の13フロアが客室で基準階となり、1つの図面で対応できた。

4.2 ラダーラック

弱電の縦ラックとしてミラックラダー（未来工業）を採用した。（写真2参照）

中部本部 名西営業所
工事グループ
／渡辺 義紘



中部本部 内線部
工事第二グループ
／小林 拓矢



中部本部 名西営業所
工事グループ
／田中 佑樹



写真2 ラダーラックの施工状況

通常のケーブルラックと比べ保管スペースや運搬の手間が大幅に削減できた。

4.3 室外機廻りのユニット化

屋上に設置する室外機と、それに付随する鉄骨架台、動力盤、冷媒ラック、電源線と信号線の全てを工場にて組立て、ユニット化した。(写真3参照)



写真3 室外機ユニットの搬入状況

これにより、当初7日掛かる予定であった屋上機器の搬入を2日で終わらすことができたうえ、養生や作業スペースの確保、ELVやクレーンの使用も必要最小限に抑えることができた。更に特筆すべきは、本来なら繁忙期に係る多くの作業を、工程に余裕のあるタイミングで実施できたことである。結果、安全・品質の向上にも繋がった。注意すべき点としては、工程の前倒しに伴い盤や機器の納期が早まるため、仕様決定を早期に終わらせる必要がある。

4.4 家具電源のコネクタ渡し

今回、客室の家具業者との電源受渡しについて、家具点検口内でのコネクタ渡しとした。これによ

り、責任分界点を明確にでき、通電後の切り離しも容易で安全に作業できた。また、繰り返し必要となる合番作業（今回は195室分）の全てを回避した。(写真4参照)



写真4 家具内でのコネクタ接続の様子

電気工事の事前作業としては配線作業を従来どおり行い、コネクタの電源側を取り付けた。そして家具業者にコネクタの機器側を事前に支給し、工場での家具製作時に負荷側への取り付けを依頼した。これにより家具建付け時の電源工事にはコネクタ接続のみとなり、電気工事として合番は不要となった。

5 今後の展望

5.1 室外機ユニット

今回は電気・空調工事ともに当社施工であったため、サブコン間での調整がスムーズに行えた。また機器搬入業者も同一業者としたため、業者の敷地内での組立作業や現地搬入も同時に行えた。今後サブコンが別会社となる場合に調整をどのようにしていくかが課題となる。

5.2 コネクタ

今回は家具業者との調整のみ採用したが、空調機器や衛生機器での電源受渡しでも活用できる。元々が電源直結の機器だとコストアップになるが、コンセント渡しの機器であれば代替え検討も可能である。

6 おわりに

本工事を施工するにあたり、関係各社に多大なるご協力をいただきましたことに深く感謝いたします。

ダイレクト結線端子台採用による盤の省施工、省スペース化

1 はじめに

当該施設は、名古屋市の栄地区に位置する、地下2階、地上6階の商業施設であり、16店舗のテナントが出店している。

当社では、本施設新築工事の電気設備工事（A工事）を担当していたがEPS検討後に盤の将来用スペースを追加することとなり、EPS内設置予定の盤や機器の大きさを当初よりサイズダウンする必要があった。また各テナントへの幹線ケーブル敷設（B工事）も請け負うこととなり、工期終盤での対応となったので、限られた工期で施工を求められることとなった。

本稿では、幹線のダイレクト結線による盤のコンパクト化と、幹線接続の省施工について紹介する。

2 建物および設備の概要

2.1 建物概要

場 所：愛知県名古屋市
主用途：商業施設
構 造：SRC・S造

2.2 電気設備概要

契約電力：高圧 600kW
受変電設備容量：3φ 1,500kVA, 1φ 900kVA

3 施工の問題点

(1) 電源分岐盤のコンパクト化

当初予定から電源分岐盤と将来用スペースの確保が求められた。EPS内は盤配置スペースが限られていたため、電源分岐盤をよりコンパクト化する必要があった。

(2) 幹線接続の工期短縮

分電盤追加により幹線接続の工数増加が想定できたが、作業は工期終盤に集中し、盤内作業は作業スペースの確保が難しく人員を増やしての対応が困難であることから、幹線接続作業の省施工化が求められた。

4 対応策

4.1 電源分岐盤の盤幅縮小

(1) ダイレクト結線端子台の選定

テナントへの電源供給は電源分岐盤が必要となるが、その時点でEPS内盤配置まで検討済みであった。さらに将来用として機器設置スペースを確保する要望も施主からあり、電源分岐盤をよりコンパクトにすることにした。

まず、盤内機器構成で盤幅を決定する機器構成を調べたところ、端子台が幅をとっていることがわかり、要因として幹線の1次側、2次側の端子台が横並びとなっていたためであった。そこで盤のコンパクト化を図るため、ワゴジャパン製のPOWER CAGE CLAMP（ダイレクト結線端子台）を選定した。（写真1参照）



写真1 ダイレクト結線端子台

(2) 端子台の幅比較検討

CVT200sqを4本入線する盤の場合、一般端子台であれば200sq×12本分は幅712mmの端子台が必要となる。しかしダイレクト結線端子台を利用した場合、200sqの端子台は32mmの幅であり、12個分で幅384mmとなる。その結果、一般端子台に対しダイレクト端子台は幅46%の削減が可能となる。（表1参照）

表1 端子台のサイズ比較表

	一般端子台	ダイレクト端子台
製品	KTF400 (共立継器)	Power Cage Clamp (WAGO)
サイズ	712 mm (200sq×12本)	384 mm (32mm×12個)

電源分岐盤の幅も3割縮小することが可能であり、設置スペースの問題も解消できることから、ダイレクト端子台を施主へ提案した。一般端子台とは結線方法が異なり、品質を懸念されたが、納入実績や規格を取得している事を説明し採用となった。

電源分岐盤がコンパクトになり、無事にEPSに

中部本部 内線部
工事第二グループ
／森川 直樹



中部本部 内線部
工事第二グループ
／寺澤 旭弘



設置することができ、余剰となったスペースを将来用機器スペースとして利用が可能となった。(写真2参照)



写真2 電源分岐盤のダイレクト結線端子台

4.2 幹線接続の工期短縮

テナント幹線を敷設し、電源分岐盤の設置した後に幹線の接続を施工することとなる。通常、盤内への幹線接続作業は工期終盤に集中し、後工程には内装仕上げ作業も控えている。また前述のEPS内では同時に複数人での作業が難しいという問題があった。

ダイレクト結線端子台は普通端子台と比べ、接続作業の時間が短縮可能である。ケーブルの採寸・切断、ケーブル被覆の剥ぎ取りまでは、通常端子台と同様の作業であるが、そのままケーブルを差し込めば接続可能であるため、一般端子台の圧着端子の圧着とその締付けといった作業が不要となる(図1参照)

一般端子台と比べ約1/3の作業時間でケーブルを接続することができ、電源分岐盤は端子台が多数あったことから、工期短縮に大きな効果があった。

その他の特徴として、バネの力により、ケーブルサイズに合わせた力でワンタッチ固定されるため、接続ボルトのトルク管理・締付確認が不要となった。接続状況は端子台上部のロックボタンで

目視確認可能であるため、施工担当者の確認作業削減にも効果があった。

5 施工管理・指導

ダイレクト結線端子台は、専用の施工方法を習得する必要があり、工具も一般端子台と異なるものが必要であった。(写真3参照) また、施工品質を確保するため、接続作業を担当する作業員を対象に講習会を開催し、メーカー担当者を講師として招き直接指導していただいた。

また竣工引渡し時には、施主・ビル管理会社の担当の方へ接続手順の説明と、備品として専用工具を引き渡した。



写真3 専用ゲージによる採寸作業

6 おわりに

ダイレクト結線端子台は省施工と省スペース化に効果的であった。しかし施工例がまだ少ないため、現場での施主、監理者の承諾が必要である。今回の現場では盤のコンパクト化に理解して頂き採用となった。

ご協力頂いた関係者の皆様に改めて感謝の意を表する。

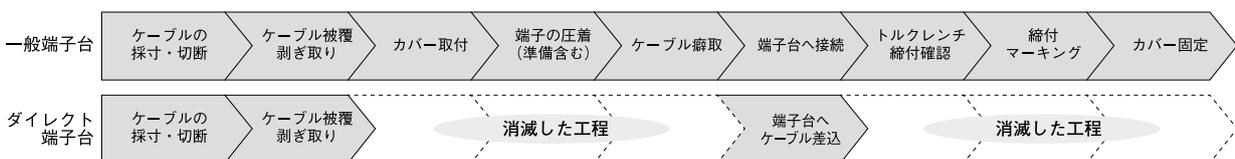


図1 端子台別工程数比較

防塵対策現場での電気設備事例について

1 はじめに

世界では、脱炭素社会に向け火力発電所の計画見送りや縮小、廃棄などが進んでいる中、我が国において、石炭は安定供給や経済性の面で優れたエネルギー源であり、石油などに比べて採掘できる年数が長いため、継続して発電所の更新の計画がされている。その石炭火力発電所において、石炭の貯蔵施設である貯炭場が必要となるが、その電気設備においては、防塵対策が必要不可欠となっていた。

本件では、貯炭場における電気設備の防塵対策について、紹介する。

2 建物概要

延床面積：約110,000㎡
構造等：鉄骨造 建物高さ約39m

3 設備概要

受電系統：高圧6,600V 1回線受電
設備容量：受電200kVA サブ変200kVA

4 工事着手時の問題点

石炭の粒子径は数十 μm 程度で、保管時に粉塵が飛散する。そのため、粉塵が電気設備内の機器に入り込むことで、機器の故障や誤動作及び、その粉塵は可燃性のため、帯電による延焼などを発生させない対策が必要となった。

5 防塵対策

建屋内の主な電気設備において、需要度の高い設備から優先順位を立てて、下記の通り整理を行った。

5.1 総合盤

総合盤には、自火報受信機、総合操作盤、非常用アンプが同一の筐体に組み込まれていた。

それぞれが、消防法により設置が義務づけられており、故障などが発生すると、貯炭場といった性質上、火災検出の不具合による被害の拡大など、甚大な支障をきたすことが予想された。

5.2 電灯分電盤、動力制御盤

電灯分電盤や動力制御盤は、貯炭場内の照明設備や建物用の動力設備（シャッターなど）の電源を担っていた。

そのため、電源の供給元である電源盤に粉塵などが混入すると、短絡などの発生から遮断器の開放による電源停止や火災の原因となり、発電所における電力の安定供給の妨げになることが予想された。

5.3 LED照明器具

電力の安定供給に直接、影響を与えるものではないが、器具内に粉塵が混入することで、故障による過負荷や短絡による電源盤の主遮断器の開放や器具の延焼などが危惧された。

6 問題を克服するための各電気設備への対策

6.1 総合盤への防塵対策

総合盤への防塵対策として、写真1及び図1の仕様書に示す通り、気密性が優れるIP54相当を確保した屋外用の筐体に防災用の各機器を収納することとした。ただし、気密性が確保されることと相反して、機器の放熱ができない課題が生じた。

その課題を克服するために、給気ファン（写真1、写真2）を設けて総合盤に外気を供給し、写真1の右側2面から排気することで、機器の放熱を行うものとした。これは、放熱を行うと共に、常に総合盤内を正圧に保持することで、粉塵の混入を防ぐ役割も兼ねるものとした。また、塩害地域でもあるため、ファンの吸気口には塩害フィルターの設置も行った。



写真1 給気ファンと総合盤

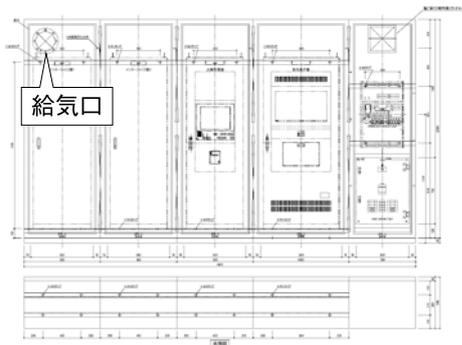


図1 総合盤仕様書



写真4 分電盤への配管接続状況



写真2 給気ファン

6.2 電灯分電盤、動力制御盤への対策

各盤は、筐体の仕様をIP54とすることで、粉塵からの保護を図るものとした。なお、IP64としなかったのは、建築物のインフラ電源が主であり、コンベアなど重要設備への電源は担っていないことから、完全な防塵構造までは望まないものと考えた。また、写真3、4の通り、配管を直接分電盤に接続せず、盤の架台兼配管接続ボックスへ接続することで、配管接続部からの粉塵の混入を防ぐものとした。



写真3 分電盤取付状況

6.3 LED照明器具への対策

LED照明は、IP54からなる既製品を使用したのが、落下防止措置が必要な部分に関しては、付属ワイヤーが左右に振動することにより、コーキングが切れてしまうことが危惧された。そのため、照明器具内にワイヤーを取り込む部分に重りを掛け（写真5）、その重りの張力によりワイヤーが弛まないように配慮した。



写真5 重り設置

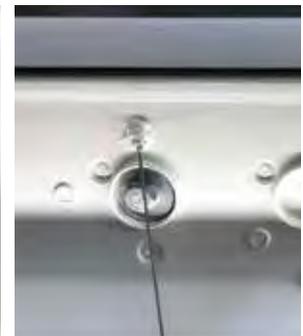


写真6 重り部シール

7 おわりに

照明器具の貫通部分に対して防塵処置としてコーキングを使用したのが、コーキングは経年劣化が危惧されることが今回の反省点である。今後は工事者側での対応ではなく、経年劣化が少ない部材の取付けをメーカーに依頼した方が高い品質を確保でき、すべての器具において品質が統一されるため、お客様に対してより安全・安心を提供できるようにしたい。

総合盤の防塵対策については、屋外盤の止水対策としても流用できるので、塩害地域などで、盤の内部へ塩分を含んだ気体や液体が混入することを防ぐ必要がある場合において、今後も提案して行きたい。

寄宿舍新築におけるブランチケーブルなどの採用による省施工例について

1 はじめに

当該施設は、490室を擁する在来RC造11階建ての寄宿舍の新築工事である。多様な室タイプを有する分譲マンションとは異なり、単一タイプの居室が490室あるため、作業効率は高められるが、在来RC造であることから内装工事に余裕を持った工期を期待できないことが予想された。

そこで、居室内の配線及び幹線ケーブル布設作業の省力化を検討し工期の短縮を図った。本稿では、寄宿舍新築工事における、ブランチケーブル及びユニットケーブルの採用事例を紹介する。

2 電気設備の概要

受電方式：高圧6,600V 1回線受電
設備容量：1φ 1,400kVA 3φ 600kVA

3 工事着手前の問題点

居室へ電源供給を行う幹線系統について、各階南北に系統分けされていたが、図1の例に示す通り、南系統で26室分、北系統で23室分へ電源を供給する計画となっており、表1の幹線ケーブル欄の通り多くの幹線分岐接続が発生する計画となっていた。また、490室ある居室においてエアコン用コンセントとロスナイ電源や照明器具・スイッチ及びコンセント回路がそれぞれ同一回路になっているため、表1の居室内ケーブルの欄のように多くの結線作業が必要であった。

ケーブルの結線・接続に労力が掛かることに加え、箇所数が多いため、誤結線や接続不具合なども危惧された。

表1 ケーブル接続箇所数

品目	接続箇所数(箇所)	計画時所要時間(h)
幹線ケーブル	500	240
居室内ケーブル	4,566	180

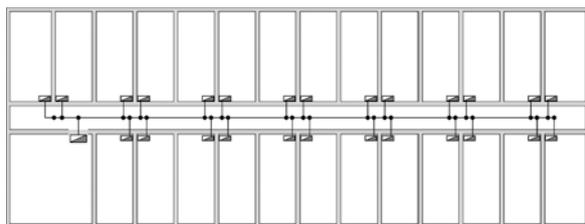


図1 計画時 幹線系統例

4 ブランチケーブル、ユニットケーブルの採用

問題点の解消へ向け、幹線系統においてはブランチケーブルを採用し、居室内においてユニットケーブルを採用することで、現場作業の省力化に伴う工期短縮と品質保持を図ることとした。

4.1 ブランチケーブル

ブランチケーブルは、図2の仕様書、図3の配線図に示す通り、主ケーブルと分岐ケーブルの種別・巨長・分岐位置を設計し、工場にて分岐接続を施した製品とした。

また、主ケーブルが界壁を貫通する部分において、貫通部にダクトを設置することで、先行配線を行うこととした。(写真1、2)

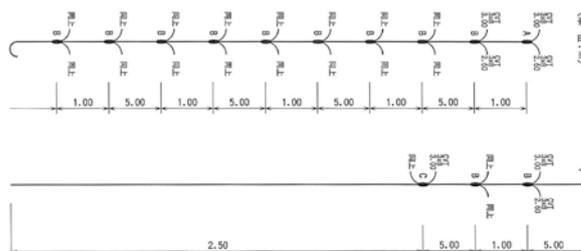


図2 ブランチケーブル仕様書(南系統 抜粋)

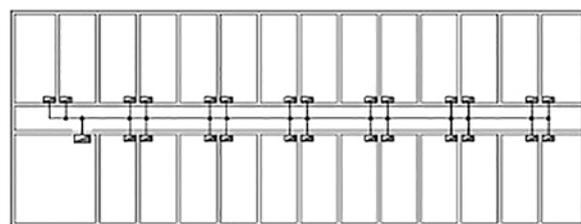


図3 ブランチケーブルの幹線系統例(南系統)



写真1 ブランチケーブル敷設状況

中部本部 名南営業所
工事グループ
／山野 陵



中部本部 内線部
工事第二グループ
／田口 訓久



中部本部 名南営業所
工事グループ
／村上 千尋



写真2 先付けダクト取付状況

その他、分岐ケーブルは、計画時はCVT14sqであったが、居室盤まで3m以下とすることから、負荷電流を安全に流せるCVT8sqに変更することで、若干ではあるものの作業性の向上とコストダウンを図った。

また、内線規程では、分岐点から3m以内にブレーカを設置する場合には主ケーブルを保護するブレーカの影響を受けないとあるが、念のため内線規程の「接地線の太さの算定基礎」を参考にCVT8sqの使用が問題ないか検証した。

CVT8sqの検証

$$\theta = 0.008 \left(\frac{I}{A} \right)^2 t$$

ここに θ : 銅線の温度上昇[°C] I : 電流[A]

A : 銅線の断面積[mm²] t : 通電時間[秒]

$$A = 0.052 \ln$$

ここに ln : 主ケーブルを保護する過電流遮断器の定格電流[A]

$$= 0.052 \times 150$$

$$= 7.8$$

よって、8sqの使用は問題ないことを確認した。

4.2 ユニットケーブル

ユニットケーブルは、図4の仕様書に示す通り、あらかじめ電源ケーブル、負荷用ケーブル・スイッチ用ケーブルのサイズ・芯数・亘長を設計した。これに基づき、電線メーカーの工場にて電気配線回路を結線し、接続部をモールドさせることとした。また、配線図の作図時に配線ルートや支持方法を定めておき、異なる作業員においても、同一の品質を維持できるように配慮した。(写真3)

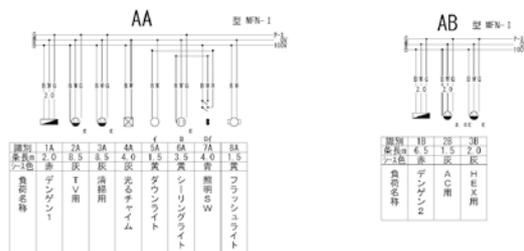


図4 ユニットケーブル仕様書



写真3 ユニットケーブル敷設状況

5 実施内容の成果

現場でのケーブル結線・接続を省くことができ、表1の労働力の削減が可能となった。

その他のメリットとして、

- ・結線・接続作業で発生するケーブルの端尺が出ないため、省資源化及び過剰な電線発注の抑制と過剰に発注された電線の敷設労力の抑制。
- ・通常のドラム巻などの場合、余長配線を使いまわすために材料移動や余長の確認が必要であるが、ユニットケーブルの場合は、それらの材料移動が不要。
- ・カラーシースの採用と用途名称をプリントすることで配線作業時の識別が容易で効率よく作業を行える。
- ・分岐ケーブルを搬入する手間が無くなる。
- ・誤結線や接続不具合の解消ができる。

などの成果もあった。全体のレイアウトは、割り付けスペースにより拡大・縮小されるため、特にサイズの希望がある場合はその旨を指示する。

6 おわりに

今後、建設業においても働き方改革がより一層加速されることを踏まえ、メーカーなどへの単なる労働力の移譲に留めることなく、作業効率の向上に基づいた労働力の低減と労働負荷の平準化に努めていきたい。

短工期の工場新築における、配管の仕様変更による省力化事例について

1 はじめに

本施設は、延べ床面積約2万5千㎡からなる生産工場の新築であり、全体工期は12ヶ月であるものの内装に掛かる工事期間は4ヶ月弱と短工期となっていた。加えて、工期中にお客様の生産機器が1ヶ月前倒して納品されることとなり実質工期が2.5ヶ月程度となった。また当然であるが、短工期ながらも高品質を求められているため、品質を維持しつつ省力化を図る工法が必然となった。

2 工事概要

2.1 建物概要

工期：2019年11月1日～2020年10月31日
 延床面積：約25,000㎡
 構造等：鉄骨造 地上3階

2.2 電気設備概要

変圧器容量：13,600kVA
 幹線方式：バスダクト、ケーブル給電

3 問題点の把握

3.1 短工期

実質工期が2.5ヶ月であり、床面仕上げが塗床であるため、個別のエリアでの作業時間はさらに短くなった。

3.2 使用材料

①生産工場の性質上、露出配管量が多く一般物件に比較して、単位時間当たりの作業員の労働力が大きくなっていった。

②ケーブルラックを多く敷設する計画となっているため、先行敷設の方法の検討が必要であった。短工期であることに加え、床面仕上げが塗床であるため、個別のエリアでの作業時間はさらに短くなった。

4 問題解決に向けた工事内容の整理

問題を克服するためには、材料に付帯する工事ボリュームを把握する必要があった。物量の多い材料を優先的に把握し、代替材料や工法で施工可能か検討した。

4.1 露出金属配管

露出金属製配管の種類、用途、使用場所、数量

及び作業人員を表1の通り、各種別の作業方法の概略においては表2の通り整理した。

表1 使用配管の整理

使用材料	場所・用途	使用量(m)	作業人員(人)
厚鋼電線管 16～28	屋外・照明、火報	3,300	80
厚鋼電線管 36～104	屋外・動力	1,300	70
ねじなし電線管 19～31	屋内梁部・照明 屋内壁他・照明コンセント他	19,000	330
ねじなし電線管 39～75	屋内壁他・幹線、動力負荷	1,900	60

表2 作業方法の整理

使用材料	場所・用途	作業方法
厚鋼電線管16～28	屋外・照明、火報	床面、立ち馬など
厚鋼電線管36～104	屋外・動力	床面、立ち馬など
ねじなし電線管 19～31	屋内梁部・照明 屋内壁他・照明コンセント他	高所作業車(高) 高所作業車(高・低)
ねじなし電線管 39～75	屋内壁他・幹線、動力負荷	高所作業車(低)

また、金属製電線管の一般的な作業手順を以下に示す。

- ①高所作業車に搭乗し、配管敷設場所の採寸をする。
- ②加工場に戻り切断や曲げ加工などを行う。写真1
- ③材料を持ち、再度高所作業車に搭乗して、配管を敷設する。写真2

※採寸を誤った場合は、①から繰り返した。



写真1 金属製電線管加工状況



写真2 金属製電線管取付状況

4.2 ケーブルラック

配管同様に用途ごとに下記の表3の通り仕分けを行った。

表3 ケーブルラックの整理

使用材料	用途	場所	使用量(m)	後工程 工事期間(日)
W300～600	電力負荷	建屋中央、盤上部	1,260	15
W800～1200	電力幹線	外壁周囲	820	10



5 問題解決の検討

材料の種別や用途、作業環境などに合わせた適正な材料を選定することで省施工が可能か検討した。

5.1 露出配管材料の見直し

(1) プラフレキタフストの採用

表1、2の整理により、屋内梁部は配管量が多く、高所作業車での作業が多いため、古河電気工業製のプラフレキタフストで施工が最適と判断し、図1の提案を行い採用された。



図1 プラフレキタフスト提案書（抜粋）

採用の判断基準は、梁部はb梁から大梁間で配管加工が多いため採寸の頻度が多くなることに加え、最も高所での作業となるため、採寸や作業においてもロスが多くなるエリアと判断した。

そこで、プラフレキタフストであれば、下記に示す手順で作業が可能であり、金属製配管に比較し採寸や加工などを削減できるため、大幅に作業効率を高めることが期待できた。

プラフレキタフストの作業手順

- ①材料を持ち高所作業車に搭乗する。
- ②採寸しながら、配管敷設。写真3



写真3 プラフレキタフスト 取付状況

その他のメリットを下記に示す。

- ①軽いので、搬入や運搬が容易。
 - ②配管を敷設するとき仕上げ材を傷つけない。
 - ③材工含めて、20%程度のコストメリットがある。
- (2) ケーブルラックによるころがし配線の採用

表1、2の整理により、屋内の配管ルートとラックルートが重複しているエリアについて、ケーブルラックを流用することで、配管自体を低減させることとした。

5.2 ケーブルラックの先行敷設

表3の整理の結果、電力幹線が外壁に近いことから、先行敷設するために、外壁や柱型から離隔した位置にケーブルラックを敷設することとした。これにより、他業者との工程上の重複を避け、後工程に余裕が生まれ、過剰な作業員の調達を避けることができると判断した。

6 効果の確認

6.1 金属製電線管の見直し

プラフレキタフストやケーブルラックによるころがし配線を採用することで、表4に示すエリアで、計画時より作業人員を低減することができた。

表4 使用配管の整理

使用材料	変更内容	計画時 作業人員(人)	実施後 作業人員(人)
ねじなし電線管 19～31	10,000mをプラフレキタフストに変更	330	290
ねじなし電線管 39～75	10,000mをラック上ころがしに変更	340	180
	900mをラック上ころがしに変更	60	30

6.2 ケーブルラックの先行敷設

ケーブルラックの一部先行敷設により、表5の通り、後工程に余裕を作ることで、作業員の労働力の平準化が行え、作業員不足を回避することができた。

表5 ケーブルラックの整理

使用材料	用途	計画時後工程 工事期間(日)	実施時後工程 工事期間(日)
W300～600	電力負荷	15	25
W800～1200	電力幹線	10	25

7 おわりに

今回紹介した事例の他にも様々な施策を組合せ、工期内で工事を完成することができた。

プラフレキタフストにおいては、施工性は優れているものの慣れが必要であることに加え、たわみなど発生するために意匠上で問題となることもあるので、使用場所を十分確認する必要がある。

今後も、高い品質を維持しつつ短工期においても対応できる取り組みを続けていきたい。

中部電力MIRAI TOWER (旧 名古屋テレビ塔) における電気設備改修工事事例

1 はじめに

当該施設は日本で最初に完成した集約電波鉄塔で高さ180mを誇り、登録有形文化財に登録されている。

今回、南海トラフ地震の想定震度6強に耐える免震装置の設置を主とした免震工事と、塔内にホテル、式場、飲食スペース等のテナントが入るリニューアル工事が計画された。当社では本件の電気設備工事を担当し、施工計画、施工を一貫して行った。

本稿では、当該工事で電気設備施工のポイントとなった鉄塔部の配管配線、幹線設備の免震施工について紹介する。

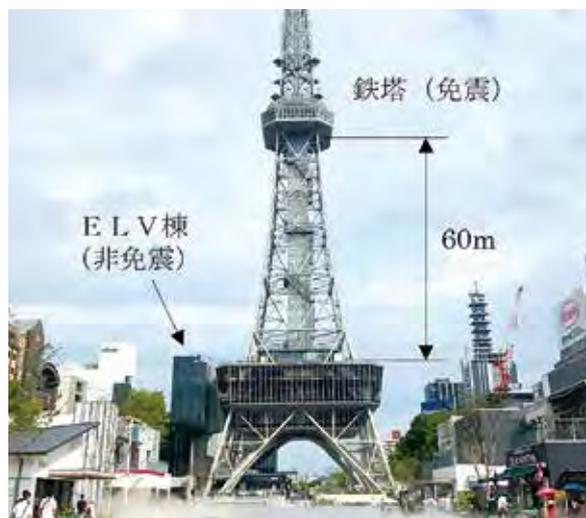


写真1 中部電力MIRAI TOWER外観

2 建物および設備概要

2.1 建物概要

場 所：愛知県名古屋市中区
建 築 用 途：展望台、飲食、物販、宿泊等
構 造・棟 数：S造 本体棟、ELV棟
建 築 主：名古屋テレビ塔株式会社
設 計・監 理：株式会社日建設計
施 工：株式会社竹中工務店

2.2 電気設備概要

受 電 系 統：地中より高圧6.6kV受電
受電設備容量：1φ 350kVA、3φ 1,000kVA
低圧非常用発電機：3φ 300kVA

3 電気設備施工ポイント

3.1 本体棟の配管配線

本体棟（以下鉄塔）は、2段構成になっており上層部は展望スペースやELV機械室、下層部にはテナントエリアがあり高低差が60mある。その間を外部配管で繋ぎ、最大CVT150sqの幹線を敷設する必要があった。

3.2 免震施工 3.1 本体棟の配管配線

鉄塔は4カ所の脚があり、地下1階のレベルに4つの免震装置が設置される。また鉄塔の西側には非免震構造のELV棟が増築され受変電設備、非常用発電機設備を設置する計画であったため、鉄塔とELV棟間で幹線ケーブルの免震施工を行う必要があった。（写真1参照）

4 対 策

4.1 鉄塔部の配管配線

(1) 屋外配管施工

屋外で直線上に60mを鋼管にて配管するため、日射熱による配管の伸縮を考慮する必要があった。熱膨張量は式1で計算することができる。

$$\Delta L = \alpha(t_1 - t_2) \times L \quad \text{式1}$$

ΔL ：熱膨張量(mm)

L：膨張前の長さ(mm)

α ：線膨張係数(炭素鋼 11.6×10^{-6})

t1：変化前の温度(°C)

t2：変化後の温度(°C)

鋼管の温度変化を0°C～60°Cと仮定すると最大約42mm伸縮することが想定できた。一般的な工法により全ての配管を接続固定した場合、伸縮の影響で配管の変形や固定部分のゆるみが発生する可能性があり、配管の接続方法を再検討する必要があった。

そこで60mのスパンの途中に5カ所のプルボックスを設け、プルボックスへの配管固定方法にて伸縮への対応をした。プルボックス上部の配管固定は一般的な工法であるボックスコネクタを使用し、下部の配管はプルボックス内へ貫通させるのみで終えた。下部配管をフレキシブルにすることで、上下方向の伸縮に対して力を分散するようにした(写真2参照)。

またすべてのボルトナットでの固定はダブルナットで行い締付の確認を徹底した。



写真2 プルボックス内の下部配管

(2) 鉄塔部配管内の配線

(1) で敷設した配管にケーブルを施工するため計画した。課題としては下からケーブルを配管内に通し引き上げる際、パワーボールなど途中の支持が取れないことで、最大CVT150sqを60m、約330kgを最上部にセットしたウィンチのみで引き上げられるように検討する必要がある。(図1参照)

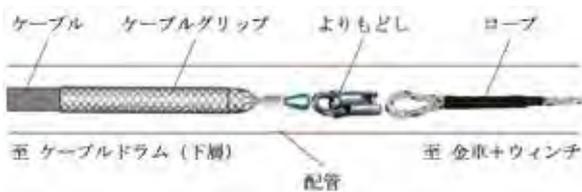


図1 ウィンチとケーブル間で使用する機材

図1のように、配線には上層部に設置したウィンチ、金車、ロープ、よりもどし、ケーブルグリップを使用する。それぞれの耐荷重がケーブルの荷重に対して安全率3以上となるように機材選定し施工計画を立て施工に努めた。また配線後のケーブルは配管口元に専用のストッパーを取付けることで支持している。

4.2 免震施工

鉄塔の免震化に伴い水平方向に600mm、鉛直方向に50mmの免震クリアランスが要求された。またそれに伴いケーブルも地震の際、塔体の動きで損傷を受けない余長(免震余長)を設ける必要があった。一般的に免震余長は、固定点間のケーブルの長さで、式2で計算することができる。

$$L \geq 1.2 (\sigma + d) \quad \text{式2}$$

L：免震余長(mm)

σ ：免震クリアランス(今回600mm)

d：ケーブルの固定点間の距離(mm)

今回、ケーブルラックを途中で縁切りすることで必要な免震クリアランスを確保することとした。またケーブルはそれぞれのケーブルラック末端の子桁で固定した場合、ケーブルの固定点間の距離は、1,100mmとなるため、式2より免震余長が2,040mm以上になるように計画した。

本工事では免震余長は鉄塔の屋根付近でしか取れず、屋根は折半屋根となっているため、総重量約100kgの余長ケーブルを直接乗せることができない。そこで写真3のような形で施工した。固定点以外はケーブルを固定することなく、中間でダクターにケーブルを掛けることで限られたスペースで必要とされる免震余長を確保し施工することができた。



写真3 免震施工 (写真は施工中のもの)

5 おわりに

地元のランドマーク的存在ということもあり、施工中にはテレビ局による取材が現場内へ入るなど、周囲の関心の高さを感じることも度々あった。施工にあたり、建築主である名古屋テレビ塔(株)をはじめ、(株)日建設計、(株)竹中工務店の方々のご協力があり、優れた施工を実現することができた。関係者の方々に改めて感謝の意を表する。

BIMを活用したケーブル布設の取り組み

1 はじめに

BIMとは、Building Information Modelingの略称で、「建物を情報で形成する」を意味している。コンピューター上の3D空間に現実と同じ建物の仮想モデルを造り、そこから得られる情報により、企画設計から施工維持管理まで活用できる仕組みを表す。BIMの中には、形状、仕様などの資材情報や、属性、メーカーなど様々な情報が含まれている。その付加価値の高い情報を建築物のライフサイクルへ展開することが可能である。(図1参照)



図1 ライフサイクル

近年の建設業界では、建物の設計時及び工事着工の早い段階からこのBIMを活用し、建物や設備が見える化して施工に取り組む流れにある。これは業務効率化と施工品質の向上に貢献すると共に、次世代のスタンダードになると期待されている。建築の設計段階から携わることにより、設計時と竣工時との工事内容の乖離を解消し、建設計画の精度向上にも寄与する。今回、このBIMを活用した施工事例について紹介する。

2 施設の概要

- 【対象物件】 機械工場
- 【発注者】 株式会社竹中工務店
- 【工期】 令和元年10月～令和2年10月
- 【建物用途】 工場
- 【建築面積】 12,713.47㎡
- 【延床面積】 12,713.47㎡ 地上1階 S造
- 【工事種別】 改修工事（大規模）

3 設備の概要

今回の工事では、特高変電所の各フィーダより増設したF変台とG変台へそれぞれ3.3kVCVT 325sqの高圧ケーブルで送っている。キュービクルの主たる機能は以下の通りである。

受変電設備「F変台」（増設）

- ・受電用遮断器
7.2kV VCB 600A
- ・変圧器
3.3kV3φTr（油入）：2,000kVA×2
- ・高圧進相コンデンサ
3.3kV3φSC（油入）：213kvar×4

受変電設備「G変台」（増設）

- ・受電用遮断器
7.2kV VCB 600A
- ・変圧器
3.3kV3φTr（油入）：2,000kVA×1
3.3kV1φTr（油入）：500kVA×1
- ・高圧進相コンデンサ
3.3kV3φSC（油入）：213kvar×2

4 施工上の課題とテーマ

本案件では、隣接する工場が稼働中のため、3つの課題をあげた。

- (1) 生産への影響をださない
- (2) 工事期間中の安全への配慮
- (3) 短工期での施工

また、新築建物と異なり、既存建物は干渉物が多数ある中での工事であった。工期内に工事を完成するには、綿密な工事計画と建築の過程をわかりやすくする工夫を必要とし、見えない課題も出ることが予想された。そこで我々のテーマとして掲げたのは手戻りの少ない施工であった。

5 施工上の対策

5.1 ワークフローについて

これらを満足するために、既存建物の調査段階で、建築や設備の位置調整及び細部に至る収まり

岡崎支店 営業部
技術グループ
／福田 幹久



岡崎支店 刈谷営業所
工事グループ
／児玉 晃豊



岡崎支店 刈谷営業所
工事グループ
／坂井 英二



の検討が必要であると考えた。従来の方法は、各建設業者の平面図・立面図・断面図などを集約した総合図で施工方法を検討し、予想されるリスクへの対策を講じて、安全管理や工程の組立を行っていた。(図2参照)

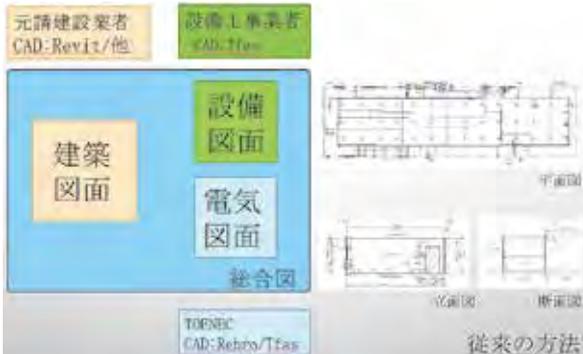


図2 従来の検討方法

本案件では掲げたテーマにもとづき、元請建設業者と協調をとり計画段階からBIMを活用することで解決を図った。元請建設業者が中心となり、StreamBIMと言うクラウド上に意匠、建築、既存建物、設備、電気、などのIFCファイルをアップロードして総合的な干渉チェックを行った。このIFCファイルを共通のフォーマットに使用することで他業者同士のCADソフトの互換性問題も解消した。早期に問題点を洗い出し解決策改善策を講じ、工程の遅延防止に努めた。(図3、図4参照)

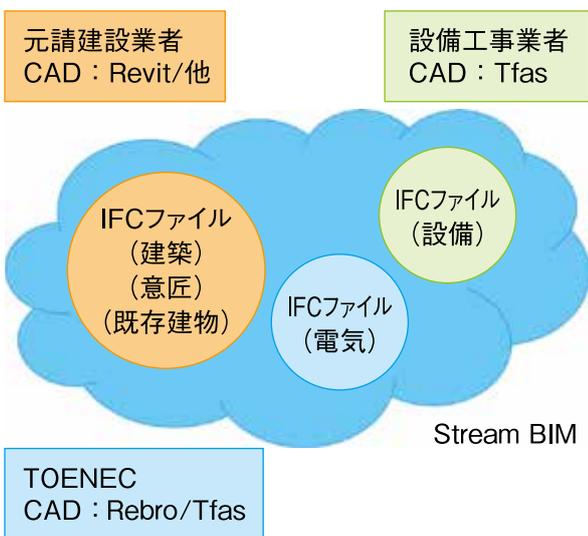


図3 クラウド上のアップロード



図4 クラウド上での干渉チェック

5.2 施工方法と現場の見える化

限られた工期の中で効率よく現場で施工できるように、バスダクトなど製作期間の要する資材を先行して作図し、収まりの事前検討を行った。(図5-1、写真1参照)



図5-1 施工前 (バスダクト)



写真1 施工後

続いてケーブルラック及びケーブルの作図により、収まりや作業時のルート確認を検討した。(図5-2、写真2参照) 工事の際、配線ルート上に作図を掲示し幹線ケーブルの布設を行った。図5-3は写真2に掲示している3D図で天井から見下ろした様子を表している。このように作業担当者目線で作図した3D図を掲示することにより、現場の見える化を図り配線ミスの防止に役立てた。

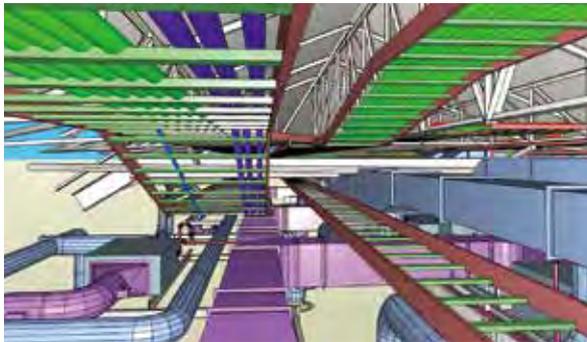


図5-2 施工前（ケーブルラック・ケーブル）



写真2 施工後

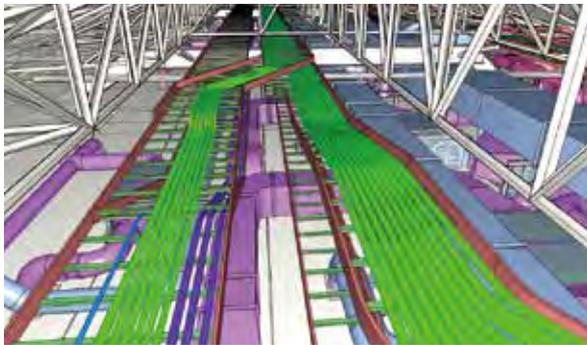


図5-3 幹線ケーブル布設図

5.3 BIMによるケーブル布設の取組

低圧幹線ケーブル布設の際、CADによるBIMの情報と現地での実測値による検証を行った。その結果は以下の通りである。（図5-4、図5-5、図5-6参照）

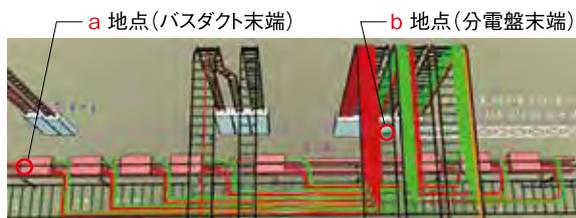


図5-4 ケーブル(電線)布設図

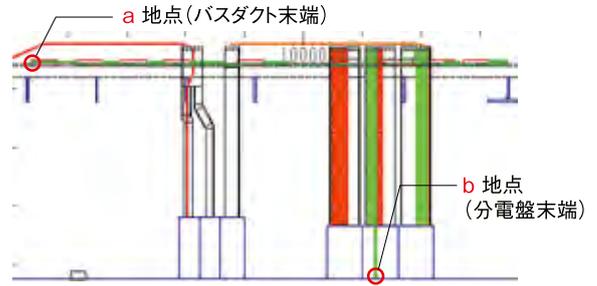


図5-5 ケーブル（電線）断面図

仕様	CVT150mm ²
全長	26.794m (a地点～b地点)
曲がり半径	390mm

項目	値
部材名	電気パイプ
規格	CVT 150mm ²
部材名	電気パイプ
規格	CVT 150mm ²
寸法	26794
曲がり半径	390

図5-6 BIMの情報

表1 電線数量表

計測条件	電線	測定値	測定場所
BIMの情報	CVT150	26.794m	a地点～b地点 バスダクト末端～分電盤末端
現地で実測	CVT150	26.5m	

表1に示す通り、BIMによる測定値と現場の実測値はほぼ同数量であることが確認できた。実際現場では、実測値に作業の経験や勘を加えた補給数量を見込んでおり、回線ごとに余長のバラツキが生じていた。そこで残りの電線は、BIMの情報をもとに電線発注リストの数量を見直し、資材発注を行った。結果は、電線1回線あたりの数量を低減し、電線拾いの労力削減に貢献した。（表2参照）

表2 電線発注数量表

線種	回線数	BIMによる発注数量	従来の図面による数量	差分
CVT250	2	340	348	▲ 8
CVT200	11	1219	1233	▲ 14
CTV150	37	5692	5941	▲249
CTV100	120	6115	6168	▲ 53
CTV 60	5	670	682	▲ 12
CTV38以下	12	1100	1104	▲ 4

6 おわりに

今回の改修工事では、精度の高い3D建築図をもとにBIMでの多岐にわたる設備の検討を行った。作成したBIMデータを電線発注及び幹線ケーブル布設に利用し、担当者業務の負担軽減と工事原価の圧縮、施工品質向上に取り組んだ。これにより、施工品質の確保とコストのスリム化を図り、工程に遅れがなく、手戻りの少ない施工につながった。(図6-1、写真3、図6-2、写真4参照)



図6-1 施工前



写真3 施工後



図6-2 施工前



写真4 施工後

7 今後の展望

今後、建設の企画立案の段階からBIMを利用することは、無理のない工程の組立や施工品質の向上、工事内容の乖離解消など、幅広い分野で役立つと考える。安全についても見える化された情報を、リスクアセスメントに反映させ、安全対策の向上に展開できると考える。また、ICT（情報通信技術）の普及により、様々な場所からクラウドやリモートワークなどのやり取りが可能なおとも、業務効率化とワークライフバランスの実現に大きく寄与できると考える。建設工事の在り方が変わり、BIMの情報を活用した取り組みが現在以上に発展することを期待したい。

高圧受変電設備のリニューアル事例

1 はじめに

本事例の施設は、愛知県豊橋市にある市立の病院で、救命救急センターを備え、東三河の基幹病院としての役割を担っており、地域の地域がん診療拠点病院でもある。今回、病院自体の災害対策強化に関する電気設備の信頼性・保守性・利便性の向上を目的として、高圧受変電設備の整備、非常時の医療行為に必要な電力を3日間程度供給できる自家発電機設備の整備を行った。

工事については、救命救急病院を維持しながらの更新計画であり、施設を停止させた場合、人命に係る影響が非常に大きいため、厳しい制約の中で作業を進める必要があった。

従って、すべての施設を停止させるのではなく、仮設設備や新旧併設運用等により各施設を部分的に停止しながら切替え作業を行うなどプロセスの検討が必要であった。

本稿では、この更新計画と施工の事例について記載する。

2 既設建物および更新設備の概要

1) 既設建物概要

主用途：病院
竣工：1996年

2) 更新工事概要

受電方式の高圧2回線受電方式（本線・予備線）を、特別高圧受変電設備に新設し、以降高圧フィーダー6回線（一般系2回線、保安系2回線、準保安系2回線）と先行で発電機設備を新設し高圧フィーダー2回線（保安系1回線、準保安系1回線）の更新を行った。また、既設高圧受変電設備・電力監視設備の更新、及び、二次側低圧幹線の切替え工事を行った。

2.1 特別高圧受変電設備の概要

- ・77kV本線・予備線バイパスVCT2回線受電方式
- ・最大需用電力：約2,800kW
- ・C-GISキュービクル式
- ・変圧器容量：77kV/6.6kV 5,000kVA×2台
- ・高圧配電盤：1系・2系 各8フィーダー（予備スペース含む）

2.2 高圧受変電設備の更新概要

- ・低圧側にて各系統をACBIにてラップ切替え可能
 - ・低圧絶縁監視装置（IGR）付
- a. 一般系
- 特高1系・2系の商用受電（ラップ切替）
 - 高圧配電盤：8フィーダー（予備スペース含む）
 - 変圧器容量：スコットTr 6.6kV/210-105V（750kVA×2）
 - ：3φ3WTr 6.6kV/420V（1000kVA×2）
 - ：3φ4WTr 6.6kV/380-220V（750kVA×1）
 - コンデンサ容量：160kvar+106kvar
- b. 保安系
- 特高1系・2系の商用受電（ラップ切替）+発電機系受電（商用停電時自動切替え及び復電時、瞬時連系切替え可能）
 - 高圧配電盤：8フィーダー（予備スペース含む）
 - 外部高圧接続盤からの給電可能
 - 変圧器容量：スコットTr 6.6kV/210-105V（750kVA×1）
 - ：3φ3WTr 6.6kV/420V（1000kVA×2）
 - ：3φ4WTr 6.6kV/380-220V（750kVA×1）
 - ：3φ3WTr 6.6kV/210V（750kVA×1）
 - コンデンサ容量：160kvar×3
- c. 準保安系
- 特高1系・2系の商用受電（ラップ切替）+発電機系受電（商用停電時自動切替え及び復電時、瞬時連系切替え可能）
 - 高圧配電盤：7フィーダー（予備スペース含む）
 - 変圧器容量：スコットTr 6.6kV/210-105V（750kVA×1）
 - ：3φ3WTr 6.6kV/420V（1000kVA×2）
 - ：3φ3WTr 6.6kV/210V（750kVA×2）
 - コンデンサ容量：160kvar+106kvar

表1に新旧受変電・発電機設備概要を示す。



表1 新旧受変電・発電機設備概要表

		更新前	更新後
高圧受変電設備	受電方式	6.6kV高圧受電 (本線・予備線)	77kV特別高圧受電 2回線受電方式 6.6kV高圧受電 (一般系:2回線・保安系:2回線・準保安系:2回線)
	低圧系統	一般系・保安系・準保安系 (計3系統)	一般系・保安系・準保安系 (計3系統)
	変圧器	スコット:500kVA×1 スコット:1,000kVA×2 3φ:500kVA×1 3φ:1,500kVA×2 3φ:1,000kVA×5 3φ:750kVA×2	スコット:750kVA×4 3φ:750kVA×5 3φ:1,000kVA×6
	高圧切替方式	ループ切替	ラップ切替
	発電機との切替方式	停電時:自動切替 復電時:半自動切替	停電時:自動切替 復電時:半自動切替 (瞬時連携切替)
	低圧切替方式	該当なし	ラップ切替
	発電機設備	用途・容量	非常用:2,000kVA×1 常用:500kVA×2
出力電圧		6,600V	6,600V
原動機		非常用:ガスタービン 常用:ガスエンジン	ガスタービン
燃料		非常用:A重油 常用:都市ガス	デュアルフェューエル方式:都市ガスorA重油 液体燃料専焼方式:A重油
燃料タンク		A重油用:30,000L×2	A重油用:110,000L

2.3 発電機設備の更新概要

- ・ガスタービン発電設備:2,000kVA×2
(デュアルフェューエル方式1台+液体燃料専焼方式1台)
- ・燃料:特A重油・都市ガス13A
- ・主燃料槽:鋼板製溶接構造(SF二重殻)
110,000L
- ・高圧配電盤:No.1・No.2 各4フィーダー
(予備スペース含む)

2.4 電力監視設備の更新概要

- ・リモートステーション:RST盤
各部屋にRST盤を設置し、受変電設備の状態・故障、計測、計量信号を監視対象とし、RST盤面に大型ディスプレイを配置して全体単線結線図をモニタリングすることを可能とする。
また、認証済のノートPCを用いて監視用ネットワークに接続することで、監視画面の閲覧が可能となる。
- ・サーバステーション:SVS
サーバ(GCS)で表示する監視画面を大型液晶ディスプレイに表示する。
GCSは冗長化されており、メイン機がダウンした場合には、サブ機に自動切換を行うことで、監視を継続することが可能となる。
- ・監視操作卓:OP1,OP2

各RSTから伝送された情報を、単線結線図に表示し設備監視を行う。

- ・押し釦式操作パネル:GP
非常用自家発電設備に対して、遠方からの発停操作を行う。
遠方操作はRST盤を経由せず、現場盤と直送回路によるインタフェースとし、必要な状態信号は、RST盤を経由しネットワーク経由で状態表示する。

2.5 二次側低圧幹線切替え概要

既設高圧受変電設備低圧配電盤より送電の低圧幹線を新設高圧受変電設備低圧配電盤までケーブル及びバスダクトの接続延長を行い、新設高圧受変電設備からの送電に切替える。

- ・幹線切替え回線数:計191回線
一般系電灯:27回線
一般系動力(420V):6回線
保安系電灯:38回線
保安系動力(420V):44回線
保安系動力(210V):17回線
保安系動力(380V):バスダクト1,200A:1回線
準保安系電灯:18回線
準保安系動力(420V):23回線
(※バスダクト1,500A:1回線)

準保安系動力(210V)：17回線
 (※バスダクト2,500A：1回線)

3 機器更新及び切替えのステップ

今回の機器更新及び切替え工事作業は、病院を稼働しながら行う難易度の高い作業であった。そのため綿密な現場調査を行い、特に新旧切替え作業に関して所要時間、救済する負荷などをお客様と事前に検討し、切替え手順や方法について決定した。また、各施設の停止時間を最小限にするため、施設ごとに必要人数を把握し人員配置を計画し作業を行った。

3.1 特別高圧受変電設備・発電機設備

特別高圧受変電所については、病院敷地内の計画スペースに特別高圧受変電設備・発電機設備を先行し新設することが出来た。

特別高圧受変電設備受電後に、既設の高圧引込(本線・予備線)を1ヶ月以内に撤去する必要があり、新設の特別高圧受変電所から既設の高圧受変電設備と、発電機設備についても既設の発電機設備撤去前の新設発電機設備から既設の高圧受変電設備へ仮送電を行った。

以下に更新ステップを単線結線図で示す。

1) 特別高圧受変電設備・発電機設備の新設：図1参照

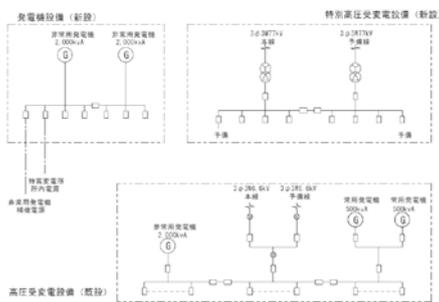


図1 特別高圧受変電設備・発電機設備の新設

2) 高圧引込(予備線)切替え

既設高圧受変電設備の高圧引込(予備線)を切離し、特別高圧受変電設備の予備フィーダーより既設高圧受変電設備の予備線側に接続した後送電する。また、既設常用発電機A,B2台を停止状態にする。(図2参照)

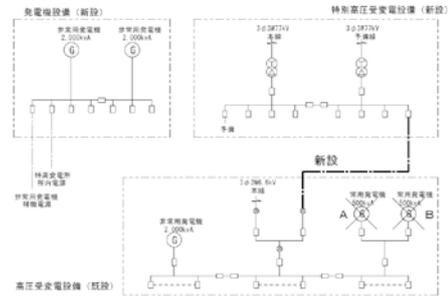


図2 高圧引込(予備線)切替え

3) 非常用発電機設備回路の構築1

停止状態にした既設常用発電機A1台を切離し、発電機設備の予備フィーダーより切替え接続する。(図3参照)

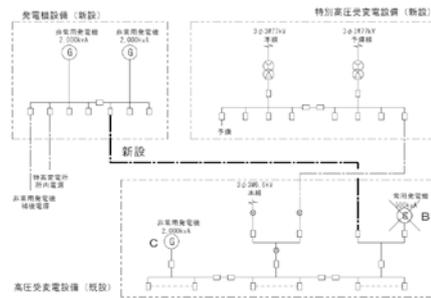


図3 非常用発電機回路の構築1

4) 非常用発電機設備回路の構築2及び受電切替え

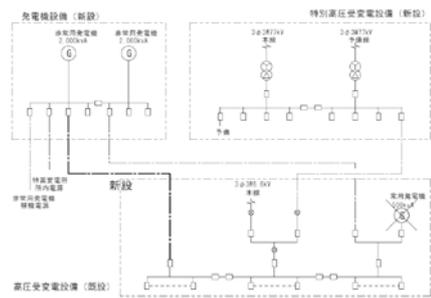


図4 非常用発電機回路の構築2

既設非常用発電機Cを切離し、その主遮断器部分に電圧継電器を増設する。また、発電機設備の予備フィーダーより既設非常用発電機用遮断器へ切替え接続する。(図4参照)

常用・予備回線が仮設に接続されたため、既設高圧受変電設備の受電を本線側から予備線側に移行し、特別高圧受変電設備からの仮受電とする。

5) 高圧受電(本線)の切替え

既設高圧受変電設備の受電(本線側)を切離し、

特別高圧受変電設備の予備フィーダーからに切替え接続する。これにより、既設高圧引込（本線・予備線）は、切離されて撤去可能となる。（図5参照）

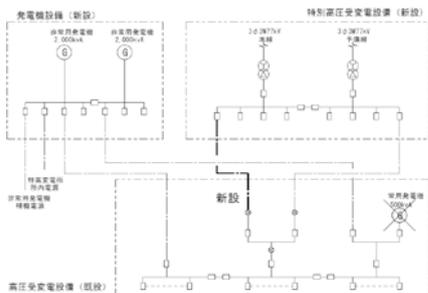


図5 高圧受電（本線）の切替え

3.2 高圧受変電設備

既設電気室に今回同様の高圧受変電設備を構築するスペースが無かったため、隣接する発電機室に新設高圧受変電設備を設置できないか検討を行った。発電機室を新電気室に使用するために、既設の発電機設備が撤去可能となる様に更新を計画した。（図6参照）

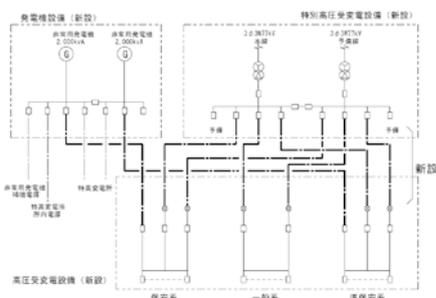


図6 全体単線結線図（更新完了時）

3.3 電力監視設備

監視室に新設監視設備を仮に設置し、既設監視設備と併設しながら運用をする形で計画した。新設監視設備とリモートステーション盤を先行設置させ、新設機器の設置と監視設備へ接続、制御・状態監視・故障確認の試験を実施した。最後に既設高圧受変電設備の撤去後、既設監視設備を撤去して、新設監視設備の本運用を開始した。

3.4 二次側低圧幹線ケーブル切替え

各施設の影響を最小限にするため、幹線ケーブル切替え作業は休日夜間をメインに行った。幹線

ケーブルの本数が191回線あったため、作業時間の制約や、重要度の負荷に応じて1日に切替え可能な回線数を1～10回線とし約3ヶ月かけて作業を行う事とした。

停止できない設備が多数あるため、事前に負荷電流を定期的に測定して、必要な負荷電流を算出し、他施設又は、仮設発電機からの仮送電対応を計画した。

4 施工中に苦労した点

本建物は救命救急センターを備えているため、高圧・低圧幹線の切替えに要する停電回数を可能な限り最小にしなければならず、また、停電できない回路へは仮設電源の供給が必要となり切替えする範囲や時間帯について、病院関係者である先生方を交え打合わせの機会を都度設けなければならなかった。

停電を伴う切替え作業については、リスクを最小限に抑える計画とし、停電回数が増えてでも無理なくできる作業工程を組立て、手順書の作成とそれを基に作業を進めた。

5 おわりに

病院施設の電気工事において、施工上のミスで停電となり設備を停止させることは、人命にかかわる重大災害に直結しリスクも大きい。

今回のような更新・切替え作業は、事前にお客様と綿密な打合わせをしながらコミュニケーションを図り現場調査を繰り返し、作業手順書の作成など万全の計画を立て作業に臨むことが大切である。今後、建物の老朽化に伴う更新工事は多くなり、施設を稼働しながら施工する条件が当たり前となる。新築工事とは性質が異なり、既設設備を十分に理解した上で、お客様施設の負荷状況の把握、設備の状態等を踏まえ施工計画を作成し、お客様や関係者と多くのコミュニケーションの場を作り打合わせが重要となる。

今回の事例において、病院の関係者様をはじめとして工事に携わった方々、他業者の方々からの多大なご指導、ご協力に深く感謝を申し上げます。

電灯分電盤電圧変更後、特注照明器具リニューアル事例

1 はじめに

近年省エネの観点から新築建物ではほぼLED照明器具を採用している。既存の建物についてもLED照明器具に更新される傾向にある。

このような環境の中で、当該建物の照明器具類・電灯分電盤の設備が44年以上経過していることから

- ・照明器具類の更新
- ・電灯分電盤の更新

を目的として照明器具類・電灯分電盤のリニューアル工事をお客様に提案する事とした。客先要望により計画・設計・施工に携わり、既設の照明器具が特注品である事と、照明器具の外観を変えないというコンセプトでLED照明器具への更新を実施した。

本稿では特注照明器具のLED化・電灯分電盤リニューアル工事について施工事例を記載する。

2 お客様からの要望事項

お客様からの本工事に対する要望事項を記載する。

- ・老朽化した特注照明器具のLED化
- ・特注照明器具の入力電圧を254Vから200Vに変更
- ・特注照明器具の外観は変更しない
- ・施工日は休日（土・日・祝日）の日中のみ
- ・特注照明器具内箱に点検口を設け天井内調査用に使用する

これらの要望事項を満足させる電気設備のリニューアル工事について、計画・設計・施工に従事した。

3 建物および更新設備の概要

(1) 建物概要

主用途：事務所ビル
竣工：1973年
鉄骨鉄筋コンクリート造
地下1階 地上18階 PH1階

(2) 既設特注照明器具・電灯分電盤の概要

特注照明器具 210台（写真1参照）
電灯盤 3φ4W 440-254V



写真1 既設特注照明器具

4 計画・設計・工事概要

計画については、特注照明器具類の台数も多く作業日が休日と制約され、作業環境も専用足場が必要となる。

また、設計については、照明器具類の入力電圧を変更しなければならず、先行して仮設電灯盤を設置し、通電後配線の切替え作業を行う必要がある。これらの作業を短期間で集中し取替えを行うことは事前の準備が最大の鍵となる。



表1 特注照明器具比較表

照明器具消費電力比較

照明器具種類 項目	現 状	リニューアル案①	リニューアル案②
		FLR40W×10	LDL40W×8(パナソニック)
電源電圧	254V	254V	100~200V
消費電力	480W	248W	248W
使用ランプ種類×灯数	FLR40W×10灯	LED40W×8灯	LED40W×8灯
ランプ定格光束	17,658 lm	17,440 lm	17,440 lm
ランプ寿命	12,000時間	40,000時間	40,000時間
事務所内平均照度	838 lx	958 lx	958 lx
イニシャルコスト		△	△
ランニングコスト		○	◎
判定		○	◎

5 リニューアル工事前の現状と問題点

- (1) 現状の把握
- ・竣工後44年以上経過し、電気設備が老朽化している
 - ・入力電圧が254Vと標準電圧では対応できず、安定器が特注品となり高価で納期がかかる
 - ・特注照明器具で1台あたり2,400×900の間口を持ち、12台連結設置され開口寸法が決まっている。天井仕上げ材がスチール製であるため開口を広げることが困難である
 - ・照明器具は事務所エリアにあり、天井高5mの位置に取り付けられ、ランプ取替時は専用足場を組立て6名程度の手をかけ行っている
- (2) 特注照明器具取替・電圧の変更の問題点
- ・一度に特注照明器具を更新することは困難である
 - ・一時的に特注照明器具は254Vと200Vの電源を併用する期間が発生する
 - ・作業日は休日の2日間（取替作業用専用足場の組立・解体まで含む）と限られた日程である

6 問題点の検討と解決に向けた取り組み

問題点を検討する中で異電圧の併用について、当該施設のEPSにスペースがあり、仮の電灯分電盤を設置することが可能である点に着目し計画を進めた。

(1) 電灯分電盤の入力電圧を変更

- ・EPSのスペースに254Vで供給できる仮設電灯盤を設置する。更新前の照明器具はその仮設電灯盤から254V給電し、更新後の特注照明器具は既設の電灯分電盤を200Vの系統へ切替えた後給電を行う。(図1参照)
- これにより照明器具を更新したエリアは200V、更新前のエリアは254Vとすることができ、限られた休日のみで作業計画を組立て可能なエリアを更新することができた。

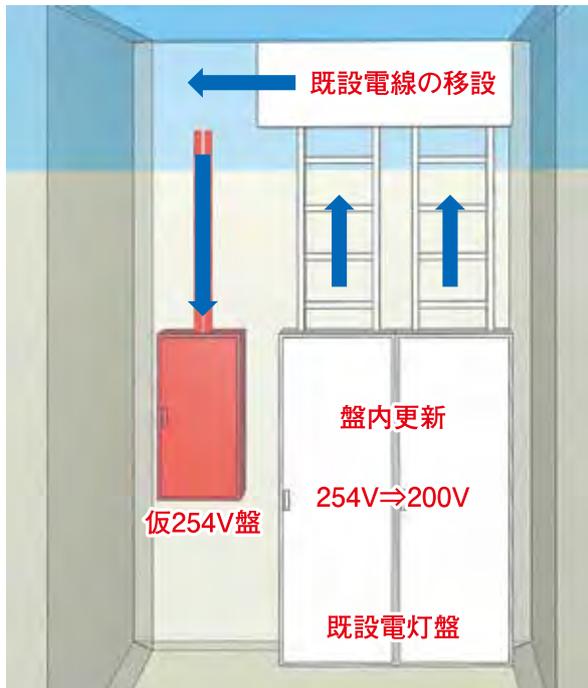


図1 EPS内仮254V盤設置イメージ図

(2) 特注照明器具の製作について
 ・特注照明器具のLED化・天井内調査用スペースを確保する。
 特注照明器具が2,400×900の間口を持ち12台連結され、天井仕上げ材がスチール製である。照明器具一台の製作寸法の精度や取付け方により開口不足が生じ最後の一台に影響を及ぼす可能性がある。当時の照明器具製作図は残っていたが、現地寸法を確認すると器具寸法が最大で10mm違うことが判明した。

このため製作する特注照明器具は当時の完成図より5mm小さく作成し、メーカーへの要求として誤差寸法を0～2mmの精度で指示し発注した。その他、施工精度を統一させる連結用の金具も作成し、特注照明器具連結の隙間を均一化する方法を採用した。

また上部カバーを脱着可能とし点検口に至るまでの取外し作業を少なくランプが外れ点検口になるよう工夫した。(図2参照)

7 特注照明器具・電灯分電盤の更新ステップ

更新については、以下のステップで行うよう検討した。

- (1) 電灯分電盤の更新
 - ①既設キュービクルより1φ3W 210-105Vの幹線ケーブルを既設電灯分電盤手前まで配線
 - ②特注照明器具まで新設ケーブルを配線
 - ③既設電灯分電盤横に254V用仮設電灯盤を設置
 - ④フロア停電し、既設電灯分電盤内のブレーカ類の更新と幹線ケーブルを接続替え
 - ⑤既設254V用幹線ケーブルと既設特注照明用ケーブルを254V用仮設電灯盤へ移設
- (2) 特注照明器具の更新
 - ⑥事務所エリア養生
 - ⑦取替エリアに足場組立
 - ⑧特注照明器具の取替、200V用の新設ケーブルを接続し、既設254V用のケーブルを撤去

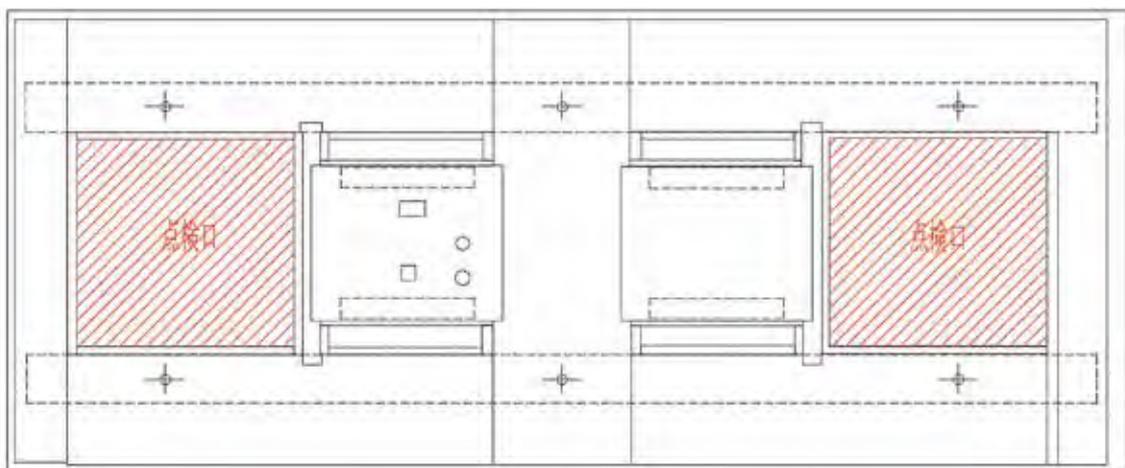


図2 特注照明器具製作図面

- ⑨専用足場解体
- ⑩養生撤去
- ⑪清掃作業

特注照明器具を更新する都度この作業を繰り返す。当初予定では1回の取替にかかる照明器具台数を10台で計画していたが、施工方法の標準化や、繰り返し作業の時間短縮の効率化・作業の分業化により、15台の取替えができ、工期に余裕を持たせた施工ができた。

8 施工中に苦勞した点

- ・ 特注照明器具の器具寸法は現地寸法と完成図寸法で想定以上に差異があった
- ・ 特注照明器具を製作するまでに何度も現地調査を行い寸法誤差を最小にするよう製作図面の修正を行った
- ・ 外観は既設に合わせる為、モックアップを用意し細部までお客様のイメージに合う形で確認を求めた
- ・ 照明器具取替え作業の環境が高所であった為、人員の配置・作業効率を配慮し無理のない工程を組立て、遅延が無いように臨んだ
- ・ 事務所エリアでの作業であった為、什器類の養生・清掃には細心の注意を払い、専用足場の搬入・搬出も2名以上にて搬出入するなど注意して作業を行った
- ・ 建物を使用しながらの工事となる為、振動や音が出る作業は事前確認を行い、作業員の動線についても配慮した

9 リニューアル計画実施の留意点

単に特注照明器具の更新であれば既設に合わせた照明器具類を製作し、同じように取替え作業を行う事で完了する。しかし、今回の様に先々の更新計画も踏まえ入力電圧200Vへ変更しイニシャルコストやランニングコストも含めた計画・設計をしなければならず、容易ではない。

また、作業環境も考慮し、特注照明器具の製作期間や図面作成・工事日程を反映し調査・打合せを進めなければならない。

リニューアル後の付加価値も含めトータル費用の削減と利便性の向上を図ることが重要である。

10 おわりに

お客様からの要望事項を受入れ、計画・設計・施工に携わり、且つ、時間的制約のある中でのリニューアル工事は大変さもあったがやりがいもあり無事故・無災害で竣工する事ができた。

省エネは国が進める重要施策であり、地球温暖化やCO₂削減の観点からも重要な役割を果たしている。

当該建物のリニューアル工事は遅滞なく完了し、現在もお客様に満足していただき使用されている。

本施工を竣工させるにあたり、お客様をはじめ関係各社の多大なご指導ご協力を頂き、深く感謝を申し上げます。

ICT (情報通信技術) 機器の活用による機能検査の効率化について

1 はじめに

本事例は、当社顧客であるセイコーエプソン(株)の新製品開発・製造の拠点工場の新築工事であり、延べ床面積41,488.76㎡の大規模現場である。

当現場でも、竣工時期には機能検査業務が多く、検査時の業務効率化が必要不可欠であった。今回、ICT機器を活用し検査業務の効率化を試みた事例として報告する。

2 建物概要

当工場は、塩尻市の広丘事業所内に増設する工場であり、当事業所内で最大収容を誇るメガフロアーとして建設することとなった。1・2階は汎用性の高い工場、3・4階はカスタマイズが可能なワークスペースとして計画された建物である。当工場の概要を表1に示す。又、写真1に建設後の全景を示す。

表1 工場概要

建物名称	セイコーエプソン(株)広丘事業所 イノベーションB棟
所在地	長野県塩尻市大字広丘原新田80 (広丘事業所内)
延べ床面積 構造・階数	延べ床面積：41,488.76㎡ S造 5階
当社工事区分	電気設備工事の内 ・動力設備 (盤含む) ・電灯コンセント設備 (盤含む) ・非常灯・誘導灯設備



写真1 工場全景写真

3 機能検査に想定される問題

通常、機能検査を行う場合、事前に帳票を作成し、その帳票を基に現場にて検査を行い、記入した検査結果を後日提出用にまとめる(清書する)ことが通常である。

検査時の業務効率化に対して検討すべき事項を以下に定めた。

- (1) 検査記録の測定・記録
- (2) 検査記録まとめ

3.1 検査記録の測定・記録

通常、検査者(測定者)は、各測定機器の数値を読み上げ、記入者に報告する。記入者は、測定者からの数値を手書きで帳票に記入する。読上げ、記入時に声が聞こえない、記入間違い等、何度も確認することが多く、時間を要する。

測定値の読み上げ・記録(データ保存)が自動ならば、大幅な時間短縮が見込まれる。

3.2 検査記録のまとめ

通常、現場で記入した測定記録は、手書きが多く後日、提出前にパソコン等で、帳票に再入力を行う。

現場で測定した結果が、直接パソコン等に記録、保管されれば、帳票の再入力に費やした時間や労力が大幅に減少できる。

3.3 ICT機器の活用

機能検査時に懸念される検討事項を基に、タブレット、Bluetooth搭載測定器、SPIDERPLUSを用いて、以下の機能検査について活用を試みた。

- (1) 動力・電灯盤の絶縁抵抗測定(二次側負荷)
- (2) 一般照度測定、非常照明照度測定

* コンセント試験(電圧・極性・回路確認)についても検討したが、統合接地の為、使用可能な測定器が無い為、断念した。

図1、2に採用した測定機器、図3、4に採用したSPIDERPLUSのカタログの抜粋を示す。

長野支店 松本営業所
工事グループ
／北澤 仁



長野支店 松本営業所
工事グループ
／遠藤 健



図1 絶縁抵抗測定器（Bluetooth搭載）



図2 照度測定器（Bluetooth搭載）



図3 SPIDERPLUS（絶縁抵抗測定）



図4 SPIDERPLUS（照度測定）

4 検査上の課題と対応について

4.1 絶縁抵抗測定

事前にデータ入力（帳票作成）をPC上で行い、測定者（絶縁抵抗計の操作）と記録者（タブレットの操作）の2名にて測定を行った。以下に測定時の流れを表記する。

- (1) 測定前に、測定器とタブレットの通信（Bluetooth通信）設定を実施
- (2) 通信確立後、タブレット上の平面図（写真2）に表記されているアイコンをタップし、該当盤のデータ画面を読み込（写真3）
- (3) 測定回路をタップし、絶縁抵抗測定器にて測定
- (4) 測定結果がタブレット上に読み込まれる
- (5) 各盤での全測定が終了した後、サーバへデータを保存
- (6) サーバより測定データをPCに保存（Excelデータ）し、帳票（図5）を整理

実施した結果として、メリット・デメリットが判明した。

メリットとして以下が実感できた。

- ・ 検査記録が自動でタブレットに保存。
- ・ 検査後の帳票整理時間の削減
1面に対し、約10分程度の削減
- ・ サーバに保存・閲覧が可能による
進捗状況の情報共有が可能

デメリットとして以下を実感した。

- ・ 検査時間が通常より時間を要した。
1面に対し、約15分程度の時間増（回路毎、タップして測定の為）
- ・ 検査後の帳票整理時間が期待以下

検査記録が100以上の表記の為、電圧や照度と違い、整理時間にさほどの時間を要しない。

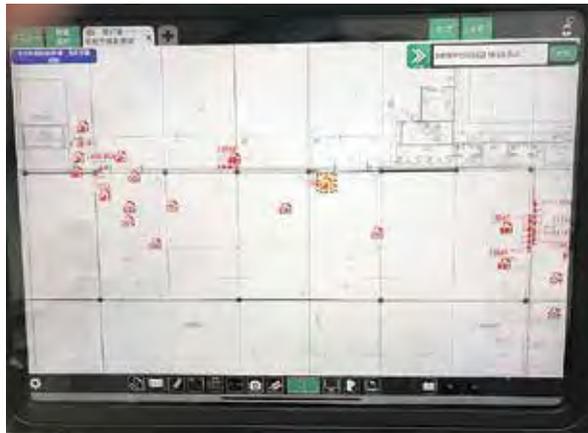


写真2 タブレット画面（絶縁測定時）



写真3 タブレット画面（絶縁測定時）

電灯盤 絶縁抵抗測定・検付確認帳票

現場名: セイコーエプソン広島事業所イノベーションB棟新築電気設備工事

測定者 芝田 志也	確認者 近藤 健	品名 絶縁抵抗計	定格測定電圧 [V] 500	有効量入日量 [MΩ] 2000	製造者名 日直電機
--------------	-------------	-------------	-------------------	---------------------	--------------

盤名: 8B01L-101A

判定	特性 数値	電圧[V] 測定	ELB 判定	絶縁抵抗[MΩ] 測定	漏れ電 流[μA] 判定	負荷名称	回路 番号	回路 AT	回路 記号	
○	○	-	○	100	100	誘導灯	ELCB	50 / 20	a	△
○	○	-	○	100	100	実験室 照明1	ELCB	50 / 20	201	◎
○	○	-	○	100	100	シールド用品庫 照明	ELCB	50 / 20	203	◎
○	○	-	○	100	100	意外侵入検出 避難誘導 ヒューズ	ELCB	50 / 20	205	◎
-	-	-	○	-	-	予備	ELCB	50 / 20	207	◎
○	○	104	○	100	100	実験室 コンセント	ELCB	50 / 20	101	○
○	○	104	○	100	100	補機スペース コンセント	ELCB	50 / 20	103	○
○	○	104	○	100	100	キチンコート用 コンセント	ELCB	50 / 20	105	○
-	-	-	○	-	-	予備	ELCB	50 / 20	107	○
-	-	-	○	-	-	予備	ELCB	50 / 20	109	○
-	-	-	○	-	-	予備	ELCB	50 / 20	111	○
○	○	-	-	100	100	照明	R	0 / 0	819-101	◎
○	○	-	-	100	100	照明	R	0 / 0	819-101	◎

図5 絶縁抵抗測定帳票（提出分）

4.2 照度測定

照度測定においても、上記4-1と同様に事前のデータ入力（帳票作成）をPC上で行い、測定者（照度計）と記録者（タブレット）の2名にて照度測定を行った。以下に測定時の流れを表記する。

- (1) 測定前に、測定器とタブレットの通信(Bluetooth通信)設定を実施
- (2) 通信確立後、記録者がタブレット上の平面図（写真4）に表記されているアイコンをタップし、データ画面を読み込（写真5）
- (3) データ画面上の計測をタップした後、照度計で測定された結果がタブレット上に読み込まれる（写真6）
- (4) 各ポイントが終了後、サーバへデータを保存
- (5) サーバより測定データをPCに保存（Excelデータ）し、帳票（図6、7）を整理

実施した結果として、メリット・デメリットが判明した。

メリットとして以下が実感できた。

- ・検査記録が自動でタブレットに保存
数値の読み取り、記入時間の削減
313測定箇所を2班4名にて測定し約40分で終了
 - ・検査後の帳票整理時間の削減
313測定箇所
帳票整理時間約2時間削減
 - ・サーバに保存・閲覧が可能による
進捗状況の情報共有が可能
- デメリットとして以下を実感した。

- ・未記入データの削除時間の増
1フロアを2班にて測定した為データ合成時に、未記入データを削除する手間が必要。
- ・平均照度は、自動で計算できない
測定後の帳票整理が必要

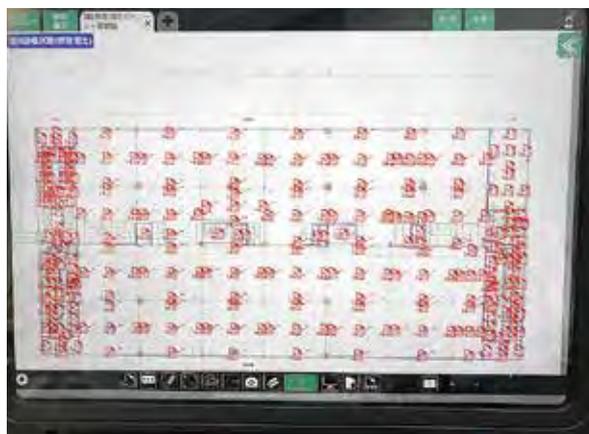


写真4 タブレット画面(照度測定時)

一般照明 照度測定帳票

現場名: セイコーエプソン広島事業所イノベーション棟新築工事

測定日	2020.02.04	測定時刻	20:08	天候	晴れ	温度	-9.4度	湿度	38%
No.	階	エリア	部屋名	測定点No.	測定高さ 約[m]	設計平均照度 (lx)	実測照度 (lx)	平均照度 (lx)	判定
1	3階	A.I区	会議室	1	0.8	500	674	719	○
2	3階	A.I区	会議室	2	0.8	500	637		
3	3階	A.I区	会議室	3	0.8	500	831		
4	3階	A.I区	会議室	4	0.8	500	452		
5	3階	A.I区	会議室	5	0.8	500	889		
6	3階	A.I区	会議室	6	0.8	500	882		
7	3階	A.I区	会議室	7	0.8	500	851		
8	3階	A.I区	会議室	8	0.8	500	842		
9	3階	A.I区	会議室	9	0.8	500	599		
10	3階	A.I区	会議室	10	0.8	500	769		
11	3階	A.I区	北廊下	11	0	(150)	246	305.17	○
12	3階	A.I区	北廊下	12	0	(150)	254		
13	3階	A.I区	北廊下	13	0	(150)	311		
14	3階	A.I区	北廊下	14	0	(150)	358		
15	3階	A.I区	北廊下	15	0	(150)	351		
16	3階	A.I区	北廊下	16	0	(150)	386		

図6 照度測定帳票(提出分)



写真5 タブレット画面(照度測定時)

一般照明 照度測定帳票

現場名: セイコーエプソン広島事業所イノベーション棟新築工事

図7 照度測定帳票(提出分)

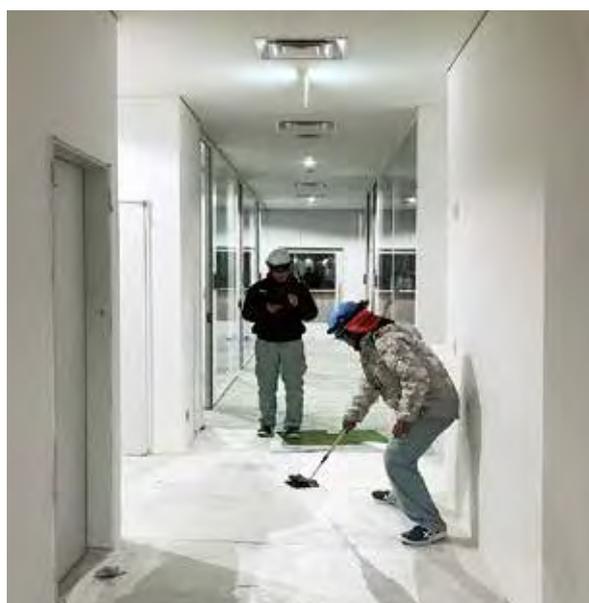


写真6 照度測定状況

5 おわりに

今回、機能検査時における業務の効率化を、ICT機器を活用するという方法で試みた。

長野支店管内では初の試みの為、解らないことやデメリット等もあったが、照度測定に関してはかなりの効率化が図れたと考える。(一般照明、非常照明は、現場担当者のみで検査を終了)今回は採用できなかったがコンセント機能検査も照度測定と同様な結果が得られると推察する。

提出した帳票(図5、6、7)は、表記アイコンの大きさ等、これからも改善の余地はあると思うが、この実施結果を参考にし、更なる検討を継続することで、効率化が図れば良いと考える。

最後に、上長をはじめとして、ICT機器の入手、使用アプリの申請等、関係各位には、多大の御協力をいただいたことに深く感謝いたします。

電気設備学会全国大会を終えて

—当社が行った一般講演の論文を収録—

1. 電気設備学会全国大会の概要

一般社団法人電気設備学会の2021年（第39回）全国大会は、9月2日（木）、3日（金）の2日間、オンラインで開催された。

当初、全国大会の開催方法は、新型コロナウイルス感染症の感染防止対策を徹底することを前提に、一般講演は現地（名古屋工業大学）にて発表し、聴講は現地での聴講に加えて、オンラインでの聴講を可能とするように計画・準備されていた。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の新規感染者が一向に減少せず、逆に増加する状況を受け、電気設備学会内に設置している全国大会運営委員会、実行委員会等で協議した結果、全ての講演（一般講演、開会式、特別講演、シンポジウム等）をオンラインで開催することとし、オンライン大会本部を名古屋工業大学に設置することとなった。

オンライン開催とはいえ、当社の地元名古屋にオンライン大会本部が設置されて開催されることから、例年以上に積極的に発表を行っていただき、当社は総発表件数201件中、最も多い33件（内線部門：23件、技術研究開発部：10件）の発表となった。特に、営業本部内線統括部におかれましては、各支店・方面本部への周知等一般講演の発表に対し大変なご尽力をいただいたことをこの紙面をもってお礼申し上げます。

また、今大会は、表1のように9会場に分かれての開催であり、当社はC会場を除いた8会場で発表を実施しており、当社技術の幅の広さを大いにアピールした。

ここで、今大会の発表分野ごとの発表者の所属について表2に示す。表2を見て分かる通り、大学・高等等の教育機関からの発表が20%強である一方で、設備工事会社からの発表がほぼ半数を占めている。特に、施工の分野については、ほぼ全数が設備工事会社からの発表である。このことから、電気設備学会全国大会は、実験・シミュレーション結果に基づく理論的考察を発表するだけでなく、施工事例、省力化事例等の発表も数多く実施されていることが分かる。つまり、電気設備学会は、企業中心の学会であり、設備工事会社が活躍する学会であることがこの表からもお分かりいただけるかと思う。

2. 発表論文のTDレポートへの掲載

発表を行った論文を読むためには、大会に参加（発表者、聴講者、座長）して論文集を入手する（電気設備学会の専用HPよりダウンロードする）必要があり、一般的には論文を目にする機会は非常に少ない。そこで、一人でも多くの皆様に当社が発表した論文を読んでいただき、当社の技術力の高さを認識いただくことを目的に、TDレポート誌上に発表論文を掲載することとした。本掲載が発表者およびご協力いただいた方々の労に少しでも報いることができれば幸いである。

3. おわりに

学会発表を実施することや聴講することは、今後の業務に有益な情報を得られるはずである。発表形式がどのようになるかは不透明ではあるものの、来年度以降も全国大会は開催される予定であるので、是非積極的に発表・聴講いただくことを願います。

最後になりましたが、発表論文の転載を快く許可いただいた、一般社団法人電気設備学会にお礼申し上げます。

表1 発表会場と発表分野

会場	分野
A	全分野（1ページ論文）/照明
B	計画[I]
C	計画[II]/基礎/装置/音響・映像/その他
D	エネルギー/防災・防犯
E	環境/制御/情報
F	雷/接地/高調波/EMC/EMI/絶縁
G	施工[I]
H	施工[II]
I	施工[III]/機器/材料・工具



表2 各分野における発表者の所属

分野 発表者	全分野/ 照明	計画[I]	計画[II]/基礎/ 装置/音響・映像/ /その他	エネルギー/ 防災・防犯	環境/制御/ /情報	電/接地/ 高調波/EMC/ /EMI/絶縁	施工[I]	施工[II]	施工[III]/ 機器/材料・ 工具	計
大学・高専等	11	1	6	9	4	9	0	1	5	46
設備工事会社	6	10	8	5	4	7	21	20	11	92
ゼネコン	5	3	2	3	5	0	0	0	0	18
電力関連	1	0	1	0	2	0	0	0	4	8
その他*	6	7	4	5	7	6	0	1	1	37
計	29	21	21	22	22	22	21	22	21	201

*その他は、設計事務所、メーカー、コンサルタント等

2021年(第39回)
電気設備学会全国大会
講演募集

日時 2021年 9月2日(木)・3日(金)
会場 名古屋工業大学 名古屋昭和区御器所町
申込期間 2021年 3月1日(月)～5月31日(月)

◆応募資格
本学会員(正会員・准会員)及び関係会員

◆発表内容及び発表方法
・電気設備に関する幅広い研究及び開発の結果、または実用を創出した新しい企画、設計、施工、製造及び設備結果の報告、発表、新製品の紹介など、学術的に価値ある発表のための、ただし、内容は平易な表現、簡潔にすることが望ましい。
・口頭による一般講演。

◆発表上の制限
◎個人1人1件、但し、同一分野1件以上の発表を認める本大会前日時点で第35回以下の講演者(正会員・准会員)を除きます。

◆発表時間
・一般講演(20分以内)は1件あたり講演15分、質疑応答4分。
・一般講演(10分以内)は1件あたり講演6分、質疑応答3分。

◆優秀発表賞
一般講演において発表が優秀と認められる本大会前日時点で第35回以下の講演者(正会員・准会員)を除きます。

◆申し込み及び論文投稿方法
・2021年3月1日から5月31日までに学会ホームページ(全国大会講演募集ページ)より講演の申し込み、発表要約を提出して申し込みの受付を完了してください。
・一般講演の論文は、電子データ(PDFファイル)で投稿してください。メールでの投稿は一切受け付けません。

◆講演参加費(論文掲載料)払込み
・一般講演:1ペーパー2ペーパー/6,000円
4ペーパー/8,000円
・2021年5月31日までに下記銀行宛に必ず講演参加費を振り込む方法の、クレジットカードや銀行振込を理由に、講演募集ページに規定する方法で支払ってください。郵送(ゆうちょ振替)も承認されず、振込済みの22,000円(送料)返金もありません。

◆特別講演、シンポジウム
・特別講演、特別講演、シンポジウムを予定しておりますので、要ってご参加ください。

◆中止する行事等
新型コロナウイルス感染症拡大防止のために(定数、定員)を厳格に設定し、必要に応じて中止する場合がございます。中止の場合は、発表要約を返金いたしません。

◆開催方法
名古屋工業大学の開催を予定しておりますが、状況に応じ開催方法を変更する場合があります。詳細は電気設備学会ホームページ(全国大会講演募集ページ)をご覧ください。
・電気設備学会ホームページ: <https://www.leiej.or.jp/>
・電気設備学会協会

一般社団法人 電気設備学会
〒103-0012 東京都中央区日本橋蛸屋町1-9-6
TEL:03-6206-2720
URL: <https://www.leiej.or.jp/>

図1 講演募集ポスター

2021年(第39回)
電気設備学会全国大会
—オンライン開催—

日時 2021年 9月2日(木)・3日(金)
会場 名古屋工業大学 (オンライン大会本部)

◎開会式
※日時 9月2日(木) 13:00~13:20

◎特別講演
※日時 9月2日(木) 13:20~14:50
※講演題目 「尾道造船所の歴史と文化」
※講演者 尾道史氏 (尾道造船株式会社 マネージャー 学芸員)

◎シンポジウム
※日時 9月2日(木) 15:00~17:00
※主テーマ 「人工知能技術とIoTがもたらす社会変革」
※コーディネーター 打矢雅弘氏 (名古屋工業大学 准教授)
サブテーマ1 「産業的AI技術とその応用(仮)」
伊藤孝行氏 (国研大学 准教授)
サブテーマ2 「AIxIndustry 4.0 and beyond(仮)」
藤 氏 (日本電気株式会社)
サブテーマ3 「社会の変革をリードするIoT~15000台を超えるお客様から見たIoT活用事例(仮)」
松下手平氏 (株式会社ソコム)

◎一般講演
※日時 9月2日(木) 9:00~12:00
9月3日(金) 9:00~17:00

講演分野
基礎 計画 施工 材料・工具 装置 機器 照明 高調波
EMC/EMI 接地 雷 絶縁 エネルギー 環境 制御
情報 音響 映像 防災・防犯 その他

◎聴講参加費(税込)

	聴講参加費(オンライン聴講) (講演論文ダウンロードを含む)		
	事前申込み (7/1~5/31)	通常申込み	
一般講演者(発表者のみ)	不課 (講演参加費に含まれます)	不課 (講演参加費に含まれます)	
聴講者 (発表者を除く)	正会員 (賛助会費納入済) (10/10以上)	5,000円	6,000円
	准会員	1,000円	1,000円
	会員外	10,000円	11,000円

◎建築設備士CPD(協議会CPD)
9月2日(木) / 6ポイント
9月3日(金) / 6ポイント

一般社団法人 電気設備学会
〒103-0012 東京都中央区日本橋蛸屋町1-9-6
TEL:03-6206-2720
URL: <https://www.leiej.or.jp/>

名古屋城 (対面所止段之間)
(名古屋城 対面所止段之間)
(名古屋城 対面所止段之間)

図2 開催案内ポスター

A-6

某研究所におけるA種接地とD種接地の切り離しについて

○竹岡 滉貴 (㈱トーエネック)

Separation of electrical grounding for type A and type D in a laboratory
Koki TAKEOKA (TOENEC CORPORATION)

キーワード：研究機器，接地，受変電設備

1. はじめに

本件では、多数の機器を設置する研究施設の新築工事の中で、機器に配慮した接地方法を紹介します。

当該研究施設で使用される機器は精密機器が多く、接地の取り扱いにも十分注意が必要である。キュービクル式受電設備では保安用接地の共用・連接接地が可能であるが、それを行った場合、キュービクル側で問題が起こった際に精密機器にも影響を及ぼす可能性が考えられる。これは機器の入れ替えや研究結果の妨げにも繋がる。

本工事では、電気主任技術者の御意向を含めキュービクル式受電設備の接地方法を細分化した。

2. 建物概要

- 建設地：京都府
- 用途：研究所
- 延床面積：4,092 m²地上3階
- 構造：S造

3. 本工事の接地方法の問題点と対策

キュービクル式受電設備における共用・連接接地が可能な条件として内線規程により高圧機器のA種、キュービクル内の機器のC種、D種及びキュービクルの外箱に施すD種がある。この方法だと前述の通り精密機器に影響を及ぼす恐れがあるた

め、接地は筐体をD種、高圧機器をA種と区別させた。さらにキュービクル内で用いたD種接地は専用D種接地のものとし、キュービクル内での影響を精密機器に及ぼさないような処置を施した(図1、図2)。

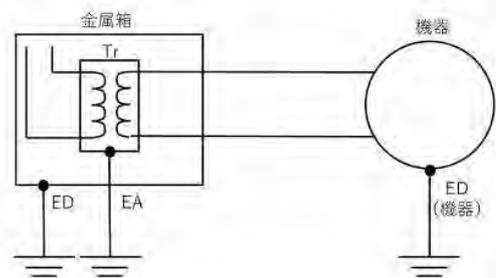


図1 接地工事の概略図

4. おわりに

本稿では精密機器に配慮した保安用接地の分離の事例について記載した。また紙面の都合で記載できなかったが、精密機器への機能用接地も専用接地とした。今後は今回の経験を基にニーズに沿った技術提案に努めていきたい。

最後に工事が滞りなく、計画通りに竣工することができ、関係各位の多大なご指導、ご協力に深く感謝致します。

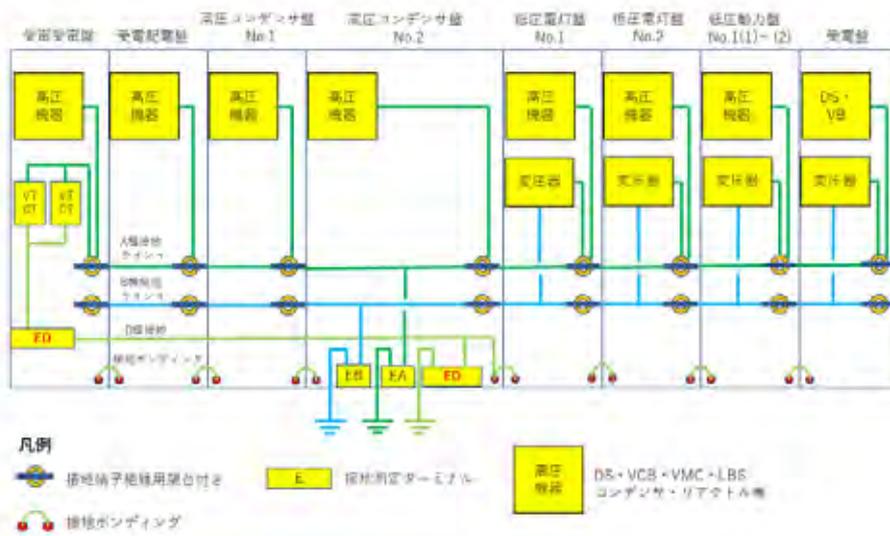


図2 キュービクル式受電設備の接地方式

A-8

高圧受電から特高受電への切替施工の留意点

○足立 惇 (㈱トーエネック)

Points to note when switching from high-voltage power reception to extra-high power reception

Atsushi-ADACHI (TOENEC CORPORATION)

キーワード：受変電設備、特高、高圧

1. はじめに

本工場は材料の加工において第1工程(熱処理)、第2工程(切削工程)、第3工程(精密研削)の全ての工程ごとに電気室を設けている大型工場である。

工場新築時に高圧受電にて受電し、今回工事にて特高変電所を設け、特高受電に切替時をした際に留意したことなどを述べる。

2. 工事概要

工事名: 某工場特高新設工事
 建物構造: 地上2階建て鉄骨造
 建物用途: 精密機械器具製造工場
 既設: 3φ3W 6,600V
 受電電圧: 3φ3W 33KV

3. 検討事項

あらかじめ、第1電気室の高圧送り出し部には切替用の端子台を設けておき電気室以降の高圧ケーブルの接続・切替を容易になるようにした。(図1参照)

4. 高圧配電盤VCBを引出し、制御コネクタ取外し。

5. 最後に各電気室送りの不要なCT・保護継電器を撤去し将来誤作動・発熱・発火等の有害要因の低減を図った。(図3参照)

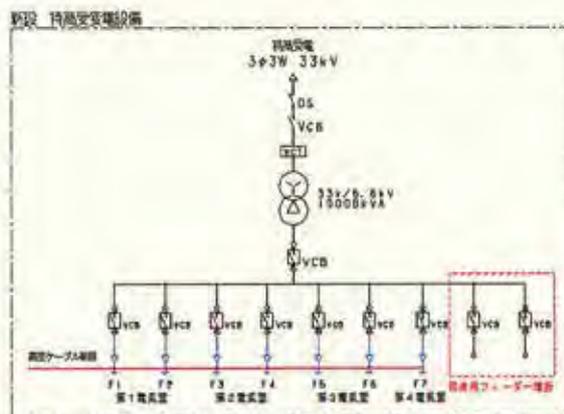


図2 特高受電設備図

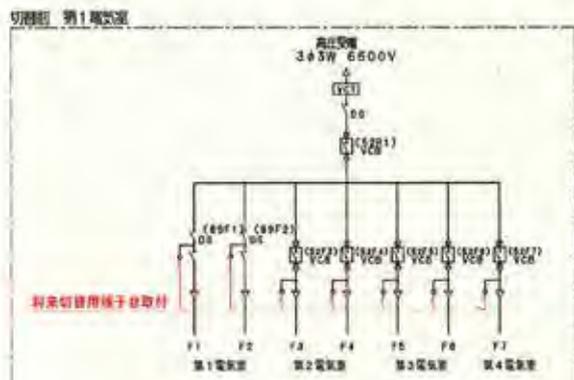


図1 切替前 高圧受電設備図

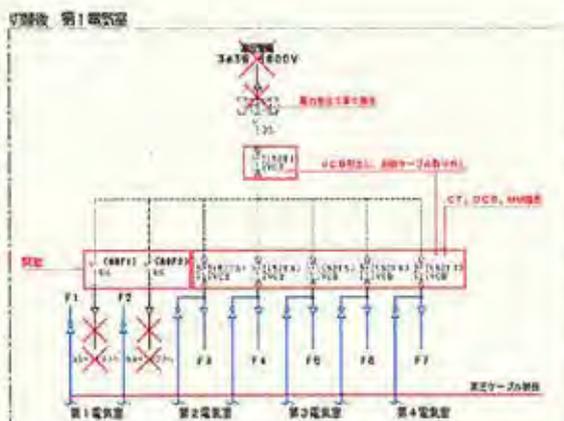


図3 特高受電後の切替図

4. 作業工程

1. 特高受電配電盤から事前に高圧幹線ケーブルを第1電気室天井まで布設し、停電後に各フィーダの端子に接続。
2. 切替完了後、引込高圧ケーブル・制御ケーブルを撤去。
DS及びVCB(52F3~F7)は残置。
3. VCTを電力会社にて撤去。

5. まとめ

最後に、今工事を計画・施工するにあたり、受電電圧を高圧から特高への切替を想定した受変電設備を準備しておいたことで、切替もスムーズに行うことが出来ました。関係者様の多大なご指導、ご協力を頂き深く感謝申し上げます。

ビッグデータを活用した設計業務支援ツールの開発

○寺前紀幸, 古守昌彦, 三井佑悟 (株式会社トーエネック)

Development of Design Support Tool by Utilizing Big Data

TERAMAE Noriyuki, FURUMORI Masahiko, MITSUI Yugo (TOENEC CORPORATION)

キーワード: データベース、電気設備調査、負荷密度、業務効率化

1. はじめに

現在、当社設計部署では、D&Dデータ※1をベースとした施設用途ごとの各種原単位 (VA/m²など) の中央値をまとめた負荷密度表をExcelで作成し設計値の妥当性確認のために運用している。その中で、「近年の省エネ機器普及で原単位も経年変化しているのでは?」「データの外れ値を処理すれば最適な中央値となるのでは?」との課題も見えてきた。そこで、簡単な操作かつ短時間で各種原単位を年次推移から予測でき、グラフによる可視化と毎年購入するD&Dデータを効率よく反映できる設計業務支援ツールを開発した。

※1 (一社) 電気設備学会及び (一社) 日本電設工業協会が毎年販売している新築ビルディング電気設備データファイル

2. 設計業務支援ツール概要

2. 1. ツールを活用した設計業務フロー

設計業務に必要な以下の3つの機能をツールに実装した。3つの機能の関係性を図1に示す。

(1) 負荷密度表作成機能

管理者が必要な原単位を定め、D&Dデータを活用して各種原単位の基準値算出および分布グラフを作成する。

(2) 設計機能

設計担当者は、設計条件と上記(1)基準値から自動算出される参考値を確認し、設計値を決定する。

(3) 確認機能

上長は、上記(2)設計値の妥当性を確認する。再検討が必要な箇所があれば、ツール内で設計担当者にフィードバックする。



図1 設計業務への設計業務支援ツール適用方法の概要

2. 2. 機能の概要

2. 2. 1. 負荷密度表作成機能

中央値などの要約統計量の算出やグラフ作成、基準値の設定などにより負荷密度表を作成し、設計・確認機能において設計用データベースとして使用する。主な機能は以下の通りである。

(1) 負荷密度表作成条件の設定

負荷密度表の施設用途や原単位などを設定する。

(2) 施設用途の類似性検証機能

D&Dデータの中には、データ件数が約3,000件の工場などに対して、神社などは約10件しかなく、少ないデータ件数から算出された中央値の信頼性は低い。そこで、統計学的検定法であるt検定を用いて、施設用途間の類似性を確認しその結果、類似性がある場合、それらを同じ施設用途として扱うことで中央値算出に用いるデータ件数を増やし、算出結果の信頼性を向上させた。

(3) 自動外れ値除去機能

四分位範囲 (IQR) という指標を用いて上限値を上回るまたは下限値を下回る値は外れ値とみなし、解析データから除外し算出結果の信頼性を向上させた。

(4) 負荷密度表表示画面

施設用途ごとの各種原単位の中央値を負荷密度表 (図2) として表示する。

工用途	固有データ件数	No.1 契約電力			
		契約電力/延床面積(W/m ²)	中央値	グラフ表示	類似施設
倉庫	1490	933	39.9		
各種学校	201	209	74.65		
高校	184	178	42.31		
学校敷地内の図書室	15	18	116.29		
駅事務所	3016	2927	79.16		
自社事務所	2180	2184	79.26		

図2 負荷密度表の一部 (負荷密度表作成機能)

(5) グラフ表示画面

任意の原単位に関して、最大・最小値、中央値、平均などの算出結果と負荷密度用基準値の設定可能なグラフ表示画面 (図3) を用意した。各グラフの主な機能は以下の通りである。

①散布図 (図3の左側)

原単位の大まかな関係性を把握し、D&Dデータに含まれている異常に値が大きい・小さいなどの外れ値の容易な確認、手動による除去作業を可能とした。

②年次傾向グラフ (図3の中央)

原単位の年代毎の年次推移を把握し、年代別の原単位の中央値から線形近似式を導出し、数年後の原単位予想を可能とした。また、負荷密度用の基準値を必要に応じて設定可能とした。

③ヒストグラム (図3の右側)

原単位に関するデータ分布を把握し、中央値や設定した基準値を表示し、妥当性確認を可能とした。

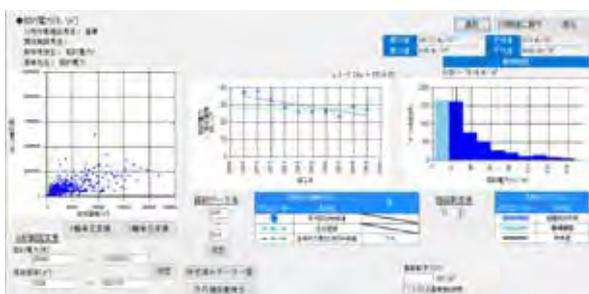


図3 グラフ表示画面 (負荷密度表作成機能)

(6) グラフ及び負荷密度表の印刷

グラフ及び負荷密度表の印刷、PDFファイルの保存、Excel出力を可能とした。

2. 2. 2. 設計機能

設計担当者の設計作業の効率化および知識習得に寄与するため、以下の機能を搭載した。

(1) 設計対象物件の概要情報入力

設計対象物件に関する延床面積などの情報を入力する。

(2) 設計算出項目の設定

変圧器容量などの負荷密度表での対象項目を選択する。

(3) 負荷密度表表示画面

設計対象である1つの施設用途に関する各種原単位の情報を集約した表 (図4) を表示する。図2と比較して以下の項目を追加している。

①年次傾向グラフの線形近似式からの予想原単位と参照値 (図4の左から6、7列目)

②設計値・単位 (図4の右から4、5列目)

③設計担当者名 (図4の右から3列目)

④コメント (図4の右から2列目)

(5) グラフ表示画面

設計・確認機能におけるグラフ表示画面は統一した設計用データベースを使用するために、ヒストグラムの階級数以外の条件変更を不可とし、負荷密度表で入力された「設計値」が各種グラフ上に表示され自身が設計した値とD&Dデータの比較を容易に可能とした。

2. 2. 3. 確認機能

確認機能の内容は、設計機能と基本的に同じである。負荷密度表表示画面にて必要に応じ「助言」欄 (図4の最後列) に設計担当者に対するアドバイス等を記載したフィードバックを可能とし、ツール上で設計担当者と上長間で設計値の合意を容易に得ることが可能となった。

3. ツール成果

試用した結果、負荷密度表作成機能では、平均値や中央値などの要約統計量の算出やグラフによる算出根拠の可視化によって従来よりも作成・確認時間が削減され業務効率化に繋がった。また、外れ値除去や年次傾向等を考慮した負荷密度表の作成が可能となり算出結果の信頼性向上に繋がった。

設計機能では延べ面積換算だけでなく年次傾向からの予想値を各種設計値の決定に考慮でき、設計担当者のスキル向上に繋がった。また、グラフ表示機能において設計値と各種データの比較が容易になり設計時の過不足防止に繋がった。

4. 今後の展開

現時点では、ビッグデータを活用した設計業務支援ツールを開発・試行し、業務効率化の有用性を確認した段階である。今後は、全社大に展開し、改善要望に取り組むとともに、受電方式や発電機仕様などの数値以外の傾向分析もできる機能を追加搭載し、設計基準の標準化と業務効率化に繋げていきたい。

設計項目	原単位の項目	設計対象物件の件数	中央値		予想値		グラフ表示	施設用途	設計値	単位	設計担当者	コメント	助言
			原単位	参照値	原単位	参照値							
コンデンサ設備	契約電力比率 [%]	941	32.85	---	34	---							
	動力圧比率 [%]	1099	33.33	---	32.29	---							
高圧Tr	一般電力Tr容量 [VA/㎡]	2411	62.19	621.89 [kVA]	79.05	704.47 [kVA]			600	kVA	寺前	200kVAの台	
	非常保安Tr容量 [VA/㎡]	358	7.46	74.57 [kVA]	13.64	136.26 [kVA]						500kVAの台	
	一般動力Tr容量 [VA/㎡]	2369	60.22	602.26 [kVA]	66.93	666.26 [kVA]							
	非常保安動力Tr容量 [VA/㎡]	397	26.38	263.82 [kVA]	30.29	302.20 [kVA]							
	その他動力Tr容量 [VA/㎡]	251	26.2	262.80 [kVA]	29.05	288.54 [kVA]							

図4 負荷密度表の一部 (設計機能及び確認機能)

BIMを活用した設計業務の省力化・効率化の検討

○小山卓也, 竹内稚登, 古田純, 小林庄二郎, 淵上尚子, 濱田純子 (株式会社トーエネック)

Study on Design Labor Saving and Efficiency by Utilizing BIM
 KOYAMA Takuya, TAKEUCHI Wakato, FURUTA Jun, KOBAYASHI Shoujirou,
 FUCHIGAMI Naoko, HAMADA Junko (TOENEC CORPORATION)

キーワード: BIM, デジタルトランスフォーメーション, 設計ワークフロー, 業務効率化

1. はじめに

最近、DX（デジタルトランスフォーメーション）という言葉が注目を浴びている。そのDX推進の一つがBIMであり、我が国でも官民一体の「日本版BIM構築」への取組みが加速している。建設業界においてもBIMが普及し始め、形状情報（3D）による納まり検討や干渉チェックを主体とした施工BIMによる生産性向上が進められている。本稿では、「サブコンの立場でBIMを上手く活用して設計業務を省力化できないか？」について今後の課題も含めて報告する。

2. BIMの現状と対応ソフトの評価

電気設備では建築（意匠・構造）や機械設備に比べあまりBIMが普及していないのが現状である。その理由としては、機械設備に比べ建築との取り合いが限定的、扱う機器や数量が非常に多い、機器メーカーのBIMオブジェクトが進んでいない等が考えられる。一方、国の施策もあり建築分野のBIMは急速に普及してきている。

現在、設計部署で主体的に使用しているCADソフトはTfasであるが、今回、代表4社のBIM対応ソフトの使い勝手や互換性をベンダーヒアリング、試用等により評価した。その結果、操作性・拡張性と顧客要求の観点からRebroをベースに設計業務の省力化の検討をすることとした。ソフトの主な特徴を表1に示す。

表1 BIM対応ソフトの特徴

ソフト名	特徴	共通の機能
Revit	ユーザーによるアプリ開発やカスタマイズが可能	属性情報の出力 (CSV形式)
Rebro	Excelに出力できる属性情報の項目が多い	
Tfas	ワンクリックで機能を実行でき、ボタンアイコンの種類が多い	
CADEWA	図面チェック機能が豊富	

3. BIM設計ワークフローの確立

3.1. 電気設備設計でのBIM活用の考え方

電気設備で扱う機器・数量は非常に多く、すべてを3

Dモデル化すると設計業務に過度な負担となる。

3D活用としては、キュービクルや盤類、発電機などの大型機器の設置スペースと保有距離の確認に加え、メインルートとなるケーブルラックやバスダクトの梁やダクトとの可視化で有効である。

属性情報活用としては、盤の二次側の小型機器やケーブルに対し、BIM対応ソフト上で2D平面図に回路番号や容量等の情報を付加して諸元表、平面図、盤リスト、各種計算書を連動させることにより共通する値の不整合を減らすことができる。これは、変更や修正対応には効果的である。

電気設備設計におけるBIM活用法として、3Dによる取り合いよりもBIM対応ソフトの属性情報を活用した設計の自動化が業務省力化に有効であると考えた。

3.2. BIM設計ワークフローの整備

BIMを活用して電気設備設計業務の省力化・効率化に繋げるためのワークフローを図1に示す。

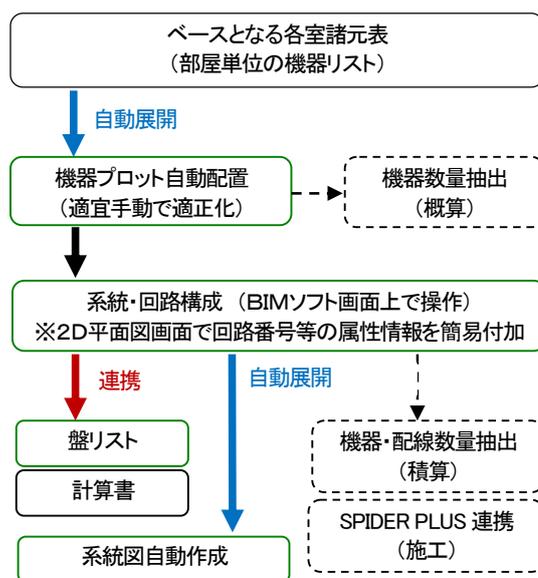


図1 設計ワークフロー（将来像）

業務の流れは従来の設計作業と大きく変わらないが、設計者の「判断が必要な部分」と「判断を要しない部分」を明確にすることが重要である。判断が必要な部分としては、主要スペース検討や幹線ルート検討、回路構成などが該当する。一方、判断を要しない部分としては、プロット作成や負荷集計などが該当し、自動化させることで省力化できる。また、BIM対応ソフトの画面上で「判断が必要な部分」の作業を容易に行える仕組みを構築することでペーパーレス化にも貢献できる。

4. 具体的取組み（ツールの整備）

4.1. Rebro作図基準の整備

Rebroを使用するにあたり、オペレータの作業効率と2D図面としての見栄え標準化を図るため基準を設けた。具体的には文字フォント、線種・太さ、縮尺ごとの各サイズ等、作図の基本となる部分である。

今後は、実物件での運用を重ねるほか、本格的なBIM作図の準備を進めていく。

4.2. オブジェクトの整備

電気設備部材が現状十分ではないため、使用頻度が高い部材をユーザー部材として330個程度登録した。(図2) また、同一部材における2D表現と3D表現での名称や種類等の部材情報を統一させ、属性情報として有効的に活用できるように整備した。

図2 ユーザー部材登録部品

4.3. BIM実績データの収集と蓄積

豊富な施工実績から、3D検討を行うための施工図や納まり図等のCADデータ整備・収集と蓄積に取り組んでいる。また、Excelツールでキーワード検索から該当するCADデータを抽出できるようにした。共有データを活用することにより施工経験の少ない設計担当者やBIMオペレータでも容易に施工イメージがつきやすく、納まり検討時間の短縮を図ることができる。(図3)

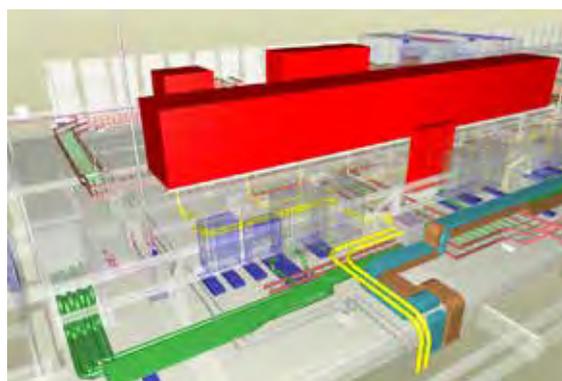


図3 BIM施工データ例（キュービクル下部）

4.4. BIM対応ソフト連携ツールの試作

連携ツールとして、図面の各シンボルに入力した属性情報を既存の負荷容量集計表に自動で出力する仕組みを、ExcelのVBAで試作した。Rebroの属性情報の活用により、負荷集計の手動作業が省略され、自動的に図4に示す負荷容量集計表の数値を出力できる。

設計担当に確認し、設計業務の省力化に寄与できるとの意見を得たため、今後は、Rebroの「盤管理」、「系統管理」の機能を利用して本格的に開発する方針とした。

設備番号 又は名称	分電盤名称	電圧方式	回路種別	照 明 (A) L	コンセント (B) PC (OA負荷以外) [kVA]	PCU コンセント (C) PC [kVA]	OA 機器 コンセント (D) OA [kVA]	合計	設計負 荷電流	主幹器具 定格電流
L101	1L-1	単相3線	AC	15.00	18.00	5.00		38.00	190.00	200
L102	1L-2	単相3線	AC	8.00	5.00	3.00	12.00	28.00	140.00	150

図4 試作したツールによる自動出力結果の一例

5. まとめ

現時点では、設計業務の省力化・効率化に向け、検討するBIM対応ソフトを選定し、サブコンの立場でのBIM設計ワークフローを整備した。またBIM設計ワークフローを構築するために、Rebroの作図基準設定やオブジェクト整備を進めるとともに、Rebro属性情報活用ツールを試作し業務効率化の有用性を確認した段階である。

今後は、将来の自動設計を見据え、まずは、「各室諸元表からの機器プロットの自動作成」と「平面図・盤リスト・計算書の連携ツール開発」を主に取り組んでいく。将来的には、系統図の自動作成、積算システムとの連携による積算業務の効率化、SPIDERPLUSとの連携による施工業務の効率化に繋げていきたい。

最後に、官民挙げてのBIM標準ワークフローの整備やオブジェクト充実、各種情報の標準化が進み、多様な立場の方々が共創できるBIM時代が来ることを期待している。

最適化手法と電気設備関連技術への適用に関する調査研究

○小林 浩, 棚橋 優 (トーエネック), 安井晋示 (名古屋工業大学)

Research and Study on Applying Optimization Method to Electrical Facilities

KOBAYASHI Hiroshi, TANAHASHI Yu (TOENEC CORPORATION), YASUI Shinji (Nagoya Institute of Technology)

キーワード: 電気設備, 最適化手法, AI, IoT, 適用事例調査

1. はじめに

最適化手法とは、各種問題に対する解を求める手法の総称であり、線形計画法やメタヒューリスティック手法が知られている。また最近では、AI (Artificial Intelligence, 人工知能) やIoT (Internet of Things, モノのインターネット) の普及が進みつつある。AI やIoT の普及により多くのデータの蓄積と活用が進むと、これまで以上に最適化手法の必要性も高まり、これまで適用されてこなかった分野への適用も進む可能性がある。

そこで、電気設備関連技術への適用の観点から、AI, IoT, 最適化手法のメリットや課題を整理するとともに、さらなる適用の可能性を検討した。本稿ではその概要を紹介する。なお、本調査研究は電気設備学会中部支部の自主研究として2019年度と2020年度に実施したものである。

2. 最適化手法の概要

2.1. 最適化手法 (最適化アルゴリズム)

最適化手法とは、最適化問題に対して、最適解を求めるために編み出された数学的手法である。最適化問題とは、与えられた制約条件のもとで、ある目的関数を最大または最小にする解を求める問題である。例えば、カーナビゲーションや乗換案内アプリでは、経路の最適化問題を扱っており、移動距離、所要時間、必要な費用などを目的関数として、最適化手法に従い最適解を求めている。ある事象を最適化する際には、最適化問題として制約条件や目的関数を明確にし、数理モデルにする必要がある。

図1のように、最適化手法は解を求めるアプローチによって、数理計画とメタヒューリスティクスの2つに分けられる。数理計画は、解の最適性の保証を持つ厳密解法である。代表的なものに線形計画法がある。問題の規模が大きくなると、計算量が激増し解くことが困難になる課題がある。また、問題の数理モデルが非線形や非凸、離散的といった複雑な形状をしている場合、本アプロー

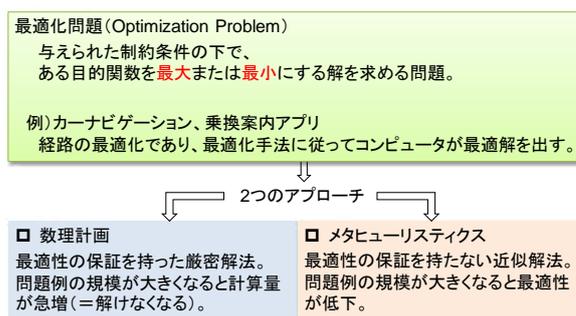


図1 最適化手法の定義と2つのアプローチ

チを適用することはできなくなる。

メタヒューリスティクスは最適性の保証を持たない近似解法である。問題の規模が大きくなると、問題を解くことは可能であるが、最適性が低下する。複雑な数理モデルにも適用ができるが、複雑の度合いも最適性を左右させる。

2.2. AI と最適化手法の比較

AI と最適化手法は、ある問題の最適解を求めるという点で共通した目的を持つ。それぞれの違いを明確にするため、表1にAI と最適化手法の比較結果を示す。

AI は最適化以外の用途を期待できる。一方、最適化手法が果たせる内容は最適化だけである。AI に必要なものはビッグデータである。データ数が多ければ多いほど、データの傾向を明らかにする機会が増えるため良いとされる。逆に言えば、データ数が十分でないとき、AI の活用は難しい。最適化手法を用いる場合は、数理モデルを定義することができればデータは不要である。

以上から、データ数に応じて両者の手法を使い分けることが重要である。データが十分に蓄積されている場合はAI の活用を検討し、データが存在しない場合や、データ数が少ない場合は、最適化手法を用いることを検討すべきである。

表1 AIと最適化手法の比較

項目	AI	最適化手法
活用範囲	画像、音声、文章認識、事象の予測 最適化	最適化
必要なもの	ビッグデータ	数理モデル
動作	与えたデータから傾向を明らかにする	与えた数式(制約)から最適な条件を求める

3. AI, IoT, 最適化手法の電気設備関連技術への適用事例調査

3.1. 調査方法

本調査研究では、最適化手法の電気設備関連技術への適用事例を調査した。なお、AI, IoTの分野も最適化とは関連が深いことから、広く情報を収集するため最適化のみに対象を絞らず、AI, IoTなどの分野も含んで幅広く適用事例を調査した。調査対象には、論文や雑誌記事などの他に、Webサイトで公開されている情報なども含めた。

3.2. 調査結果概要

調査した適用事例は48事例であった。調査研究報告書にはこれらを一覧表で整理した。一覧表では、適用事例毎に「情報」、「制約条件」、「評価関数」、「手法」の4点を抽出して掲載した。それぞれの意味は次のとおりである。

- ① 情報(データ) :
どのような情報・データを活用して検討するか
 - ② 制約条件 :
検討の際に何を制約とするか
 - ③ 評価関数 :
何を最小化(あるいは最大化)したいのか、目的
 - ④ 手法 :
どのような方法で計算・シミュレーションするか
- 上記4項目は、調査の主目的である最適化手法を説明するために抽出したものであるが、AI, IoTの分野の適用事例についても同じ4項目を用いて整理した。

本稿では、48事例のうち2事例の概要を紹介する。

3.3. 電線・ケーブルの最適導体サイズ選定^[1]

- ① 情報(データ) : 負荷電流、電線・ケーブルインピーダンス
- ② 制約条件 : 許容電流、許容電圧降下
- ③ 評価関数 : CO₂ 排出量、ピーク電力、電力損失の最小化
- ④ 手法 : 全数探索(全ての電線・ケーブルサイズで計

算し、最も良いサイズを選定)

・ 概要説明

通常、電線の導体サイズは安全上(許容電流と電圧降下)の規定を満たす範囲内で、インシャルコストを最小にする観点から、より細いサイズが選定されている。これに対し、電力損失を含めたライフサイクルコストを最小にする観点から、より太い最適なサイズを選定した設計を「ECSO設計」と呼び、その効果を試算した。仮に、低圧CVTケーブルの導体サイズ(断面積)を2倍にアップすると電力損失は1/2になる。損失率が4%であれば2%に低減でき、すなわち従来比2%の省エネとなる。これにより、発電時CO₂排出量を2%削減でき、さらに省エネ効果だけでなく節電(ピークカット)効果も期待できる。

3.4. 多数目的最適化手法を用いた配電系統の切替検討^[2]

- ① 情報(データ) : 電力負荷、配電線許容電流、配電線インピーダンス
- ② 制約条件 : 無停電、設備容量、系統電圧上下限制約、SVR上下限制約
- ③ 評価関数 : 停電負荷容量、現地操作者移動距離、開閉器操作回数、現地操作者所要時間
- ④ 手法 : 多数目的最適化アルゴリズム(NSGA-III(non-dominated sorting genetic algorithm III))

・ 概要説明

配電系統は、配電線工事の際の停電区間以外への迂回送電など、日常的に系統切替を実施している。配電系統は他フィーダへの連系点も多く、負荷や電源の分布も多様であり、その稼働状況も時々刻々と変化している。そのため、系統切替実施時には、運用者の経験や勘に基づき、切替を行う連系点の絞り込みや操作手順の検討を行うことが多い。切替検討時に最適化を実施することで、さらなる効率化が実現できる可能性がある。

系統切替には停電区間の縮小、現地操作開閉器数の削減、操作者の移動距離・時間の短縮などの複数の目的が存在し、これら目的の間にはトレードオフの関係がある。そこで、系統切替問題を多数目的最適化手法として定式化し、運用者の選択すべき代替案として、多数のパレート最適解を導出した。

4. AI, IoT, 最適化手法の電気設備関連技術への新たな適用可能性の検討

4.1. 適用事例の分類

調査した適用事例を、①受電設備・負荷設備・エネルギー設備、②電気系配線設計、③接地設計・安全保護、④アセット管理、⑤施工、⑥その他に分類し、最適化手

法の電気設備関連技術への新たな適用可能性を検討した。本稿では①～④について紹介する。

4.2. 受電設備・負荷設備・エネルギー設備

高圧受電設備の変圧器では、容量選定の最適化がある。変圧器は種類によって効率が最高となる負荷率が異なる。そこで変圧器損失を最小化する負荷率で運用できるように変圧器容量を選定する必要があり、最適化の一つであると言える。従来の変圧器容量の選定は、将来の負荷増加を見越すなどの観点から過剰であったと言われており、今後は最適化を検討する必要がある。

太陽光発電、蓄電池、空調熱源、発電機などのエネルギー設備を対象とした最適化には、マイクログリッドシステムの最適運転計画、分散型電源の最適運用制御、エネルギー最適運用計画、熱源最適運転、など比較的多くの最適化適用事例がある。

4.3. 電気系配線設計

(1) 分電盤配置

需要家構内の配線設計の際には、負荷の重心に分電盤を置くと最も配線損失を低減できると従来から知られており、これは一種の最適化である。また、分電盤の位置によって雷保護設計や電圧変動の大きさも変化すると考えられる。これにより、面積、電力供給量、配線ロスの低減や、雷保護の信頼性など様々な制約条件が発生し、問題は複雑化する。評価関数には、配線ロス最小、配線インピーダンス最小、雷被害最小などが挙げられ、それぞれの最適解が異なれば、多目的最適化問題となる。

(2) 分電盤二次側配線設計

①配線サイズアップによる配線損失最適化（最小化）

3.3.で紹介した事例では、配線サイズを通常の配線設計による選定サイズから1サイズアップし、配線損失を低減することを目指している。一方、通常の配線設計では、想定した負荷容量の100%を使用できるように配線サイズを選定する。しかしながら、実際に負荷容量の100%を使用することは極めてまれである。つまり、配線サイズが大きめに選定されているのと同じである。よって、配線サイズを大きくして配線損失を最適化（最小化）する手法は、すでに実現されており、これ以上の最適化は不要であると考えられることもできる。

一方、保護協調の観点では配線サイズが大きいことは望ましくない。仮に損失低減のために配線サイズを大きくすると許容電流も大きくなり、許容電流を安全に遮断できるように配線用遮断器のサイズを大きくする必要があり、インシヤルコストの増加につながるためである。

②配線ルートの選定による配線損失最適化（最小化）

敷地面積が大きい需要家や地域の配電系統では、配線

ルート（配線サイズも含め）の適切な選定により、配線損失を最適化（最小化）できる可能性がある。しかしながら、実際に配線損失を計算するには、配電系統の枝葉まで含めると計算量が膨大となり、計算量に見合う効果を得られるかが課題である。

4.4. 照明設計

照明設計では、例えば工場では照明器具の消費電力を低くするなど経済性を重視する傾向があり、商業施設では顧客の快適性を重視する傾向がある。これらの経済性と快適性を例えばコストなどの一律の基準で評価することは容易ではない。このため最適化の適用が難しいと考えられる。

また、照明の快適性を示す指標の一つに照度があるが、照度だけでは快適性を評価することはできず、他の指標も合わせて評価する必要がある。しかし指標の基準が統一されていないのが現状であり、今後の課題である。

一方、照明設計の省力化は、照度計算ソフトの開発などにより実現されつつある。オフィスなどでは照明器具配置をパターン化しやすいため、将来自動最適設計が実現する可能性は高いと考えられる。

4.5. 接地設計・安全保護

(1) 雷保護設計

雷保護設計では、SPDの最適配置が課題である。SPD設置箇所が多い方が雷害リスクを低減できるが、許容できるコストには上限がある。雷害リスクが増えない範囲でSPD設置箇所や設置数を減らすことができれば、需要家のコスト削減となる。雷害リスクとコストを適切に指標化し、両者を組み合わせた評価関数を作成し、その最小値を求めることで最適化できることが望ましい。

(2) 接地設計

文献3は、直撃雷発生時の過電圧を電磁界解析をせずに簡易式で計算する手法の研究である。この研究は、接地設計において重要な接地極の位置を最適化することを目的としている。最適化のためには条件を変更しながら電磁界解析などの計算を何度も行う必要がある。しかし、現実的には電磁界解析には1パターン数時間程度の計算時間がかかるので、この削減が課題である。

具体的には、落雷時にD種接地とB種接地間に発生する電圧を簡易な計算式で求める方法を開発し、誤差10%程度で計算できることを検証している。このような簡易計算式を用いれば、多数のパターンを計算して最適な接地設計を行う最適化が可能になる。

ただし、何をもちいて最適とするかの評価関数の作成が難しいという課題がある。この研究では電圧計算式の検討のみを行っているが、最終的な目標はコストも含め他

の要素も考慮した最適な接地システムの提案である。その際の最適とは制約条件のもとでの最適化であり、現実にはインシャルコストやランニングコストが制約条件に該当すると考えられる。

5. 電気設備関連技術への新たな適用可能性

5.1. 新たな適用可能性の整理

ここまでの調査結果、検討結果を最適化手法の適用可能性として整理し、表2に示す。従来から電気設備設計で考えてきた内容がある意味での最適化であり、新たな価値のある最適化の適用可能性の有無は、実用性と新規性を付加できるかによる。

5.2. ケーススタディの検討

電気設備分野では、様々な目的が複数存在する中で最適化するという状況が多い。また、過剰に安全設計されているものに対し、コストダウンとリスクマネジメントの観点から最適化することが有用である。これらの要素を兼ね備え、かつ電気設備分野に馴染みがある事例として分電盤の最適配置に注目し、最適化手法適用のケーススタディを行うこととした。

具体的には、ある限定されたエリアを想定し、配線設計条件や雷保護設計条件の制約の下で、分電盤の配置、変圧器容量をトータルで最適化する。想定条件を簡素化すれば、設計パターンはある程度決められるため、設計パターンを全て計算して最適な設計を選択する。また、最適化問題としてモデリングができれば、定式化して最適化手法を適用する。このとき、雷保護設計のみ最適化手法を取り入れるなど、一部の評価関数への最適化手法の適用も検討する。

6. おわりに

本調査研究では、最適化手法の電気設備関連技術へのさらなる適用の可能性を検討した。その結果、電気設備分野に馴染みがある事例として、分電盤の最適配置に注目し、具体的なケーススタディの方向性をまとめた。2021年度にはケーススタディを実施する予定である。

本稿は、以下に示す調査研究委員会の成果を取りまとめたものであり、委員各位に謝意を表する。

<最適化手法と電気設備関連技術への適用に関する調査研究委員会>

委員長：安井晋示（名古屋工業大学）

委員：澤村晋次（日建設計）、近藤祥文（鹿島建設）、中山賀博（きんでん）、久米任弘（パナソニック）、伊藤裕幸（日東工業）、大島正稔（河村電器産業）、廣瀬和雅（愛知電機）、野々山公亮（中部電力パワーグリッド）

幹事：小林 浩、棚橋 優（トーエネック）

参加者：小森駿矢、HUANG Yantao（名古屋工業大学）

事務局：山内雅夫（電気設備学会）

文献

- [1] 一般社団法人日本電線工業会 Web サイト
<https://www.jcma2.jp/gijyutu/esco/index.html>
- [2] 山崎、関崎、西崎、林田、石川、上西：「多数目的最適化手法を用いた配電系統切替時のパレート最適化の導出」、平成30年電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集 CD-ROM, No. 135 (2018)
- [3] 小木曾、小森、安井、山本、小林：「ビル直撃雷による接地線間過電圧発生メカニズムの考察」：電学論 B, 第140巻3号 pp.198-203 (2020)

表2 電気設備関連技術への最適化手法の適用可能性

目的	情報（データ）	制約条件	評価関数	手法
ビル内のSPDの状態監視・寿命予測	インパルス数 ギャップ放電の発光 漏れ電流・漏れ電圧 温度	無し	劣化メカニズム 劣化度合い	IoT
B種・D種接地極配置の最適化	杭の配置・長さ 大地抵抗率 保護クラス（雷電流波形・波高値）	接地極の離隔距離 杭からの離隔距離	接地極間電位差 SPD処理エネルギー	最適化（コスト）
SPDの最適配置	ビル内の配線ルート・長さ 接地極間電位差 階層間距離	SPDのクラス SPDの個数	SPD処理エネルギー 分岐先の電圧	最適化（リスク）
分電盤の最適配置	分電盤配置 配線設計 雷保護設計 変圧器容量	延床面積 電力供給量 ロスの低減 雷保護の信頼性	配電損失 配線インピーダンス 雷被害	多目的 最適化
変圧器容量選定	変圧器容量と台数	要求される容量, ピーク	コスト 故障リスク	最適化

燃料電池を含む直流マイクログリッドシステムの構築における CO₂ 排出削減量の試算

○西戸雄輝, 棚橋 優, 大島誠一郎, 小林 浩 (トーエネック)

Estimated CO₂ reduction in construction of DC microgrid system including fuel cell
NISHIDO Yuki, TANAHASHI Yu, OOSHIMA Seichiro, and KOBAYASHI Hiroshi (TOENEC CORPORATION)

キーワード：マイクログリッドシステム, 直流給電, 燃料電池, 太陽光, 蓄電池

1. はじめに

近年, IoT 技術の躍進や, 再生可能エネルギーへの期待, 災害時における BCP 対応といった課題に対する対策手法として, マイクログリッドシステム(MGS: Micro Grid System)の活用が注目されている。弊社はこれまでに, MGS で消費されるエネルギー量や, 運用コスト等を最小化する最適運用手法を開発するため, 自社建物に MGS を構築した。当該 MGS には太陽光発電(PV), 蓄電池(BT), コージェネレーションシステム(CGS)を導入し, 交流(AC)系統にて電力融通を行っている。これらの機器は, 開発した最適運用手法を用いた計算結果によりエネルギーマネジメントシステム(EMS)にて制御している。

一方, 環境問題に対して脱炭素社会実現に向けた水素利活用は, 今後重要な役割を担う。本研究では上記の最適運用手法をベースとして, 新たに燃料電池(FC: Fuel cell)や水電解装置(EC: Electrolysis Cell)を含めた最適運用を可能とする最適運用手法の開発を目的とする。本稿では, 今後構築するシステムの概要と, システム導入による CO₂ 排出削減効果の試算結果を紹介する。

2. システム概要

FC の発電電力や EC の電気分解の電力は DC である。PV の発電電力や BT の充放電電力も DC を利用することから, MGS 内の電力融通は DC 系統とした。構築する直流マイクログリッドシステム(DC-MGS)の概略図を図 1

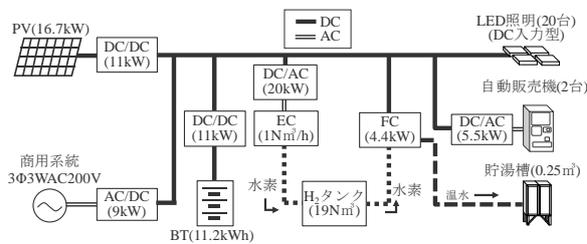


図 1 構築する DC-MGS の概略図

に示す。直接 DC 電力を入力可能な EC は市販されていないため, EC には DC/AC のインバータを介して電力を供給する。EC 内部に AC/DC のインバータがあり, 電気分解の電力は DC である。また, 商用系統からも AC/DC コンバータを介して電力を供給可能とする。

3. DC-MGS に接続する機器仕様

DC-MGS の PV 容量は 16.7kW で, 定格出力 11kW の DC/DC コンバータを介して DC 系統に接続する。

BT は定格容量 11.2kWh のリチウムイオン電池を定格出力 11kW の DC/DC コンバータを介して DC 系統へ接続する。

FC は DC 発電と排熱を同時に利用可能な FC-CGS を採用した。表 1 に FC-CGS の仕様を示す。

EC は小型の 1N m³/h を選定した。定格消費電力は 10kW である。表 2 に EC の仕様を示す。

表 1 FC-CGS の仕様一覧

項目	値	単位
最大出力(許容範囲)	4.4(0.8~4.6)	kW
定格電圧(電圧範囲)	380(350~395)	Vdc
水素消費量	3.8以下	Nm ³ /h
水素圧力	30~40	kPaG
排熱量	1.05	kW/kWh

表 2 EC の仕様一覧

項目	値	単位
電源	200(3Φ3W)	Vac
定格消費電力(推定値)	10.0	kW
水素生成量	1.0	Nm ³ /h
水素ガス純度	99.999	%
水素ガス供給圧力	0.82	MPaG

表 3 PCS 仕様一覧

項目	値	単位
連系運転定格出力	5.5	kW
自立運転定格出力	2.5	kW
入力運転電圧範囲	60~450	V
自立運転出力方式	単相二線式	-
自立運転定格出力電圧	AC101	V
変換効率(連系運転時)	95.0	%

表4 負荷仕様

負荷名称	消費電力 [W]	台数 [台]	合計 [kW]
LED照明 (DC入力)	40	20	0.8
自動販売機 (AC入力)	100	2	0.2

負荷はDC入力型のLED照明と、自動販売機とした。LED照明にはDC電力を直接供給する。自動販売機にはPCS(DC/AC)を介して自立運転出力にて電力を供給する。表3にPCSの仕様を示す。表4に負荷の仕様を示す。

4. CO₂排出削減量の試算

4.1 負荷消費電力量(L_{DC})

LED照明と自動販売機は毎日同じ動作時間とした。土日祝日などの違いは考慮しない。LED照明の点灯時間は9.5h/日(7:30~12:00, 13:00~18:00)、自動販売機は24h/日とした。(1)式から年間の消費電力量(L_{DC})は4,526kWh/年とした。

$$L_{DC} = (0.8kW \times 9.5h/日 + 0.2kW \times 24h/日) \times 365日/年 \\ = 12.4kWh/日 \times 365日/年 = 4,526kWh/年 \quad (1)$$

4.2 太陽光発電量(P_{iPV})

既設のPVの2019年の年間発電量から、DC-MGSに接続するPV設備の推定年間発電量(P_{iPV})を19,146.3kWh/年とした。日平均発電量(P_{iPV-day})は52.5kWh/日である。

4.3 EC入力電力量(P_{iEC})と水素生成量(Ho_{EC})

PVの発電電力は負荷にて優先的に使用し、発生した余剰電力はECにて水素を生成し貯蔵する。PVが発電している時間帯(8:00~16:00:8h)の負荷消費電力量(L_{DC-day})は(2)式から8.0kWh/日である。PVの余剰電力量、すなわちECの入力電力量(P_{iEC})はPVの日平均発電量(P_{iPV-day})と負荷消費電力(L_{DC-day})の差とした。(4)式からECの入力電力量(P_{iEC})は16,242kWh/年である。P_{iEC}をECにて水素に変換した場合、水素生成量(Ho_{EC})は(5)式から1,624.3N_m³/年である。

$$L_{DC-day} = 0.8kW \times 8.0h/日 + 0.2kW \times 8.0h/日 \\ = 8.0kWh/日 \quad (2)$$

$$PV \text{ 余剰電力量} = 52.5kWh/日 - 8.0kWh/日 \\ = 44.5kWh/日 \quad (3)$$

$$P_{iEC} = 44.5kWh/日 \times 365日/年 = 16,242kWh/年 \quad (4)$$

$$Ho_{EC} = 16,242kWh/年 \times 0.1N \text{ m}^3/kWh \\ = 1,624.3N \text{ m}^3/年 \quad (5)$$

4.4 FC発電電力量(Po_{FC})

PVの発電量が小さく、DC負荷への電力供給が足りない場合には、FCにて発電する。(7)式にてFCの発電電力量(Po_{FC})を試算した結果1,883.4kWh/年であった。

$$FC \text{ の } 1N \text{ m}^3 \text{ あたりの単位発電量} = 4.4kW / 3.8N \text{ m}^3/h \\ = 1.16kW/N \text{ m}^3 \quad (6)$$

$$Po_{FC} = Ho_{EC} \times FC \text{ の } 1N \text{ m}^3 \text{ あたりの単位発電量}$$

$$= 1,624.3N \text{ m}^3/年 \times 1.16kW/N \text{ m}^3 = 1,883.4kWh/年 \quad (7)$$

4.5 BT充放電量

水素貯蔵タンクが満タンでPVの余剰電力が発生した場合、余剰電力は蓄電池へ充電する。また、PVの発電量も水素貯蔵量もない場合、蓄電池から放電する。蓄電池はSOCが定格の30%(3kWh)未満にならないように運用する。1分単位のデータを用いてシミュレーションした結果、年間の充放電量は以下の値となった。

$$BT \text{ 充電量}(P_{iBT}) = 73.1kWh/年$$

$$BT \text{ 放電量}(P_{oBT}) = 70.1kWh/年$$

4.6 CO₂排出削減量

L_{DC}に対し供給可能な電力量は、PVから直接消費する電力(L_{DC-day}×365日/年)、FCから供給する電力Po_{FC}、蓄電池から供給する電力Po_{BT}の合計で、(10)式から4,654.4kWh/年と試算した。この電力はL_{DC}よりも大きいため、DC-MGSでは商用電力を利用することなく、電力供給が可能であることが確認できた。L_{DC}を商用電力からPV発電電力に代替できるため、CO₂排出削減量は排出係数を0.579[kg-CO₂/kWh]¹⁾とした場合、(11)式から2.69t-CO₂/年と試算した。

$$\text{直接PVから消費する電力} = L_{DC-day} \times 365日/年 \\ = 8.0kWh/日 \times 365日/年 \\ = 2,920.0kWh/年 \quad (8)$$

$$Po_{FC} + Po_{BT} = 1,883.4kWh/年 + 70.1kWh/年 \\ = 1,953.5kWh \quad (9)$$

$$1,953.5kWh/年 + 2,920.0kWh/年 = 4,654.4kWh/年 \quad (10)$$

$$CO_2 \text{ 年間排出削減量} = L_{DC} \times 0.579kg-CO_2/kWh / 1,000 \\ = 4,654.4kWh/年 \times 0.579kg-CO_2/kWh / 1,000 \\ = 2.69t-CO_2/年 \quad (11)$$

5. おわりに

自社建物に構築を進めているFCとECを含めたMGSの概要とCO₂排出削減量の試算結果を紹介した。

本システムの稼働開始は2021年度中を予定している。今後、実稼働データを取得し、試算結果の妥当性を確認する。

なお、本システムの構築に際し、環境省 令和2年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金(水素を活用した社会基盤構築事業のうち水素を活用した自立・分散型エネルギーシステム構築事業)の交付決定を受けている。

6. 文献

1) 環境省地球環境局:「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック<補助事業申請者用>」, p.5(2017)

太陽電池の EL 測定における不具合箇所発光に関する一考察

○青山泰宏, 西戸雄輝 (株) トーエネック

Consideration on luminous at defective points in EL measurement of Photovoltaic module.
AOYAMA Yasuhiro, NISHIDO Yuki (TOENEC CORPORATION)

キーワード: 太陽光発電, EL 測定, 不具合調査, バイパス回路高抵抗

1. はじめに

当社では、太陽光発電所における太陽電池モジュール(以降、モジュール)の不具合検出を目的とした、「オンサイト EL 測定サービス」を展開している。EL とは、Electroluminescence の略で、電界発光を意味する。EL 測定とは太陽電池に電流を流し、太陽電池を発光させ、発光の有無からセル内部の不具合を検出する手法である。発電所の現地(オンサイト)でモジュールを取り外すことなく測定できるのが特徴である。

これまで当社が実施してきた EL 測定において、熱画像測定及び IV 特性で不具合と判定しモジュールが EL 測定では正常時と同様に発光した事例を確認した。そこで本報では、回路シミュレーションと屋内およびフィールドでの検証から、この現象を考察した結果を報告する。

2. バイパス回路高抵抗の概要

図1に当該モジュールの熱画像(赤丸部分)を示す。1つのクラスタ全体が発熱している様子が確認できるため、不具合はバイパスダイオードの短絡故障と判断できる。一方当該モジュール1枚を含むストリング(14枚)の IV 特性を図2に示す。これを見ると、開放電圧付近で電圧が上昇する特徴があり、バイパスダイオード短絡故障時の IV 特性と異なる。

当該モジュールについて、製造メーカーに見解を求めたところ、ジャンクションボックス内の配線(バイパス回路)の接続点が不完全であるとの回答を得られた。これは、配線とバイパスダイオードとを接続する「半田付け」を人手で実施したため、はんだの接合不良が発生し、バイパス回路内に高抵抗箇所が発生したことが原因である。本報告では、この不具合をバイパス回路高抵抗と呼ぶ。

図3に発電時及び EL 測定時の電流の流れを示す。EL 測定と発電時の電流の流れは逆方向である。バイパス回路高抵抗において、発電時にはセル回路側より抵抗値が低いバイパスダイオード側に電流が流れるため、バイパスダイオード短絡故障と同様の熱画像が得られた。一方 EL 測定では、ダイオードが逆方向のためバイパスダイオード側に電流が流れず、抵抗成分を有するセル回路側に電流が流れ EL 測定で発光したものと考えられる。

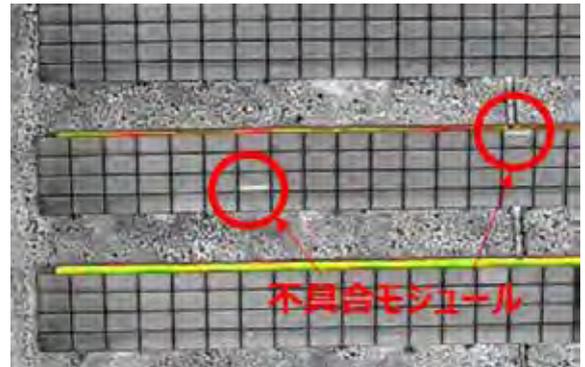


図1 不具合モジュールの熱画像

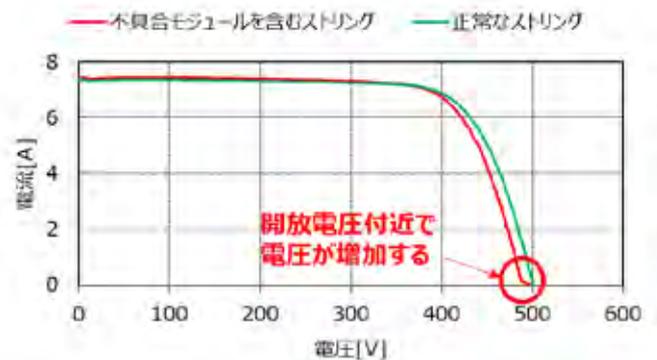


図2 不具合モジュールを含むストリングの IV 特性

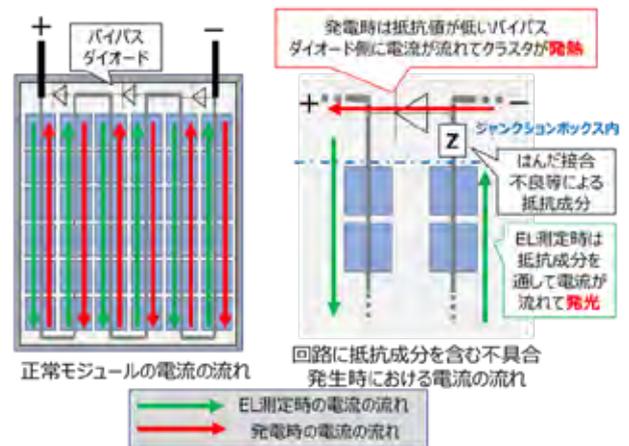


図3 各状況における電流の流れ

3. シミュレーション及び屋内実験での検証

バイパス回路高抵抗は、実際に何Ω程度なのか調べるため、LTSPICE を用いて回路シミュレーションを行った。結果を図4に示す。IV 特性は10Ω以上の抵抗値がバイパス回路内に挿入されると実測された解放電圧付近の電圧上昇の様相に近くなる。次に、ジャンクションボックス内に抵抗器を挿入して IV 特性を測定した。結果を図5に示す。実験による IV 特性は、回路シミュレーションの結果と非常に近い。また、開放電圧付近の電圧上昇は挿入抵抗値が1kΩの場合に見られなくなった。なお EL 測定も行ったが、抵抗を挿入したクラスタは、全ての抵抗値で発光した。

4. フィールドでの検証結果

バイパス回路高抵抗の不具合が多発している発電所で、各種測定器を用いて不具合の検証を行った。熱画像測定によるクラスタ発熱モジュールは8箇所であった。クラスタ発熱モジュールを含むストリングにおいて、アイテス社のソラメンテ Z(回路インピーダンス測定)で測定したところ、オーバーレンジと表示された。また、ソラメンテ-iS(電流センサ)では発熱クラスタに電流が流れていないことを確認した。

次に、クラスタ発熱モジュールに直流電源最大印加電圧 50V、最大注入電流 5A の条件で EL 測定を行った。その結果、大きく2つの様相を示した。

① 発熱クラスタが EL 測定で発光する

開放電圧付近の電圧上昇があるモジュールにみられた。抵抗値は20Ω以下と考えられる。図3に示したようにバイパス回路抵抗を介して電流が流れたため発光した。

② モジュールに電流が流せない

開放電圧付近の電圧上昇がないモジュールにみられた。原因は、バイパス回路抵抗が1kΩ以上と高いため最大印加電圧 50V では電流を流せないためと考えられる。直流電源の印加電圧を上昇させたところ、80V 付近で急に電流が流れはじめた。EL 測定では、発熱クラスタが暗く映った。これは、モジュールへの印加電圧が高くなり、抵抗成分を含むクラスタのバイパスダイオード間の電圧が逆耐圧を越えたため、バイパスダイオードが短絡故障したものである。この結果より、バイパス回路の抵抗値が1kΩの高い状態において、EL 測定の直流電源の印加電圧を高い値に設定している場合、バイパスダイオードを短絡故障させて測定している可能性があることが分かった。

EL 測定後、再度対象モジュールの IV 特性を測定したところ、様相①の発光したモジュールの IV 特性が正常なものに回復したことが判明した。例を図6に示す。EL

測定ではんだ接合不良箇所により電流を流すことにより接合不良箇所が正常に接合され、回復したものと考えられるが詳細は不明である。短期的な回復の可能性もあるため、継続して調査する予定である。

5. まとめ

バイパス高抵抗の不具合モジュールについて IV 特性及び EL 測定を行った。EL 測定により不具合が回復するなど異なる事象が発生したが、今後原因調査及び EL 測定での検出方法の考案を進めていきたい。

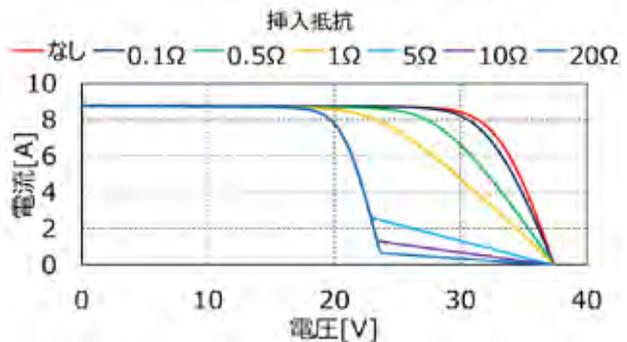


図4 回路シミュレーション IV 特性結果

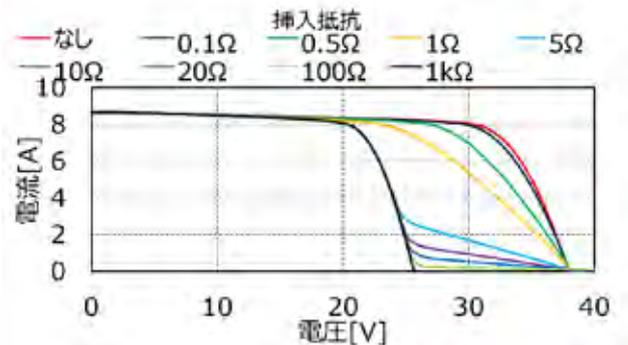


図5 屋内実験 IV 特性結果

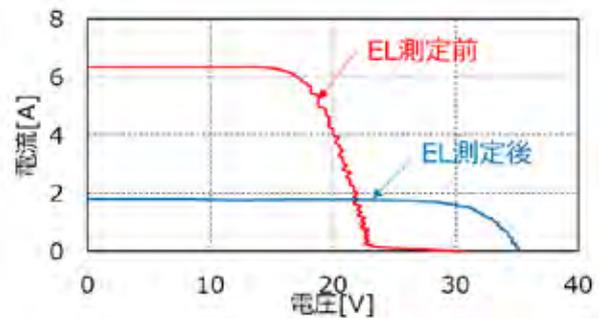


図6 EL 測定で発光した不具合モジュールの IV 特性

自動力率調整装置を設置した需要家の

SC 容量推定ツールの開発

○阪井 雄真, 藤田 悠, 小林 浩 (トーエネック), 青木 睦 (名古屋工業大学)

吉江 学, 水野 佑哉, 濱田 康佑, 深江 隆之 (中部電力パワーグリッド)

Development of SC Capacity Estimation Tool for Consumer with Automatic Power Factor Controller

SAKAI Yuma, FUJITA Yu, KOBAYASHI Hiroshi (TOENEC CORPORATION),

AOKI Mutsumi (Nagoya Institute of Technology)

YOSHIE Manabu, MIZUNO Yuya, HAMADA Kosuke, FUKAE Takayuki (Chubu Electric Power Grid Co., Inc.)

キーワード: 高圧需要家, SC, 自動力率調整装置, 配電線電圧上昇, DBSCAN

1. まえがき

高圧需要家では, 一般的に受電点力率を改善する目的で進相コンデンサ (SC) が設置されている。しかし, 大部分の高圧需要家では SC を常時接続した状態であるため, 軽負荷時において配電線の力率が進み状態となり, フェランチ現象による配電線の電圧上昇が課題となっている。この対策として, 一部の高圧需要家では, 自動力率調整装置などを設置して SC 容量を調整しているものの, 適切に SC 容量を調整されているか把握することは難しい。そこで, 本研究では, 受電点の有効・無効電力の測定値をもとに自動力率調整装置等を設置している高圧需要家の SC 容量変化を推定するツールを作成した。

2. ツール概要

2. 1 クラスタ分離方法

SC 容量を調整していない需要家では, 有効・無効電力散布図から回帰直線を算出することで, 切片から SC 容量を求めることができる⁽¹⁾。しかし, SC 容量の調整を実施している需要家では無効電力変化によりプロットが複数のグループに分かれるため, 回帰直線では SC 容量を求めることができない。

そこで本ツールでは, 密度準拠型クラスタリング手法である DBSCAN を用いてクラスタ分離を実施する。DBSCAN とは, 2つのパラメータ (半径 ϵ , 個数 n) から, 密度によりデータを各クラスタに分離する手法である。具体的な DBSCAN 実行の流れを以下に示す。

- ① SM データの有効電力, 無効電力の最小値を 0, 最大値が 1 となるように正規化する。
- ② あるデータの半径 ϵ 内に個数 n 以上のデータ数が存在する場合は, 当該データをコアデータとする。
- ③ ②のコアデータから半径 ϵ 以内にあるデータを一つのクラスタとする。そのクラスタに新たなコアデータがあれば, そのコアデータから半径 ϵ 以内

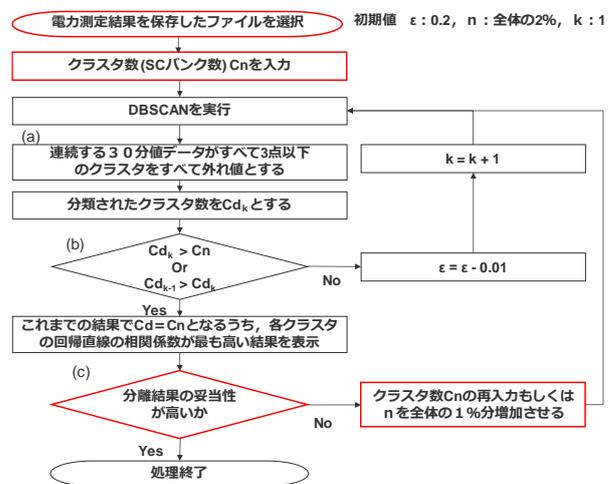


図1 ツールの実行フロー

のデータを同じクラスタにする。これを繰り返し実施する。

- ④ コアデータがすべて各クラスタに分離できるまで ②, ③を繰り返し, クラスタ数を決定する。

2. 2 ツールの実行フロー⁽²⁾

ツールの実行フローを図1に示す。図1では, ツールが自動で実行する部分を黒枠で示し, 操作者が実行する部分を赤枠で示している。本ツールでは, 設計値などから想定される SC バンク数を入力することで, 有効・無効電力測定値 (30分値) をもとに, 半径 ϵ , 個数 n を変えながら DBSCAN を繰り返し実行し, SC 容量変化を推定する。

図1の (a)~(c) の処理の説明を以下に示す。

(a) 30分値の有効・無効電力が入力データであるため, SC 容量の調整を含む時間帯を含むデータは, SC 容量の調整前後の平均値となり, SC 容量推定に用いることができない。そこで, SC 容量の調整を含む時間帯のデータは通常 30分以内に収まると考えられるので,

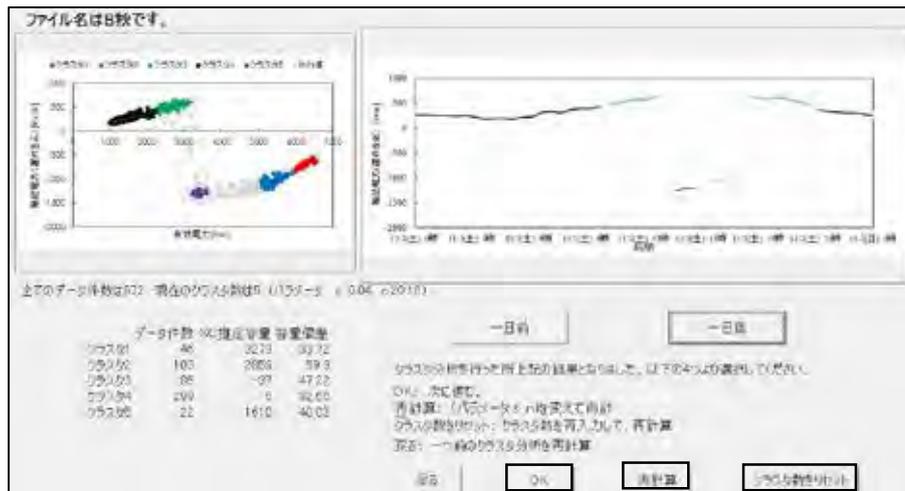


図2 ツールの出力結果画面

安全のため、分離したクラスタのうち、30分値で連続するデータがすべて3点以下のクラスタを本分析ではすべて外れ値に分類する。

(b) これまでの分析結果から、クラスタ数が減少に転じた後は、正しく分離できないことから、次の処理に移るようにしている。

(c) 図2の画面が表示されるので以下の操作を行う。

(i) 分離結果が正しいと判断した場合:「OK」を押す。
→計算が終了し、出力結果が表示される。

(ii) 入力したクラスタ数に間違いはないが分離結果がおかしいと判断した場合:「再計算」を押す。
→自動的に個数nを1%増加させて再計算を行う。

(iii) 動作していないSCがあるなどの理由で入力したクラスタ数に間違いがあると判断した場合:「クラスタ数をリセット」を押す、クラスタ数を再入力する。
→自動的に再計算を行う。

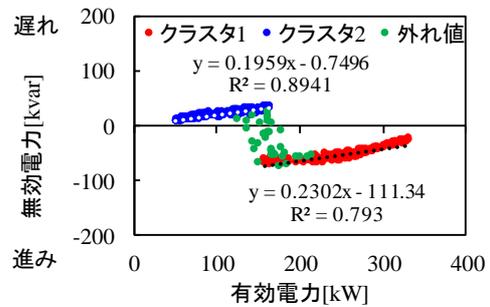
なお、図2では入力クラスタ数を5と誤って入力した結果を示している。

3. 出力結果例

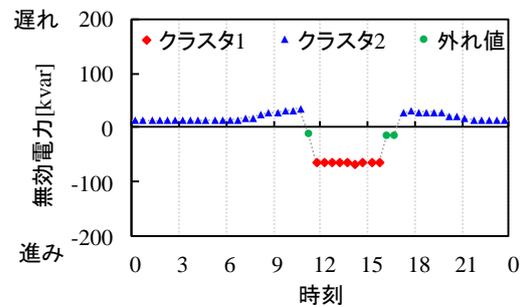
出力結果の例として、図2に示した需要家に対し、クラスタ数を2と入力した際の出力結果を図3に示す。図3より、常時設置されているSCは存在せず、一般的なSCのラインナップを考慮すると、100kvarのSCをタイマーや自動力率調整装置などで12時~15時に投入していると考えられる。

4. あとがき

本論文では、高圧需要家のSC容量変化を推定するツールを紹介した。本ツールにより、高圧需要家のSC制御および容量選定が適正であるかの確認等に活用いただければと考えている。



(a) 散布図



(b) 一日の無効電力推移

図3 ツールによる出力結果の例

5. 文献

- 1) 井上昌彦, 「配電負荷の第5調波電流発生源と負荷の等価回路の推定法」, 電学論 B, 101 巻 8 号 p451-458, (1981)
- 2) 阪井雄真他, 「スマートメータデータを利用した自動力率調整装置を設置した需要家のSC容量推定手法」, 2021年電気学会全国大会 6-151, (2021)

TN 系統におけるビル直撃雷による分電盤過電圧発生メカニズムの考察

○山本達也, 小林 浩 (トーエネック), 安井晋示, 小森駿矢 (名古屋工業大学)

Consideration of Mechanism of the Overvoltage at Distribution Boards in TN System
 Caused by a Direct Lightning Strike to Buildings
 YAMAMOTO Tatsuya, KOBAYASHI Hiroshi (TOENEC Corporation),
 YASUI Shinji, KOMORI Shunya (Nagoya Institute of Technology)

キーワード: 電位差, ビル, 直撃雷, TN 系統

1. はじめに

近年の電子機器は, 小型化や省エネ指向に伴う低電圧化により過電圧に対する耐量が小さくなっており, 落雷に伴い生じる過電圧に対して非常に弱くなっている。

本研究は, 一般的なビルを対象として, ビル直撃雷に対する過電圧抑制に向けた効率的な配線設計技術の確立を目的としている。具体的には, ビル内の配線間に生じる雷過電圧の発生メカニズムと定量的な推定手法を確立し, 雷保護対策としてのサージ防護デバイス (SPD) の選定や配置, 配線ルートなどを保護レベルに応じて最適化するための設計技術の開発である。これまで, わが国で多く採用されている TT 系統でのビルにおいて, 分電盤内の系統接地 (B 種) と保護接地 (A 種および D 種) の接地線間に生じる雷過電圧の発生メカニズムを定量的に解明し, 接地極間に生じる過電圧が支配的であること, ビル中心部に接地極を配置することで過電圧を大きく低減できることなどを明らかにしてきた²⁾。

TT 系統での分電盤過電圧抑制対策としては, 高圧受電設備において, 高低圧変圧器の 2 次側の系統接地と構造体に接続される D 種接地をクラス I 相当の SPD で接続する対策が一般的に行われる。この場合, 雷過電圧発生時では, SPD が動作し, TN 系統と同様な配線となり, 接地極間過電圧が抑制される。このような TN 系統では, 受電設備での接地極間過電圧は SPD により抑制されるものの, 受電設備から低圧配線で接続される各階の分電盤での配線間には, D 種接地線に流入する雷過電流による電磁結合により過電圧が生じる。本論文では, このような TN 系統での各階分電盤での線間過電圧の発生メカニズムを, 電磁界解析を用いて定量的に検討および考察した結果について報告する。

2. FDTD 法による分電盤過電圧の解析

ビル内分電盤内の線間に生じる雷電圧の発生メカニズムを電磁界解析によって検討した。電磁界解析では,

FDTD 法による VSTL Rev 2.32³⁾を使用した。

2. 1 ビルの解析モデル

解析を行うビルの構造は, 20 m × 20 m × 20 m の 4 階建てビルで, 柱, 梁は直径 0.5 m の円柱導体を 5 m ごとに配置した。大地の深さを 35 m とし, 大地内には地下杭を円柱導体で埋め込んだ。地下杭の長さは 5 m とした。受雷部は, ビル最上階の角の位置とし, 雷道は電流源と細線導体で模擬して上部境界面に接続した。

ビル内の配線図を図 1 に示す。受変電設備は屋上に配置し, 基本モデルとして, B 種, D 種の接地線および電源線の N 相は全て同一の EPS で配線される状態をモデル化した。B 種, D 種接地極は棒 2 連電極を想定し, それぞれ単独に 0.75 m の埋設深さで直径 10 mm, 長さ 3 m の円柱導体でモデル化した。各接地極の埋設位置は, ビル側面から外部 2.5 m の箇所とした。B 種接地線は 1 階部分でビル中央部まで配線した後, 屋上の受変電設備に接続され, その後, 電源線の N 相として各階の分電盤まで個別に配線している。また, D 種接地線は, 各階のフロア部と屋上の受変電設備の地点で構造体の円柱導体と相互接続し, ボンディングを施した状況を模擬している。配線は, いずれも細線導体とし, D 種, B 種接地線は直径 10 mm, N 相線は直径 6 mm とした。B 種, D 種, N 相の各配線間は, 50 mm の間隔を空けて配置した。

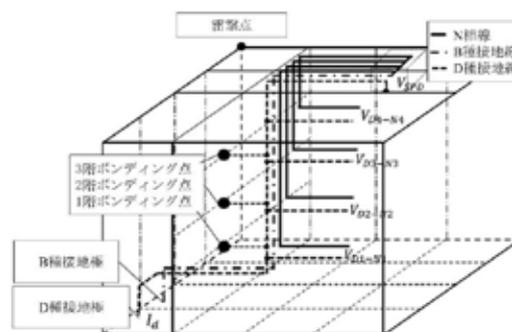


図1 ビル解析モデル内配線図

屋上の受変電において、B種-D種接地線間に、クラスI相当のSPDを配置した。SPDは、図2に示すV-I特性を有する非線形抵抗で模擬した。なお、検討では、SPD配置部を短絡したTN系統での解析も行った。

2.2 解析条件

解析条件を表1に示す。解析空間におけるセルサイズは、配線間の電磁誘導の影響を評価するために、最小セルサイズを0.0125mとした不均一メッシュとした。また、印加した雷電流波形は、1/100μs(誘導雷を模擬)および0.25/100μs(後続雷撃を模擬)、25kA(IEC62305の保護レベルIII-IV)のHeidler関数での解析用波形を用いた⁴⁾。

電圧の解析点は、図1に示したように、受変電設備でのB種-D種接地線間に接続したSPDの両端電圧(V_{SPD})と、各階分電盤のN相-D種間電圧(以後V_{d1-n1}, V_{d2-n2}, V_{d3-n3}, V_{d4-n4})である。また、以降の検討で、D種接地線に流入する雷電流による電磁影響に伴う過電圧を評価する目的で、図3に示すように、構造体との接続点からの雷電流値を解析した。

2.3 解析結果

過電圧の解析結果を図4に示す。受変電設備でのSPDの両端電圧は、雷電流値に依存する制限電圧に抑

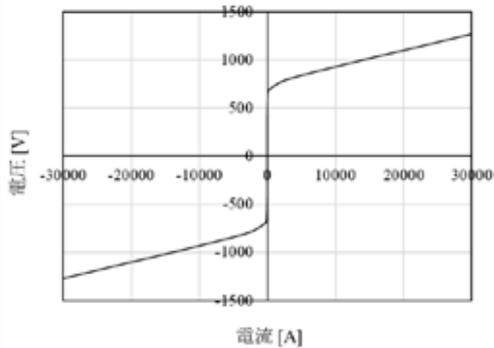


図2 解析モデル内SPDのV-I特性

表1 解析条件

解析空間 [m]	80×80×90
セル長 [m]	0.0125 ~ 2
境界面	Liaoの2次吸収境界面
大地抵抗率 [Ωm]	200
大地比誘電率	10
解析時間 [μs]	10
解析時間ステップ [ns]	22
電流波形	1/100μs, 0.25/100μs, 25kA, Heidler関数

えられている一方で、各階の分電盤電圧は、波頭峻度によって数kV~数10kVとなり、低圧機器のインパルス耐電圧⁵⁾である1.5kVを大きく上回る結果となった。

雷電流波形が1/100μsのケースでは、1階~3階部分の過電圧が高く、4階部分では小さくなった。また、反射による振動分が若干重畳している。雷電流波形が後続雷撃の0.25/100μsのケースでは、1階と2階部分の過電圧ピーク値が高く、3階と4階で比較的小さくなった。このケースでは雷電流の反射の影響を強く受けた結果となっている。

これら過電圧は、D種接地線に流入した雷電流による電磁誘導の影響と考えられ、次節で考察する。

3. 分電盤過電圧の発生メカニズム

3.1 ループインダクタンス

(1) 配線によるループインダクタンス

図5に示す配線に発生する電磁誘導を考える。直線導体を流れる電流がつくる磁界Hは、次式となる。

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

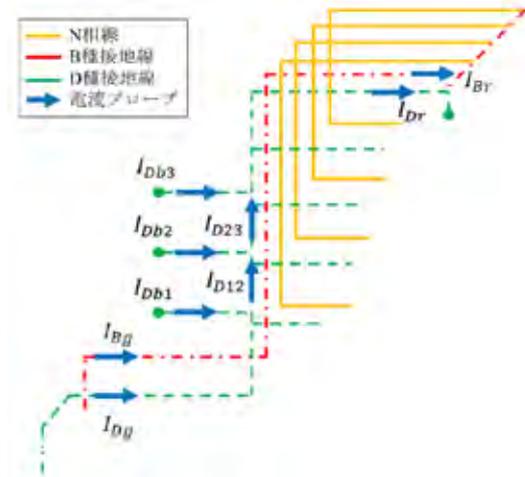
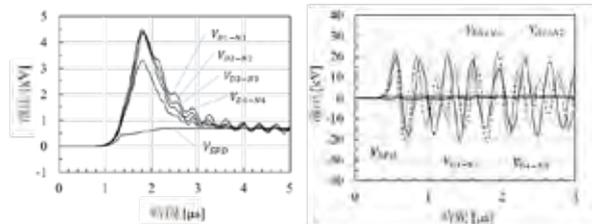


図3 電流解析箇所



(a) 1/100μs, 25kA (b) 0.25/100μs, 25kA

図4 分電盤過電圧解析波形

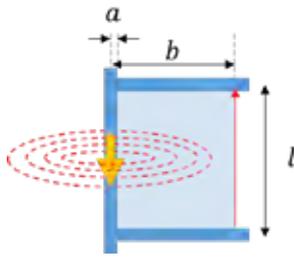


図5 ループインダクタンス

ここに、 I : 電流 [A], r : 導体と磁界の距離 [m]。ループの面積を S とすると、ループ内を貫く磁束 ϕ は次式となる。

$$\phi = \int_S B \cdot ds = \mu_0 \int_S H \cdot ds = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_S \frac{1}{r} \cdot ds$$

ここに、 B : 磁束密度 [T], μ_0 : 真空の透磁率 [H/m]。電流が流れる導体の長さを l [m], 半径を a [m], この導体の中心から電圧プローブまでの距離を b [m] とすると、次式となる。

$$\phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l \int_a^b \frac{1}{r} \cdot ds = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l (\ln b - \ln a)$$

したがって、インダクタンス L は

$$L = \frac{\Phi}{i} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} (\ln b - \ln a) \quad (1)$$

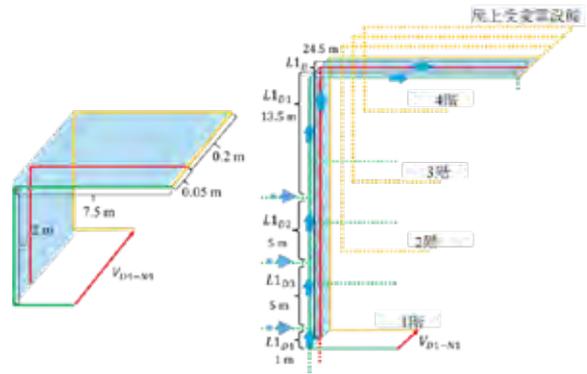
となる。式 (1) を用いて、ビル構造体モデルの配線のインダクタンスを計算する。なお、以下では、例として 4 階部分と 1 階部分について述べる。

(2) 4 階部分のループインダクタンス

4 階部分のループを図 6 (a) に青色で示す。N 相線と EPS から分電盤へ向かう D 種接地線には電流が流れないため、EPS の 4 階分電盤の分岐点から受変電設備までに流れる D 種接地線と B 種接地線の電流のみを考慮する。4 階分電盤の分岐点から受変電設備までの D 種接地線によるインダクタンスを L_{4D} とすると、D 種接地線から 4 階 N 相線まで 25 cm, D 種接地線の半径 5 mm, 4 階分電盤分岐点から受変電設備まで 9.5 m となるので、次式となる。

$$L_{4D} = 9.5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.25 - \ln 0.005) = 7.43 [\mu\text{H}] \quad (2)$$

4 階分電盤の分岐点から受変電設備までの B 種接地線によるインダクタンスを L_{4B} とする。ここで、B 種接地線から D 種接地線までの 5 cm 分の磁束は B 種接地線から 1 階 N 相線までの 5 cm 分の磁束と打ち消し合うので無視する。5cm と B 種接地線から 4 階 N 相線まで 20 cm, 4 階分電盤分岐点から受変電設備まで 9.5 m より、次式となる。



(a) 4 階 (b) 1 階
図 6 各階配線のループインダクタンス

$$L_{4B} = 9.5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.20 - \ln 0.05) = 2.63 [\mu\text{H}] \quad (3)$$

(3) 1 階部分のループインダクタンス

1 階部分のループを図 6 (b) に青色で示す。1 階分電盤過電圧のインダクタンスには、EPS の 1 階分電盤の分岐点から受変電までに流れる D 種接地線と B 種接地線の電流を考慮する。

D 種接地線には構造体との接続点から雷電流が流入するので、1, 2, 3 階ボンディングの下側と上側で電流値が変化するため分けて考える。D 種接地線によるインダクタンスのうち、3 階ボンディングから受変電設備までを L_{1D1} , 2 階ボンディングから 3 階ボンディングまでを L_{1D2} , 1 階ボンディングから 2 階ボンディングまでを L_{1D3} , 1 階分電盤分岐点から 1 階ボンディングまでを L_{1D4} とすると、D 種接地線から 1 階 N 相線まで 10cm, D 種接地線の半径 5 mm, 3 階ボンディングから受変電設備まで 13.5 m, 2 階ボンディングから 3 階ボンディングまで 5 m, 1 階ボンディングから 2 階ボンディングまで 5 m, 1 階分電盤分岐点から 1 階ボンディングまで 1 m なので、次式となる。

$$L_{1D1} = 13.5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.10 - \ln 0.005) = 8.09 [\mu\text{H}] \quad (4)$$

$$L_{1D2} = 5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.10 - \ln 0.005) = 3.00 [\mu\text{H}] \quad (5)$$

$$L_{1D3} = 5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.10 - \ln 0.005) = 3.00 [\mu\text{H}] \quad (6)$$

$$L_{1D4} = 1 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.10 - \ln 0.005) = 0.60 [\mu\text{H}] \quad (7)$$

B 種接地線によるインダクタンスを L_{1B} とすると、B 種接地線から 1 階 N 相線まで 5 cm, 2 階分電盤分岐点から受変電設備まで 24.5 m なので、次式となる。

$$L_{1B} = 24.5 \times \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln 0.05 - \ln 0.05) = 0 \mu\text{H} \quad (8)$$

3. 2 接地線に流入する雷電流

図 7 に、雷電流波形が $1/100 \mu\text{s}$ の条件での、接地線に流入する雷電流の解析結果を示す。なお、電流値は図 3

で示した矢印の向きを正の値としている。

ビルに直撃した雷電流は、各階で構造体とボンディングした D 種接地線に流入し、1 階の分岐点からは接地極側と上層階側に分流する。2 階、3 階のボンディング点から流入した雷電流は、すべて上層階側に流れ、受変電設備でのボンディング点に達し、そこで、構造体側と B 種接地線側に分流する。これら接地線に流入する雷電流の値は、構造体と D 種および B 種接地極の電位干渉を伴う大地電位分布に大きく依存すると考えられる。なお、雷電流の分流様相は、D 種接地線のボンディングの位置や個数には依存しない。

3. 3 電磁界解析と計算結果の比較

図 7 で示した雷電流より微分値を求め、3.1 項で求めたループインダクタンスを掛けることで、各階の分電盤過電圧を求めた。

図 8 に、分電盤過電圧の解析結果 (図中 VSTL) とループインダクタンスから求めた計算結果 (図中 $L di/dt$) を比較して示す。両者はほぼ一致しており、分電盤過電圧は接地線に流入した雷電流と配線間のループインダクタンスにより生じていることを確認した。

なお、 $0.25/100 \mu s$ の電流波形についても、接地線に流入した雷電流波形の微分値と配線ループインダクタンス

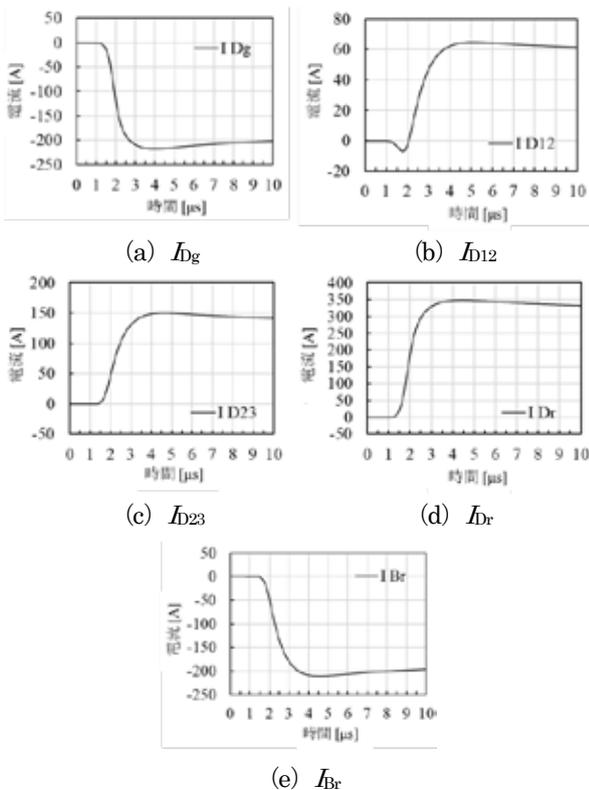


図 7 電流解析結果

を掛けた値が電磁界解析による過電圧の波形と一致することを確認している。

4. まとめ

ビル直撃雷に伴う低圧接地極間過電圧について、受変電設備内 SPD が動作した条件および TN 系統での分電盤過電圧の発生メカニズムを電磁界解析により考察した。

SPD を設けることで受変電設備内での過電圧は抑制されるものの、各階分電盤での過電圧は低圧機器のインパルス耐電圧を大きく上回った。これは、構造体から D 種接地線および B 種接地線に流入する雷電流と、これに伴う各配線のループインピーダンスによることを確認した。

本論文にて考察した結果に基づき、現在、過電圧の低減方策について検討を進めている。

5. 文献

- 1) Lightning Protection for Electrical and Electronic Equipment, 1st ed, The Institute of Electrical Installation Engineers of Japan, 2011
- 2) 小木曾将人・小森駿矢・安井晋示・山本達也・小林浩：「ビル直撃雷による接地線間過電圧発生メカニズムの考察」, 電学論 B, Vol.140, No.3, pp.198-203, (2020)
- 3) Virtual Surge Test Lab. (VSTL) Restructured and Extended Ver. 2.3, CRIEPI.
- 4) IEC 62305-1, "Protection against lightning – Part 1: General principles," Ed 2, 2010
- 5) JIS C60664-1 "低圧系統内機器の絶縁協調"

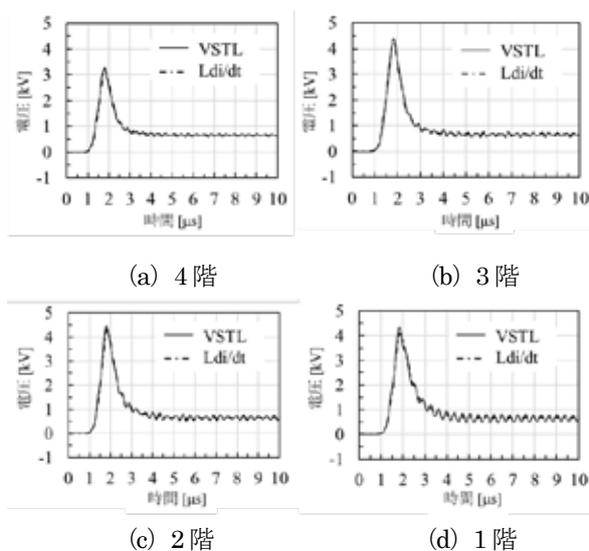


図 8 各階分電盤過電圧 計算・解析 比較

負荷機器の系統接続における電力品質への影響調査に関する研究

～ 実測結果に基づいた多パルス化による高調波電流抑制効果の試算 ～

○藤田 悠, 小林 浩 (トーエネック), 青木 睦 (名古屋工業大学), 堀口康児 (中部電気保安協会), 濱田康佑, 吉江 学, 水野佑哉 (中部電力パワーグリッド), 松村年郎 (愛知工業大学)

Study on the Impact on Power Quality in the Distribution System by Trend of Load

～ Calculation of Harmonic Current Suppression Effect by Pulse Multiplexing based on Measurement Results ～

FUJITA Yu, KOBAYASHI Hiroshi (Toenec Corporation), AOKI Mutsumi (Nagoya Institute of Technology),

HORIGUCHI Koji (Chubu Electrical Safety Inspection Association),

HAMADA Kosuke, YOSHIE Manabu, MIZUNO Yuya (Chubu Electric Power Grid Co., Inc),

MATSUMURA Toshiro (Aichi Institute of Technology)

キーワード：高圧需要家, 受電設備, 高調波電流, 多パルス化

1. はじめに

近年, 大都市中心部において, 猛暑日の日中に高調波電圧の上昇がみられるようになった。これは, 猛暑日のエアコン稼働による高調波電流発生量の増加に起因すると推定される。この対策の一つとして, 多パルス化がある。これは, 複数のインバータ空調機を, Y-Δ変圧器とΔ-Δ変圧器に分け, 両者を同時に稼働させることで, 流出する高調波電流を互いにキャンセルさせる方法である。この効果として, 高調波抑制対策技術指針⁽¹⁾ (以下, 指針) の表 202-4-4 より, 高調波流出電流を対策前と比較して約 90%抑制できることが確認できる。しかし, 多パルス化は各機器の稼働状態が同じでなければ効果が少なく, 実設備における多パルス化による高調波電流抑制効果を評価した事例は少ない。

そこで, 本研究では, 多パルス化がされていない高圧需要家の空調機用ブレーカごとに高調波電流を測定し, 多パルス化した場合の高調波流出電流の抑制効果を試算したので報告する。

2. 空調機の測定および分析結果

2.1 測定対象および測定方法

測定対象の概要を表 1 に示す。測定箇所は空調機用のブレーカとし, 2020 年 8 月に 2 週間測定を実施した。測定器には日置電機製クランプオンパワーロガー PW3360-11 を用いて, 40 次までの高調波を含む電圧・電流の 1 分平均値を取得した。

2.2 測定結果

(1) 有効電力および高調波電流の測定結果

有効電力および高調波電流の測定結果を表 2 に示す。ここで最大稼働率は, 室外機の定格消費電力合計値に対する有効電力最大値であり, 高調波電流最大値は, 測定

表 1 測定対象の概要

需要家	測定箇所	部屋用途	室外機定格電力合計値 [kW]
A	A1	執務室・倉庫	15.4
	A2	執務室・ミーティング室	15.6
	A3	会議室・食堂	19.4
	A4	更衣室・宿直室	6.4
	A5	試験室・多目的室	6.4
B	B1	教室・実習室	85.95
	B2	業務用サーバ	12.7
	B3	多目的サーバ	18.22

表 2 測定結果

需要家	測定箇所	有効電力最大値 [kW]	最大稼働率 [%]	高調波電流最大値 [mA/kW]	
				5 次	7 次
A	A1	15.7	102.1	25.0	12.1
	A2	18.0	115.5	28.0	13.1
	A3	16.4	84.9	29.6	14.0
	A4	6.2	96.1	38.6	20.7
	A5	6.9	108.4	33.5	17.8
B	B1	42.8	49.8	20.4	8.6
	B2	8.6	67.8	24.1	14.0
	B3	17.8	97.4	24.8	9.6

期間内の有効電力最大値に対する値 (高圧換算値) [mA/kW] で計算した。表 2 より以下のことが分かった。

- ・高調波電流最大値は, 5 次: 約 20~30mA/kW, 7 次: 約 10~20mA/kW である。これは一般的なインバータ空調機に用いられる回路分類 K33 の高調波電流⁽¹⁾, 5 次: 約 26mA/kW, 7 次: 約 11mA/kW と比較的近い。
- ・最大稼働率は, 需要家 A では約 85%~100%以上であり, 需要家 B では約 50%~97%である。

よって、インバータ空調機が主な負荷であり、空調機の稼働率が50%以上と比較的高いことが確認できた。そのため、本論文では、各測定箇所の測定値を、空調機の測定値として扱う。

(2) 高調波電流位相の測定結果

多パルス化では、各空調機から発生する高調波電流の位相が近いほど抑制効果が高くなることから、空調機の有効電力(1kW以上)に対する高調波電流位相の関係を分析した。需要家Aの結果を図1に示す。なお、需要家Bも同様の傾向である。

- ・第5次高調波電流位相は、-30deg程度で一定である。
- ・第7次高調波電流の位相は、おおむね0deg ~ 60degの範囲にあり、有効電力の増加に伴い0degに近づく。

よって、多パルス化による高調波電流抑制率は第5次のほうが第7次より大きいと考えられる。

3. 多パルス化による高調波電流抑制効果の試算

需要家A, Bに多パルス化を採用した場合の高調波電流抑制効果を実測結果から試算した。手順を以下に示す。

- ① 表1の測定箇所毎の空調機を、室外機定格消費電力が同程度となるように2つにまとめる。
- ② 一方の空調機群をY-Δ変圧器に接続したと仮定し、その5次, 7次高調波電流位相を180度変更する。
- ③ もう一方の空調機群をΔ-Δ変圧器に接続したと仮定し、位相を変更せず、②の高調波電流と合算する。

表3に試算結果を示す。高調波抑制量は、以下に示す式を用いて、9時~17時の合計値から算出した。

$$\text{高調波抑制量}[\%] = 100 - I_p / I_m \times 100 \quad (1)$$

ただし、 I_p : 多パルス化後の高調波電流合計値

I_m : 多パルス化前の高調波電流合計値

また、高調波電流抑制量が最も大きかった需要家A-検証パターン No.2 の、高調波抑制量が最大となる日の多パルス化前後の第5次高調波電流を図2に示す。図2より、全ての時間において高調波電流の抑制が確認出来た。また、表3より、多パルス化による高調波電流抑制効果は65%程度であると試算できた。これは、文献(1)の抑制量約90%と比較して小さいが、これは空調機が同一容量で同時稼働した際の値であるためである。

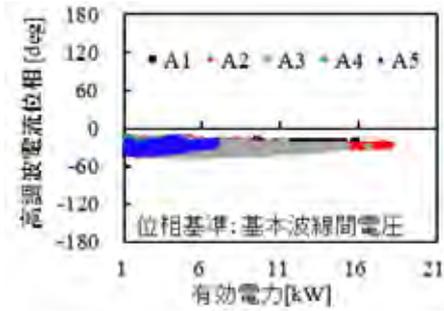
4. おわりに

本検討では、空調機の実測値をもとに多パルス化による高調波電流の抑制効果は65%程度であると試算した。これは、文献(1)の抑制量約90%と比較すると少ないが、空調機の稼働状況が同一とはいえない需要家でも、一定の高調波電流抑制効果があることが確認できた。

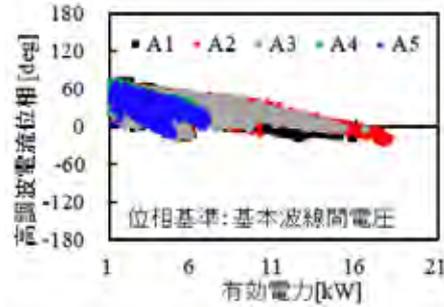
本稿は、中部電力パワーグリッド株式会社から電気設備学会への委託研究の一部をまとめたものであり、関係

表3 多パルス化による高調波電流抑制効果の試算結果

検証パターン		変圧器別の空調機		高調波電流抑制量 [%]	
需要家	No.	Y-Δ	Δ-Δ	5次	7次
A	1	A 1, 2	A 3, 4, 5	65.2	61.0
	2	A 1, 3	A 2, 4, 5	76.0	73.8
	3	A 2, 3	A 1, 4, 5	72.4	72.1
B	1	B1	B2, B3	59.5	52.5
平均値				68.3	64.9



(a) 5次



(b) 7次

図1 空調機有効電力と高調波電流位相の関係

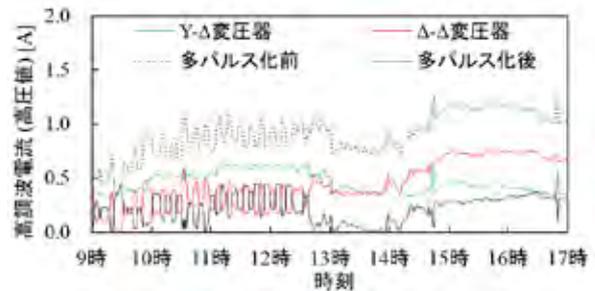


図2 多パルス化前後の第5次高調波電流 (需要家A-検証パターン No.2)

各位に謝意を表す。

5. 文献

- 1) 日本電気技術規格委員会：「高調波抑制対策技術指針 JEAG9702-2018」, 日本電気協会 (2018)

絶縁抵抗試験成績書自動作成ソフトの開発

○伏見文弥, 山本達也 (トーエネック)

Development of Software Generates Automatically Insulation Measurement Sheets
 FUSHIMI Fumiya, YAMAMOTO Tatsuya
 (TOENEC Corporation.)

キーワード: 生産性向上, 働き方改革, VBA

1. はじめに

近年、働き方改革の一環として、業務効率化、労働時間の削減への取り組みが盛んに行われている。しかしながら施工現場では、さまざまな書類作成を手作業で進めているという現状がある。

施工担当者が作成し、竣工時に施主に提出する種類に「竣工図書」がある。例えば、この竣工図書のひとつである「絶縁抵抗試験成績書」は、回路ごとの絶縁抵抗を測定し、その結果をすべて記載するものである。測定前には、成績書に測定回路の名称や番号をすべて記載しておく必要があるが、これらをひとつずつ図面から転記する工程を手作業で行っているのが現状である。現場によっては測定回路数が数千を超える場合もあり、成績書の作成には膨大な時間を要している。

そこで今回、施工担当者業務の効率化を目指し、「絶縁抵抗試験成績書」の作成を効率化するソフトを作成した。

2. ソフト作成

2.1 現状把握

「絶縁抵抗試験成績書」の作成で最も時間を要するのが「回路名称の記入」である。これは、測定対象となる回路の名称を、CAD 図面データなどから拾い、手作業で1回路ずつ転記していくものである。現場の規模によっては、成績書の作成枚数が100ページ以上となる場合もあり、転記の繰り返し作業による負担が大きくなっている。

そこで、本研究で取り組む課題を「絶縁抵抗試験成績書作成の自動化」とし、成績書の自動作成による省力化を目指すこととした。

2.2 仕様

「回路名称の自動記入」を行う手順は、以下の通りである。

- ①竣工図面(CAD データ)から、記載事項を抽出
- ②抽出した項目を整理・加工
- ③成績書(Excel シート)へ入力

この手順を実行する手段および仕様について検討を行った結果、盤メーカー各社で書式が異なる盤図(CAD デー

タ)に対し、盤メーカー別に対応するプログラムを個別に開発することとした。プログラムはVBAにより作成した。成績書は以下の機能を備えることとした。

- a) CAD 図面データ読み込み(複数ファイル一括取り込み可)
- b) 回路名称の位置判定
 - ・電灯・コンセント回路の分電盤用成績書は、実際のブレーカ配置と同様、中央の渡りバーをはさんで左右に記入する形式となっており、左右判定が必要
- c) 回路名称、番号、番号記号、電源相等の抽出
 - ・“RN”, “RT”などの電源相情報から測定電源相判定
 - ・回路番号上の記号(◎, △, □, ◇等)を転記
 - ・ブレーカ種別(過電流遮断器/漏電遮断器)を自動判定
- d) 回路数に応じ成績書ページ数、レイアウトを自動調整
- e) 盤名称をファイル名として成績書を保存 また、成績書の手入力箇所が判別できるよう、手入力を行った箇所のセル色が変化する。

2.3 試作

盤メーカー作成のCAD 図面データは dxf 形式である。dxf 形式は汎用テキストエディタで読み込むことができるため、dxf ファイルの情報を抽出し、成績書を自動作成する。今回は2社分開発した。ソフトの操作画面を図1に示す。成績書作成ボタンを押し、ファイルの選択画面から当該 dxf ファイルを選択するだけで、成績書が自動で作成される。

成績書の作成例として、図2に示すCAD 図面から作成された成績書を図3に示す。必要な項目がすべて正しく記入されている。

このソフトのほか、当社が受変電設備や負荷設備の設計を行う際に作成する盤リストデータ(Excel)から成績書を自動作成するソフトの作成も実施した。

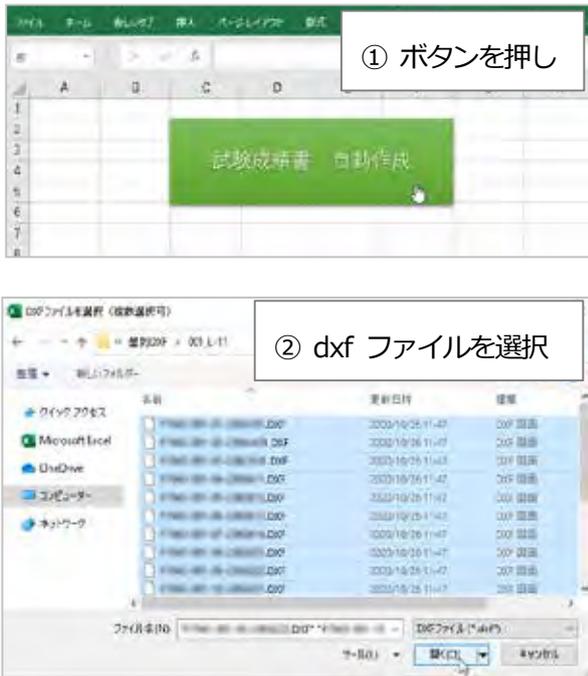


図1 ソフト操作画面

図3 作成された絶縁抵抗試験成績書

回路名称	地番号	電圧	NO.
機庫室の廊下コンセント	MCSZP50-20A	100V	302
存庫通路コンセント	MCSZP50-20A	100V	303
大会議室(a) 庫コンセント	MCSZP50-20A	100V	306
会議室(e) AV機器電源	MCSZP50-20A	100V	307
大会議室(c) AV機器電源	MCSZP50-20A	100V	309
大会議室(d) AV機器電源	MCSZP50-20A	100V	311

a) 回路名称 左側

NO.	電圧	地番号	回路名称
302	100V	MCSZP50-20A	機庫室の廊下コンセント
304	100V	MCSZP50-20A	大会議室(a), (b) 庫コンセント
306	100V	MCSZP50-20A	大会議室(c) コンセント
308	100V	MCSZP50-20A	会議室(f) コンセント
310	100V	MCSZP50-20A	大会議室(c) AV機器電源
312	100V	MCSZP50-20A	大会議室AV機器電源

b) 回路名称 右側

図2 CAD 図面 回路名称記載例

3. 評価

施工担当者に開発したソフトを使用してもらい、作業時間削減効果評価を行った。

作成する成績書の作成所要枚数は約 100 枚であり、手作業での作成所要時間はおよそ 25 時間となる。今回開発したソフトにより成績書作成を行う場合の操作時間は1分未満であり、そのまま 25 時間の作業時間削減が実現できた。同様の物件数を年間 50 件とすると、1,250 時間/年の削減となる。

4. まとめ

CAD 図面データ (dxf 形式) および当社作成の盤リストデータ (Excel 形式) から負荷名称を自動転記し、絶縁抵抗試験成績書を作成するソフトを開発した。現場での検証の結果、問題なく使用でき、作業時間が 25 時間削減できることを確認した。今後は、他の盤メーカーにも対応できるように汎用性を持たせたソフトを開発していきたい。

H-4

ショッピングセンターにおける変圧器リニューアル工事

○平山 学, 佐藤 元紀, 古川 裕昭 (株式会社トーエネック)

Transformer renewal construction in the shopping center

HIRAYAMA Manabu, SATOU Motoki, FURUKAWA Hiroaki (TOENEC CORPORATION)

キーワード: リニューアル, 受変電設備, 変圧器, 高圧

1. はじめに

本事例の施設は、三重県にあるショッピングセンターで、竣工後44年以上経過していることで、高圧受変電設備において、機器の更新を必要としていた。

しかし、館内には年中無休のスーパーマーケットがあり、停電時間は年1回の年次点検時に同調して行わなければならない。また、その停電時間は深夜の1時30分～4時30分までの3時間という条件の中で行なわなければならない。このような背景から、お客様が更新に踏み切れなかった。しかし、使用年数による高圧機器への経年劣化等を考慮し、当社へ更新計画及び工事の依頼があった。

更新計画においては、館内にある変圧器の更新を毎年の停電時間の中で、対象変圧器を選別した計画を立案・提案し、工事をおこなった。

本稿では、この更新計画と施工の事例について紹介する。

2. 建物および設備の概要

(1) 建物概要

場所 : 三重県
主用途 : ショッピングセンター
竣工 : 1976年
階数 : 地上4階

(2) 既設受変電設備の概要

受電方式 : 6.6kV 1回線受電方式
受変電設備容量 : 動力3φ3W 300kVA×1,
150kVA×8, 電灯1φ3W 300kVA×2, 200kVA×3,
最大需用電力 : 3,000kVA 非常用発電機 : 220kVA

3. リニューアル前の状況と停電時間の条件

(1) 状況

- ・竣工後44年以上経過し、同様に変圧器も更新されていない。
- ・館内には、変電所が第一電気室、第二電気室の2箇所ある。

(2) 停電時間の条件

深夜1時30分～4時30分までの3時間

4. 既設受変電設備更新に対する検討

(1) 取替台数について

変圧器更新は第一電気室から行うよう計画した。第一電気室には動力300kVA×1台, 150kVA×5台, 電灯200kVA×3台の計9台の変圧器がある。停電時間を考慮して、4年計画で9台の取替がおこなえるようにした(表1, 写真1参照)。

第一電気室	150kVA	150kVA	200kVA	200kVA	200kVA	300kVA
150kVA	○					
150kVA	○					
150kVA	○					
150kVA	○					
150kVA	○					
200kVA			○			
200kVA			○			
200kVA			○			
300kVA				○		
300kVA				○		
300kVA				○		
300kVA				○		
300kVA				○		



表1 変圧器の更新計画表 写真1 既存第一電気室

5. 停電時間内作業短縮の検討

(1) 変圧器の高さ調整

限られた停電時間内で施工しなければならない為、変圧器の一次側ケーブルと二次側ケーブルをそのまま端子を切らずに流用できるように、既存変圧器の高さと新規変圧器の高さを比較した。新規変圧器の高さの方が低くなる為、架台をつけて、±30mm以内に収まるよう高さを検討した(図1参照)。

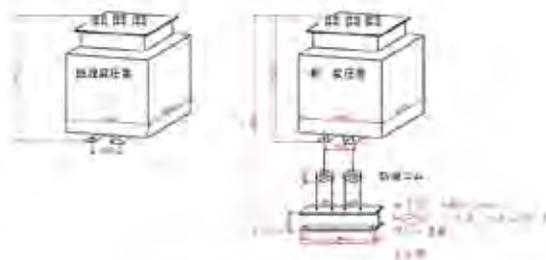


図1 新旧変圧器の寸法と取付時の高さ調整

(2) 変圧器の事前搬入仮置き

前日中に、新規変圧器を第一電気室内に入れ、製作した架台を事前に取付た状態で仮置きした(写真2参照)。



写真2 変圧器架台取付状況

(3) 変圧器事前耐圧試験等

停電日、既存変圧器のタップ電圧を調査し、新規変圧器も同様の値に設定した(写真3参照)。また、事前に仮置きした新規変圧器の耐圧試験を実施することで停電時間内作業を短縮した。



写真3 タップ電圧を6300Vに設定

6. 停電作業

(1) 変圧器搬出入および設置作業

第一電気室はオープン変台となっており、各所にフレームパイプと導体が露出していた。その為、変圧器搬入前に、搬出入レートの邪魔になるフレームパイプの取り外しを行った(写真4参照)。



写真4 フレームパイプ取外状況

搬入搬出動線を確保し、既存変圧器の一次側・二次側配線を離線した後に、ハンドリフターにて既設変圧器を撤去・搬出した(写真5参照)。

撤去した変圧器は所内に仮置きし、新規変圧器をハンドリフターにて所定の位置に設置しアンカーボルトにて固定した。一次側・二次側配線を復旧し取替作業は完了した(写真6参照)。



写真5 変圧器配線離線作業状況



写真6 新規変圧器設置作業状況

(2) 既存変圧器の撤出作業

お客様の希望により、万が一の事態に備えて、撤去した変圧器の内、動力・電灯変圧器を各1台保管しておくことになった。それ以外の変圧器は第一電気室の変圧器の取替が終わり次第、まとめて撤去した。

なお、撤去前に絶縁油の微量 PCB 検査にて、含有していないことを確認している。

7. リニューアル計画に際しての注意点

今回のショッピングセンターのリニューアル計画においては、年一回3時間の停電しかなく、この時間内ではできることが限られている。このため、更新する変圧器を選出した計画を提案した。また、施工に際しては、工事時間短縮の為の事前の現場確認・調整・計画を綿密におこなう必要がある。

受変電設備においては、経年劣化により、機器不良をおこした場合、ショッピングセンター館内のテナント様の営業に重大な影響を与える。したがって、日々の保安業務及び長期的な保守管理計画が重要である。

8. おわりに

当該計画の受変電設備の機器更新は延滞なく完了し、現在も問題なく使用されている。

第一電気室の変圧器はすべて計画通り更新され、来年度に向けて第二電気室の変圧器更新をお客様と計画している。

本施工を計画するにあたり、関係者様の多大なご指導、ご協力を頂き深く感謝申し上げます。

H-9

低圧幹線におけるアルミケーブルの採用事例

○西澤 純也 (株) トーエネック

Examples of aluminum cables used in low voltage main lines

NISHIZAWA Junya, (TOENEC CORPORATION)

キーワード：銅ケーブルからアルミケーブル変更によるコストの削減

1. はじめに

近年銅建値（銅ベース）の推移は、2020年4月を境に上昇傾向にあり国際相場の影響を受け、インフラ投資などによる変動が顕著にうかがえる。

そうした中、某工場の新設建物で使用する幹線ケーブルに着目し、コストを抑え、お客様のニーズに応える為、銅導体ケーブルに替わるアルミ導体ケーブルを採用できないか検討する事とした。

配電線網では銅線から「アルミ」線化に変更する利点を活かした導入事例は聞いたことがあるが、建築建屋内での施工は今回が初めてである。

施工における品質やコスト、作業性などの総合評価を判断し、お客様に提案及び了承を得ることができた。

本稿ではアルミ導体ケーブルを使用した施工事例を記載する。

2. 銅導体ケーブルとアルミ導体ケーブルの比較

(1) 許容電流とケーブル太さについて

アルミニウムは銅に次いで導電率が高く、軽量かつ耐候性が高いという利点を持っている。ここではアルミ導体ケーブルと銅導体ケーブルについて比較をすることとした。

アルミ導体ケーブルは、銅導体ケーブルより許容電流が少ない為、1サイズ大きい選定となる。ケーブルサイズが変わる事により、配管サイズ及びケーブルラック布設時には、再度検討が必要となる。

許容電流とケーブルの太さ比較については、表1の通りである。

表1 許容電流とケーブルの太さ

銅導体ケーブル (Cu)				アルミ導体ケーブル (Al)			
ケーブルサイズ (mm ²)	ケーブル径 (mm)	重量 (kg/100m)	許容電流 (A)	ケーブルサイズ (mm ²)	ケーブル径 (mm)	重量 (kg/100m)	許容電流 (A)
22	24	850	150	38	26	640	120
38	28	1380	180	60	33	980	150
60	33	2150	210	100	41	1520	220
100	41	3250	270	150	47	2060	280
150	47	4860	340	200	55	2790	360
200	55	6510	400	250	60	3320	430
250	60	7960	460	320	66	4100	500
				400	72	4910	570

※ 3000V級、3000V用、(其中標準1回線の電圧、基準温度40℃、導体温度許容温度90℃)

出典：SFCC(株)カガより抜粋

(2) ケーブル重量について

1サイズ大きいアルミ導体ケーブルを選定した場合それほど重さに変化は感じないが、同サイズにした場合、重量がおよそ30%軽くなる。

幹線ケーブルを延線する際、軽量化による作業効率が図られ、電工労務や負担軽減に期待が持てる。

3. ケーブルラックの検討

今回は、銅導体ケーブルからアルミ導体ケーブルに仕様変更した事により、幹線ルートのカابلラックについて見直しを行った。

ケーブル外径が変わることにより、幹線ケーブルの総本数は変えないものの、ケーブルラック幅の1.0mを1.2mにサイズ変更しなければならなかった。

4. 幹線ケーブル電圧降下の検討

電線メーカーの「電線ケーブルインピーダンス表」を利用し、今回使用する負荷電流やケーブル互長を基に、電圧降下計算式で電圧降下を算定し、表2の通り幹線ケーブルのサイズを決定させた。

表2 電圧降下計算書 (インピーダンス法)

No.	区間	電圧 (V)	電流 (A)	ケーブル径 (mm)	ケーブル長さ (m)	銅導体ケーブル (Cu)		アルミ導体ケーブル (Al)	
						電圧降下 (V)	電圧降下 (%)	電圧降下 (V)	電圧降下 (%)
1	1F	200	100	24	100	1.5	0.75	2.5	1.25
2	2F	200	100	28	100	2.0	1.0	3.0	1.5
3	3F	200	100	33	100	2.5	1.25	3.5	1.75
4	4F	200	100	38	100	3.0	1.5	4.0	2.0
5	5F	200	100	41	100	3.5	1.75	4.5	2.25
6	6F	200	100	47	100	4.5	2.25	5.5	2.75
7	7F	200	100	55	100	6.0	3.0	7.0	3.5
8	8F	200	100	60	100	7.0	3.5	8.0	4.0
9	9F	200	100	66	100	8.0	4.0	9.0	4.5
10	10F	200	100	72	100	9.0	4.5	10.0	5.0

5. アルミケーブルの接続及び工具

今回アルミ導体ケーブルを採用した事により、電食について確認する必要があった。

電食対策は、アルミ端子はすべて錫めっきが、端子台はニッケルめっきが施されているので、アルミの異種金属接続による電食はない。

又端子の電線接続箇所、水分が入る可能性がある場所の使用については防水テープ処理が必要となる。

アルミ導体ケーブルの端子部施工については、専用の圧縮端子及び専用の圧縮工具がセットとなり、メーカーからの貸し出しとなる為、工程を加味しながら調整しなければならない。今回は専用工具を3台リース依頼したが2台しか借用できず、工程内作業の調整に苦慮した。



写真1 端子台での接続例

【端子上げの作業工程】

- ① 専用の皮剥き器で外装を剥く（同時にアルミ帯のブラッシングを行う）
- ② 剥き取ったケーブル端部を、端子（コンパウンド付）に差し込む。
- ③ 専用工具にて圧縮する。
- ④ エフコテープにて防水処理（電食による腐食防止のため）後、ビニルテープにて色表示する。
- ⑤ 端子台に接続する。

アルミ専用圧縮工具は、銅接続の時に使用する工具と差ほど変わらない。作業時間としてはエフコテープ巻が時間のロスとなった。今回はビニルテープにて色別表示を行ったが、現在は色別表示の絶縁端子キャップが発売されている。

接続にあたりアルミ端子が銅端子より大きい為、エアコン等の機器側端子台に収まらず接続できない。

今回はキュービクルから各分電盤までの幹線ケーブルに、アルミ導体ケーブルを使用し、アルミ端子に合う端子台を用意した。

又アルミ導体ケーブル自体に復元力があり柔らかい為、接続時に上手くケーブルのくせがとれない事も分かった。

6. 幹線ケーブル布設

アルミ導体ケーブルの搬入時、銅導体ケーブルと同じサイズで比較にならない軽さの重量を感じた。作業員も

「こんなに軽いのか!」と思うくらい実感していた。

銅導体ケーブル布設と同じ方法で段取りし作業を進め1本目が布設完了した。電動ウインチ等を使用するより人力で布設の方が早く完了する事がわかり、2本目以降は人力で布設を行った。

（最長でAL-CVT250SQ、9.2m布設）

今回の計画は、1階フロアの幹線ケーブル布設工程を、およそ6日予定していたが4日で完了する事ができた。

この事は、2日間作業の短縮ができ、作業員の削減及び工期の短縮に努める事ができた。



写真2 キュービクルの接続例

7. おわりに

アルミ導体ケーブルを採用するに当たり、施工時期とケーブル納期について工程調整を図った。ケーブル納期は約3ヶ月であり、幹線計算、承認後の手配を行う期間がほとんどなく、客先と盤構成の再確認等打ち合わせを密に行った。

今後メーカー側の対応により銅導体と同じ納期になるのであれば、アルミ導体ケーブルが主流になると思われる。

昨今、銅建値が急騰しているなかで、地金が安定しているアルミ導体ケーブルが今後採用されることが多くなるとわれ、今回初めての施工例を、客先アピールの一つとしていきたい。

当該建物の新設工事は遅滞なく完了し、現在もお客様に満足していただき使用されている。

本施工を竣工させるにあたり、お客様をはじめ関係各社の多大なご指導ご協力を頂き、深く感謝を申し上げます。

同様に、館内器具についても2案の提案資料を作成したが、受注生産品、廃品になっている器具が多く、器具更新の際に既存器具との互換性をとる為の材料が発生し、コスト高の要因になることが判明した。そこで、既設器具を最大限流用し、ランプと安定器を更新することを提案した。この結果、器具ごと取り換える台数が削減され、器具の費用、取替費用、産業廃棄物量も抑制できた(図3, 図4参照)。

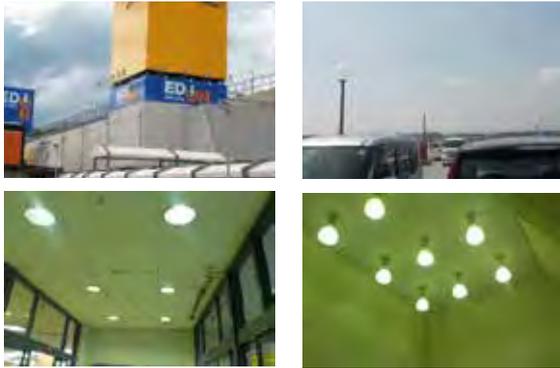


図3 交換後のLED照明
(看板・駐車場・出入口)



図4 交換後のLED照明
(中央エスカレータ)

6. 各箇所の取替工事計画

各箇所の取替工事日程については、お客様と調整し、開店前、閉店後、休日の中で行なった。

工事着手前には、取替範囲の器具の点灯状況を確認し、回路の絶縁抵抗測定を行ない、取替後に不具合があった場合、取替前の状態を確認できるよう記録した。また、館内の高天井エリアにおいては、組立足場を計画し、安全に施工できるように留意した。

7. 既存とLED化案における経済比較表の作成

今回取替対象の器具A~Uを、既存器具とA・B案から選定したLED器具の比較表を作成した。既存器具のランプ寿命、ランプ価格及び取替費用、消費電力から年間のランニングコストを算出した。LED器具においても同様に年間のランニングコストを算出し、各器具のインシャルコストと合わせて提示した。

作成した経済比較表により、年間ランニングコストを現状からどれくらい削減できるか提示した。また、LEDにおける償却年数については、グラフ化し、お客様に今後の見通しを分かりやすく説明できる資料とした(図5, 図6参照)。

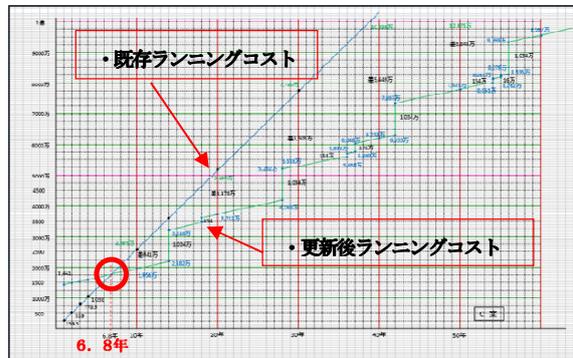


図5 ランニングコストの検討結果

★ インシャルコスト	¥13,837,000
★ 年間ランニングコスト削減量	¥2,027,308
★ 償却年数	約 6.8年

図6 償却年数

8. 提案資料作成における留意点

照明器具のLED化工事は多大な費用が発生するので、お客様の要望を聞き、エリアを細かく分け、エリア毎に積算金額を提示することで予算に合った更新計画を長期プランで考え、お客様が工事に踏み切っていただけるよう、コストに関する資料については詳細に示す必要があると考える。

9. おわりに

当該計画の照明器具のLED化更新工事は遅滞なく完了し現在も問題なく使用されている。

また、次年度にむけて館内の蛍光灯のLED化をお客様と計画している。

本施工を計画するにあたり、関係者様の多大なご指導、ご協力に深く感謝申し上げます。

誘導電動機のベアリング損傷診断

○中村久栄 ((株)トーエネック), 水野幸男 (名古屋工業大学)

Diagnosis of Bearing Failure in Induction Motor

NAKAMURA Hisahide (TOENEC Corporation) and MIZUNO Yukio (Nagoya Institute of Technology)

キーワード: 三相誘導電動機, ベアリング損傷, 診断, サポートベクターマシン

1. まえがき

電動機では、ベアリングで発生する故障が全体の40%を占めると報告されている。製造ラインで使用されている電動機において、破損や焼付きといったベアリングの損傷は、ラインの停止を引き起こす可能性があり、自動車の駆動用電動機におけるベアリングの損傷は、大きな事故につながる恐れがある。こうした背景から、ベアリングの信頼性を維持するためにも、早期の異常診断が重要となる。

本研究では、ベアリング損傷の早期診断を対象とする。はじめに、回転数が変化する電動機の負荷電流に対して周波数解析を行う。次に、周波数解析により診断に有用な特徴量を抽出する。そして、その特徴量を用いてベアリング損傷を診断する手法を提案する。最後に、提案手法の有用性を別の電動機を用いて検証する。

2. 実験

試験環境を図1に示す。試験には、汎用三相誘導電動機(2.2 kV、200 V、8.5 A、1740 min⁻¹)を用いる。この電動機の回転数を1780から1730 min⁻¹の間で連続的に変化させたときの各相に流れる負荷電流や相間電圧、回転数を計測する。

計測用センサとしては、電流、電圧の計測用に日置電機製の電流センサ9695-02と電圧プローブ9666、回転数の計測用に小野測器製HT-5500をそれぞれ用いる。これらのセンサから出力された信号は、A/D変換器を搭載したボードを介して直接、外部PCのハードディスクに書き込まれる。今回の計測では、サンプリング時間は10 μs、データ記録長は2¹⁷点とする。上記測定条件では、各センサからPCへ7ch分のすべてのデータ転送を20秒以内で行うことができ、計測は30秒間隔のタイマトリガで行う。

この電動機のベアリングに損傷を発生させる。ベアリング損傷としては、ベアリング外輪に人為的に穴(直径0.5mm、深さ0.5mm)を導入する。ベアリング損傷の外観を図2に示す。また、ベアリング損傷を有する電動機と比較するため、正常なベアリングの電動機に対しても同様の計測を行う。

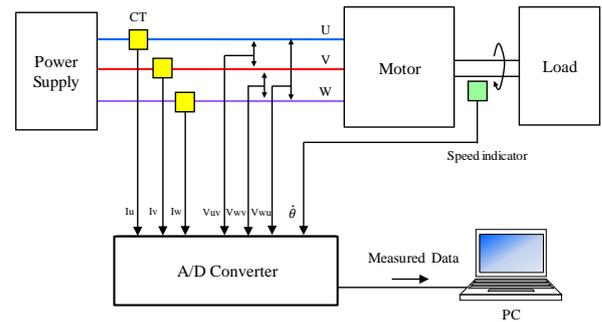


図1 試験環境



図2 ベアリング損傷

3. 電流解析

電動機が1750 min⁻¹で回転している際のU相電流に対して周波数解析した結果を図3に示す。周波数分解能は0.76 Hzである。また、周波数スペクトルは最大振幅が1となるように正規化している。一般に、ベアリング外輪に異常があると、回転数に依存した周波数成分が変化することが知られている。図3において電動機正常時とベアリング損傷時を比較すると、30Hzと90Hz付近の周波数成分が変化していることが確認できる。そこで、これらの周波数成分の振幅に回転数を加えた3次元特徴量

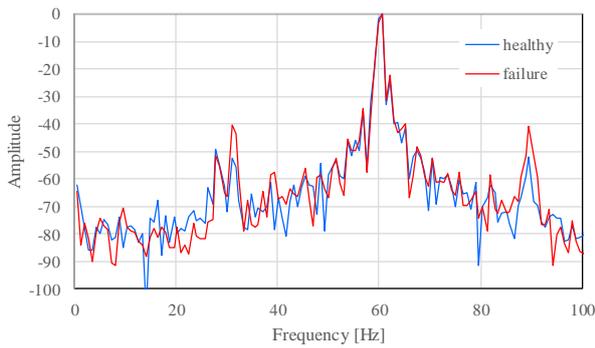


図3 周波数スペクトル (1750 min⁻¹)

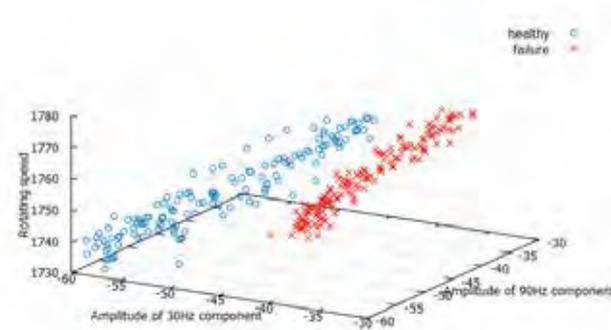


図4 特徴量分布

分布を図4に示す。図4によると、特徴量はベアリングの状態に応じてそれぞれ別々の領域に分布することが確認できる。また、これらの特徴量は、電動機の回転数低下に伴い、減少する傾向にあると同時に、ほぼ直線状に変化することが確認できる。以上の結果より、30 Hz および 90 Hz 成分の振幅と回転数はベアリング損傷時の診断における特徴量として適切である。

4. SVMによる診断

サポートベクターマシン (SVM)²⁾を用い、特徴量に基づく診断を行う。教師データには、ベアリング正常時と損傷時それぞれ100個ずつのデータを用いる。評価データには、任意の回転数で稼働する際に得られた60個のデータを用いる。また、SVMを実行する際のパラメータ条件は表1のように設定した。

診断の結果を表2に示す。いずれの状態に対しても98.3% (=59/60×100) と高い正答率が得られた。

また、新品の電動機を新たに用いて提案手法を評価した。この電動機においても同様に、回転数を1780から1730 min⁻¹の間で変化させたときに得られる150個のデ

表1 SVMのパラメータ

Item	Value
Type of SVM	Soft Margin SVM
Kernel	Radial
C	1
γ	0.5

表2 診断結果

Motor Condition	Diagnosis result	
	Healthy	Failure
Healthy	59	1
Failure	1	59

ータを評価データとして診断を行った。この電動機に対する正答率は100% (=150/150×100)であった。

直径0.5mmの穴をベアリングに導入した電動機と正常電動機を高正答率で識別できることから、提案手法はベアリング損傷の早期診断に有効と考えられる。

5. おわりに

負荷電流の周波数解析とSVMによる診断方法を提案し、回転数が増える状態でもベアリング損傷を診断できることを示した。今後、同様のベアリング損傷を有する電動機を準備し、提案手法の有効性を検証する予定である。

参考文献

- 1) Motor Reliability Working Group, “Report of Large Motor Reliability Survey of Industrial and Commercial Installation, Part II”, IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. IA-21, No. 4, pp.865-864 (1985)
- 2) Vapnik, V. N. “Statistical Learning Theory”, John Wiley & Sons, New York (1998)

絶縁油の含有物質と劣化の関係性の一検討

○大島誠一郎, 中村久栄, 小林浩 ((株)トーエネック), 末原憲一郎, 橋本篤 (三重大学)

Examination of the relationship between substances contained in insulating oil and deterioration

OSHIMA Seiichirou, NAKAMURA Hisahide, KOBAYASHI Hiroshi (TOENEC CORPORATION), SUEHARA Ken-ichiro and HASHIMOTO Atsushi (Mie University)

キーワード: 油入変圧器, 絶縁油, 劣化

1. はじめに

油入変圧器は、送配電系統において重要な機器の一つである。油入変圧器の余寿命を検討する劣化指標として一般的に使われているものの一つが、絶縁紙のセルロースが分解されて絶縁油中に溶け出すフルフラールという物質である。しかし、絶縁油中に生成するフルフラール量はごく微量であり、測定には時間と労力が必要である。

一方で、新品の絶縁油の含有物質が劣化によりどのように変化するかは知られていない。仮に、フルフラールと相関があり、絶縁油中濃度をフルフラールより簡易に測定できる物質を明らかにすることができれば、効率的な劣化診断が可能になる。

そこで本稿では、実機から採取した絶縁油および加速劣化試験で得た絶縁油をガスクロマトグラフ質量分析(以下、GC-MS)して得られた様々な物質について、含有量の推移やフルフラール量との関係性について整理する。

2. 絶縁油検体の採取

以下の2通りの方法で採取した絶縁油計20検体をGC-MSの対象とした。

2.1 実機検体

実機から14検体を採油した。また、同時に従来の測定手法である高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により

絶縁油中フルフラール値を得た。

2.2 加速劣化試験

絶縁油、絶縁紙、銅触媒、鉄触媒をガラス容器(GLサイエンス製ヘッドスペースボトル 500ml)に入れて加速劣化試験を行った。各材料の分量を表1に示す。分量は過去の事例を参考にしたり²⁾。加速劣化方法は定温乾燥機(SANYO製 CONVECTION OVEN)を100°Cに設定して42日間加熱した。0, 7, 14, 21, 35, 42日時点で絶縁油を採取し、計6検体を得た。

3. GC-MSによる分析結果

GC-MSでは、測定対象の含有物質を特定することができる。今回、GC-MSに使用した機器は島津製作所製のGCMS-QP2010 Ultraである。絶縁油20検体を分析した結果、210種類の含有物質が確認できた。

また、スペクトルのグラフ上の面積値に基づいて各

表1 加速劣化試験に使用した材料

材料名	分量
絶縁油(JXTG エネルギー 高圧絶縁油 A)	300 ml
絶縁紙(クラフト紙PI2)	27.0 g
銅触媒(ポリウレタン銅線)	22.5 g
鉄触媒(ケイ素鋼板)	160×50×0.27 mm

表2 絶縁油中フルフラール上位5検体および加速劣化検体の面積値上位5位

面積値順位	実機検体: 絶縁油中フルフラール順位					加速劣化検体 (42日)
	1	2	3	4	5	
1	ジメチルナフ タレン	ジメチルナフ タレン	アセトン	ジメチルナフ タレン	ジメチルナフ タレン	フルフラール
2	アセトン	酢酸	トルエン	酢酸	酢酸	アセトン
3	2-メチルナフ タレン	アセトン	酢酸	アセトン	アセトン	ヘキサメチル シクロトリシ ロキサン
4	1-メチルナフ タレン	メチルエチル ケトン	ジメチルアダ マンタン	メチルエチル ケトン	ブタン酸	酢酸
5	ブチルアルコ ール	酢酸ブチル	メチルシクロ ヘキサン	ギ酸	メチルエチル ケトン	ジメチルジス ルフィド

物質の相対的な含有量を数値化した。実機検体で絶縁油中フルフラーール値が高い上位 5 検体と、42 日経過後の加速劣化検体のそれぞれで、210 種類の物質のなかで面積値上位 5 位の物質を表 2 に示す。表 2 より、ジメチルナフタレン、アセトン、酢酸が共通して高い面積値を示すことがわかった。そこで、それらの物質について、実機検体では絶縁油中フルフラーールとの関係性を、加速劣化検体では経過日数に対する関係性を分析した。

3. 1 実機から採油した絶縁油

実機検体 14 検体のジメチルナフタレン、アセトン、酢酸およびフルフラーールの面積値を縦軸、HPLC で測定した絶縁油中フルフラーール値を横軸に取ったグラフを図 1 に示す。

図 1 より、ジメチルナフタレン、アセトン、酢酸でフルフラーールより 2 桁程度多い面積値が得られた。

絶縁油中フルフラーール値が増加するとアセトン、酢酸、フルフラーール面積値も増加する傾向があることがわかった。一方で、ジメチルナフタレンは絶縁油中フルフラーール値が低いときにもピークがあり、フルフラーールと同様な傾向は認められなかった。絶縁油中フルフラーール値と各物質の決定係数 R^2 を表 3 に示す。表 3 より、アセトンと酢酸はフルフラーールと相関があり、かつ絶縁油中に多く含まれていることが分かった。

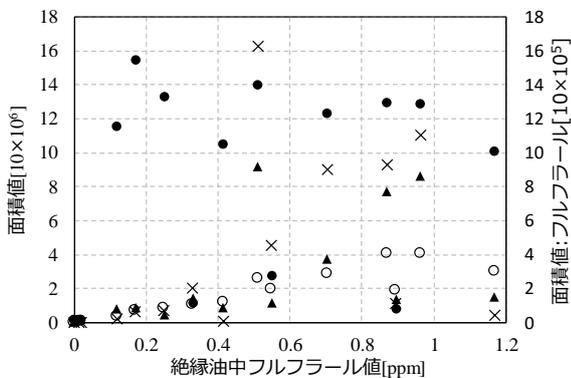


図 1 絶縁油中フルフラーールと物質含有量の関係

表 3 絶縁油中フルフラーールと各物質の決定係数

物質名	アセトン	酢酸	ジメチル ナフタレ ン	フルフラ ール
R^2	0.66	0.89	0.22	0.82

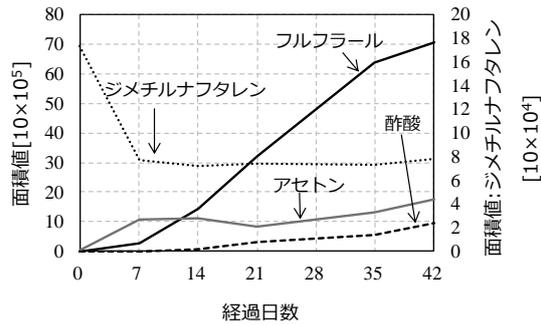


図 2 加速劣化試験の経過日数と物質含有量の関係

3. 2 加速劣化した絶縁油

加速劣化した 6 検体のジメチルナフタレン、アセトン、酢酸およびフルフラーールの面積値を縦軸、経過日数を横軸に取ったグラフを図 2 に示す。

図 2 より、新油から徐々に劣化が進行する場合でも、フルフラーール面積値の増加に伴い酢酸の面積値は増加することが確認できたことから、両者は変圧器材料の劣化に伴う変化の指標となりうることが示唆された。ただし、42 日経過後の検体のフルフラーール面積値は、実機の最大値と比較して約 17 倍と大きく、100℃の劣化試験では絶縁紙が過大に変化してしまった可能性が高い。実機に近い現象を再現するには設定温度を下げる必要があると思われる。

4. まとめ

油入変圧器実機から採取した 14 検体と新油を 100℃環境下で加速劣化させた 6 検体の含有物質を GC-MS で分析した。その結果、絶縁油中に比較的多く生成されるアセトンと酢酸とフルフラーール値とに相関があり、劣化の指標となりうる可能性が示された。今後、実機の絶縁紙の劣化に近い温度条件下で試験を行い、酢酸やアセトンを指標とした劣化診断法の確立を行いたい。

参考文献

- 1) 澤田 賢良, 元治 崇, 片桐 純一, 竹澤 由高, 伊藤 雄三: 「光診断による変圧器絶縁油の劣化度評価」, 電気学会論文集 B, Vol.120, No.3 pp.362-367 (2000)
- 2) 佐藤 学, 竹田 翔, 小川 徹也, 芳野 健司, 太田 延幸: 「PFBOA 誘導体化-GC 法によるエステル系絶縁油中フルフラーールの分析」, 平成 28 年電気学会全国大会, 5-080 (2016)

発表者と連名者

大阪本部 営業部 工事第二グループ ／竹岡 滉貴		営業本部 設計部 総括グループ ／淵上 尚子		技術研究開発部 研究開発グループ ／藤田 悠	
中部本部 内線部 工事第三グループ ／足立 惇		営業本部 設計部 設計第二グループ ／瀧田 純子		技術研究開発部 研究開発グループ ／山本 達也	
営業本部 設計部 総括グループ ／寺前 紀幸		技術研究開発部 ／小林 浩		中部本部 内線部 工事第一グループ ／木村 龍河	
営業本部 設計部 総括グループ ／古守 昌彦		技術研究開発部 研究開発グループ ／棚橋 優		技術研究開発部 研究開発グループ ／伏見 文弥	
技術研究開発部 研究開発グループ ／三井 佑悟		技術研究開発部 研究開発グループ ／西戸 雄輝		三重支店 鈴鹿営業所 工事グループ ／平山 学	
営業本部 設計部 設計第一グループ ／小山 卓也		技術研究開発部 研究開発グループ ／大島 誠一郎		三重支店 鈴鹿営業所 工事グループ ／佐藤 元紀	
営業本部 設計部 設計第二グループ ／竹内 稚登		技術研究開発部 研究開発グループ ／青山 泰宏		三重支店 鈴鹿営業所 工事グループ ／古川 裕昭	
営業本部 設計部 設計第一グループ ／古田 純		技術研究開発部 研究開発グループ ／水野 誠		長野支店 上田営業所 工事グループ ／西澤 純也	
長野支店 営業部 営業グループ ／小林 庄二郎		技術研究開発部 研究開発グループ ／阪井 雄真		技術研究開発部 研究開発グループ ／中村 久栄	

一般講演の聴講報告

技術研究開発部
研究開発グループ
／水野 誠



2021年9月2日・3日の2日間、2021年（第39回）電気設備学会全国大会がオンライン（会場：名古屋工業大学）で開催された。一般講演総数201件のうち当社の発表件数は33件で、当社としては過去最多の発表件数であった。

本稿では、今後の参考となる一般講演およびシンポジウムについて紹介する。なお、講演プログラムについては、電気設備学会ホームページまたは電気設備学会誌2021年7月号を参照されたい。

一般講演

各業務に関連する一般講演について紹介する。なお、当社の講演については省略している。

(1) 設計・積算に関する講演

①低圧幹線設備におけるバスダクトとケーブルの比較検討

発表者：(株)関電工 北本 秀太 氏

[発表概要]

低圧幹線設備におけるバスダクトとケーブルを敷設コスト面で比較した。一般的なバスダクトの採用メリットは、①電圧降下が低い、②施工性の向上、③分岐増設は容易などが挙げられる。また、デメリットは①コスト増加、②現場加工調整が困難となる点である。

今回、需要率を考慮して負荷設備数や負荷容量について試算した結果、負荷までの距離が長くなるほど、バスダクトとケーブルのコスト差が小さくなる傾向が見られた。

[感想]

今後、低コスト化や工期短縮化を検討する上で、バスダクトとケーブルの比較検討が容易にできるツールが必要になると思われる。

②実態調査を活用した中規模テナントビルにおける変圧器容量の選定

発表者：(株)関電工 梅津 聡一郎 氏

[発表概要]

一般的に国土交通省の建築設備設計基準に従って適切な余裕を見込んだ変圧器容量を選定するが、過剰な容量となるケースでは変圧器損失による電力ロスも大きくなる。従って、実稼働状況に

合わせた変圧器の容量選定が妥当と考えられる。そこで、中規模テナントビル2件において、建築設備設計基準による容量選定方法と実測データから損失が少ない容量を選定した場合を比較した。この結果から、実測データから選定した変圧器容量が小さく、損失によるCO2排出量も少なくなることが得られた。

[感想]

後は、CO2排出量の削減を目的とした変圧器容量選定が必須条件になると想定される。当社もお客さまに設置した変圧器の実稼働データを収集し、設計業務に活かすことが望ましい。

③ECSO導入効果の試算および実証結果に関する報告

発表者：関西大学 米津 大吾 氏

[発表概要]

電気設備学会関西支部の「経済性と環境を考慮した電線ケーブルの最適導体サイズに関する調査研究」では、ケーブル損失低減を図るために電線太径化（ECSO）を推進している。今回、事務所ビルの各変圧器二次側のケーブルを現行サイズよりも1サイズアップさせた場合の省エネ効果を試算した。試算結果からケーブルコストは増加するが、ケーブル損失の低減による省エネ効果やピーク電力低減効果が確認され、コスト増額費用は3、4年で回収可能であることが確認された。また、ECSO導入効果が試算できるソフトウェア開発を進めている。

[感想]

カーボンニュートラル（CO2排出量の削減）を実現するには、製造から廃棄に至るまでのライフサイクルコストを考慮したケーブルサイズの選定が重要視されるはずである。今後も継続的にお客さまのCO2排出量削減に関する提案・設計に情報収集を行うべきである。

(2) 施工

①タブレットを活用しての施工管理

発表者：(株)ユアテック 中村 雅仁 氏

[発表概要]

施工管理の効率化を図るため、情報共有サービス「SPIDERPLUS」、Web会議システムなどを

活用して、各種書類、現場写真、図面など管理、建設現場と事務所間の移動時間の削減、建設現場へ確認と指示を行った事例を紹介していた。これらの取り組みによって、従来の施工管理方法と比べて、一日当たり30分ほどの業務効率化が実現したようである。

[感想]

当社でもSPIDERPLUSなどの各種ツールを積極的に活用して、施工業務の効率化を目指すことが望ましい。また、各種ツールに対する課題があれば、当部は積極的に課題解決に向けて取り組みたいと考えている。

②電気設備工事におけるスマートグラスの活用の検証

発表者：(株)ユアテック 佐藤 寿実 氏

[発表概要]

施工現場におけるスマートグラス活用による業務効率化を図るため、音声操作が可能なスマートグラス(Real wear社：HMT-1)の試行運用と課題抽出を行っている。特に配電線工事などにおける高所作業状況の確認や、経験の浅い作業員に対する教育・指導への活用が期待できる。ただし、スマートグラスの重量が重いこと、作業員の首にかかる負担が大きいこと、強風下では音声操作が困難となること、通信が不安定になる等の課題が抽出された。

[感想]

スマートグラスなどのウェアラブルデバイスの利用は、特に安全性や品質の向上が期待できると考えられる。今後のニューノーマルの進展に伴い、当社も様々な業務におけるウェアラブルデバイスの活用方法を検討することが重要と思われる。

③電線盗難防止装置の開発

発表者：(株)関電工 米本 和浩 氏

[発表概要]

電線などの資機材の盗難事象は、資機材や施工人員の再手配、関係会社などとの工程の再調整によるネガティブコスト要因となるため、電線盗難防止装置を開発した。

電線用ドラムなどの上部に加速度センサ(以下、子機)を設置し、盗難時に発生する振動やセンサ

の傾斜を検出する。子機は920Mhz帯無線通信により親機へ伝送し、親機は、子機から得られたデータを用いて異常判定を行う。異常と判断された場合は、LPWA(Sigfox網)で担当者のメールアドレスに通知する仕組みである。

[感想]

簡単な仕組みで低コストに盗難発生を通知できるため、現場事務所などでは有効に利用できると思われる。近年は、太陽光発電設備や現場事務所などで、電線やケーブル類の盗難被害があるため、このような通知システムの利用も検討していくことが良いと思われる。

(3) 運用・保守

①熱画像測定による油入変圧器の劣化診断に関する研究

発表者：関東学院大学 大谷 峻平 氏

[発表概要]

油入変圧器を停止することなく機器の不具合や劣化状況を把握するため、赤外線画像カメラを用いた劣化診断方法の有用性について検討を行っている。劣化診断手法は、変圧器を赤外線画像カメラで撮影し、画像から最高温度を最低温度の温度差と経年劣化数の関係性を把握するというものである。講演では、30年以上経過した変圧器では温度差が大きくなる結果を紹介していた。

[感想]

変圧器の負荷率や設置場所の周囲温度を考慮していない点は残念であるが、赤外線画像カメラを用いて簡易的に変圧器の劣化診断が可能となれば、保守点検業務の効率化に寄与するため、今後の研究に期待したい。

②配電盤内絶縁劣化リスク推定方法の開発

発表者：日本ファシリティ・ソリューション(株)

伊藤 陽人 氏

[発表概要]

配電盤内において塵埃堆積による絶縁不良を予知するため、塵埃検知センサなどを用いて検証を進めている。汚損物や水分が付着した碍子では、電圧が印加された場合に微小な発光放電が確認された。この微小放電が検知できれば、トラッキング劣化の予兆が検知できるため、検知機器の開発

とフィールド試験を実施中である。

[感想]

電気事故防止に関する取組みは大変興味深い。フィールド試験結果などに関する続報に期待したい。

③冷凍・空調設備の能力値算出に基づいた異常予兆診断技術

発表者：(株)日立製作所 岡 恵子 氏

[発表概要]

これまでに冷凍設備や空調機器を対象に局所部分空間法（LSC法）と呼ばれるデータ解析手法を用いて、正常時の運転データを一定期間学習し、現在の運転データとの差異を数値化することで異常予兆を検出してきた。今回は、本手法と関連機器の能力値（冷暖房能力など）から異常原因を推定する方法を考案した。具体的には、正常時の実測データから算出した能力値を2種類選定して、複数の二次元分布図を作成しておく。これらの分布から外れたデータが確認された場合に、機器能力値と異常原因を示すマップから原因を推定できる。

[感想]

コロナ禍において、お客さま設備の遠隔監視や保守点検依頼が増えると想定している。今後、当社でも数多くのお客さま設備の監視データを収集し、当社独自の異常予兆検知手法を用いたサービス提供を行うことが望ましい。このようなサービス提供は、お客さまとの関係強化につながる。

(4) 再生可能エネルギー・水素利用など

①省エネルギーとBCP機能を実現する水素利用蓄エネルギーシステム

発表者：清水建設(株) 田川 章裕 氏

[発表概要]

建物付帯型の水素エネルギー利用システム「Hydro Q-BiC」の概要と安全対策などについて講演された。本システムは消費できない太陽光発電設備の余剰電力を水素に変換して貯蔵しておき、ピーク電力発生時や停電発生時に燃料電池による電力供給を自動的に行うシステムである。

[感想]

当社も安全創造館に水素製造装置や燃料電池などを導入し、当社独自のエネルギーマネジメント

システム「ToEMS®」により同様な試験を実施していく予定である。

(5) 他

①遮断器の不要動作の原因追及について

発表者：(株)九電工 高橋 俊樹 氏

[発表概要]

40年以上経過した建築物において、既存部分を運用しながら全面改修工事を実施した。この改修工事でアスベストの撤去・解体中に、解体業者が変圧器二次側（3φ3W400V）の金属配管を誤切断したため、金属配管内の電線を2線短絡・地絡させた。この事故の波及により、別の変圧器二次側（3φ3W210V）のエスカレーター制御盤が焼損した。

原因調査から、事故点による一時的な対地電圧上昇（最大448V）が発生することを確認した。

②音声データの取得方法に関する一検討

発表者：(株)関電工 佐藤 洋一 氏

[発表概要]

会議や打合せ後の議事録作成業務の効率化を目指して、音声議事録作成に注目してきた。以前は、音声認識エンジンの文字変換精度が高くないため、誤変換が多かった。

そこで、変換精度の向上方法を検討した結果、①文字変換を意識した発音またはリスピーク方式の採用、②スピーカフォンの利用が効果的であった。ただし、専門用語や略語などの認識精度を向上させるための辞書登録に関する課題も抽出されている。

[感想]

当社も議事録作成などの業務効率化について、検討していくべきである。また、文字変換を意識した発言は、会議参加者に正しく伝わりやすいため、コミュニケーションの向上が期待できる。

技術研究開発部だより

技術研究開発中長期ビジョンを策定

技術研究開発委員会では、2020年9月に「技術研究開発中長期ビジョン～足元と10年先を見据えて～」を策定した。これまでは、2013年に策定した「工場を中心としたソリューションビジネスの強化」と「コストダウンによる収益性向上」を柱とした全社技術開発中長期ビジョンに基づき技術開発を進めてきた。これにより、受注拡大に貢献した開発成果も得られたが、一部の開発成果での円滑な技術移転・積極的な営業展開の困難、長期的視点の研究の不足などの課題も明らかになった。そこで、技術研究開発部が中心となり、現業部門との意見交換を行ないながら、10年先の2030年を見据えた新しい技術研究開発中長期ビジョンを策定した。

基本方針は図1のとおりである。2つの方針は、中期経営計画2022の重点方針2「収益力向上に

向けた競争力の強化」の中にある「③技術力の強化：付加価値の創出・効率化に資する技術研究開発の強化」と、「①効率化・生産性向上の取り組み強化」に対応している。

2つの方針のうち、付加価値の創出に資する技術研究開発には、新規事業創出を目指した技術研究開発も含めており、図2に掲げた3つのキーワードを柱としている。「事業継続」は、お客さまのカーボンニュートラル実現や事業継続への貢献を目的とした研究開発、「新たな産業革命」は、AI、IoT、5G、BIMなどの最先端技術を活用した研究開発、「環境対策」は、お客さまの事業活動に関わるエネルギー・環境問題を解決するための研究開発である。これらはすべてお客さまのSDGsへの取り組みに貢献することを目指した研究開発と位置づけている。

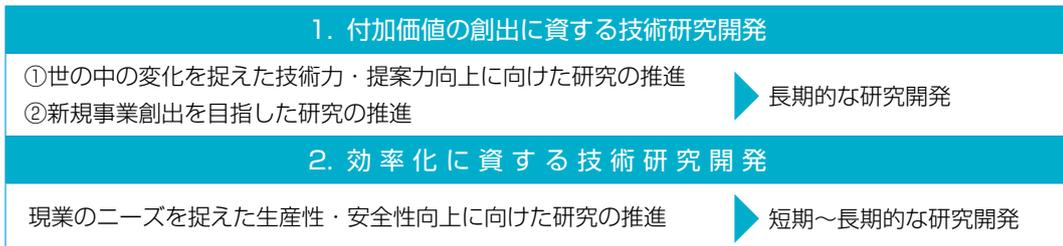


図1 技術研究開発 基本方針

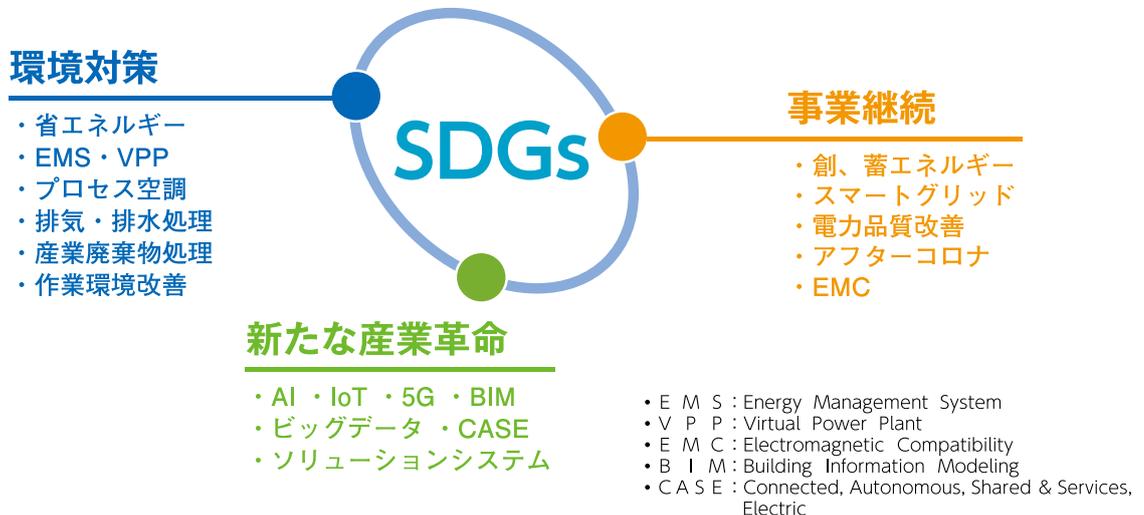


図2 付加価値研究分野

技術研究開発部
研究開発グループ長
／水野 誠



技術研究開発部長
／小林 浩



技術研究開発部の研究開発テーマ

技術研究開発部における2021年度の主な研究開発テーマを表1に示す。

効率化分野の研究は、現業部門と協働で実施している。また、事業継続・環境対策分野の研究は提案力の強化による他社との差別化を目的として取り組んでいる。

さらに、安全性向上の分野の調査では、過去の災害事例分析や、市販製品の調査・試行を行い、今後の研究課題を明確化する計画である。

技術研究開発部の他の活動として、方面本部や支店において研究成果説明会を開催している。これは研究成果への理解を深め、お客さまへの提案に活用する他、新たな研究ニーズを得るための意見交換を目的としており、今後も忌憚のないご意見をいただきたい。

表1 2021年度 技術研究開発部 研究開発テーマ

方針	分野	名称
付加価値の創出	事業継続	落雷時に発生する過電圧の推定方法に関する研究
		低圧電路監視装置に関する基礎研究
		燃料電池を含めたマイクログリッドシステムの最適運用技術の開発
	環境対策	需給調整市場参入に向けたデマンドレスポンスシステムの開発
		クラウド型エネルギー管理手法の研究
		給食センター向けデマンド制御システムの開発
効率化	効率化	CFDを活用した工場における暑熱対策手法の評価
		施工担当者の業務省力化支援ソフトの開発
		BIM情報を活用した設計・施工業務効率化ソフトの開発
		画像認識技術を活用した積算業務の効率化に関する研究
		ダクト風量調整の効率化支援ツールの開発
	建設系廃棄物の3R推進に関する調査	
	保守管理	分光分析に基づいた絶縁油劣化診断装置の研究開発
		低圧電動機固定子巻線の絶縁診断手法の研究開発
		太陽光発電の熱画像診断手法の研究
		DXを見据えた設備メンテナンスの研究
安全性向上	作業災害・交通災害の発生防止に資する製品・システムの調査	

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、現業支援業務も行っている。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478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・提案が多い。

技術研究開発部では、今後さらに現業部門の統括部署と連携し、提案力向上のための支援、技術的なアドバイス、各種障害対応などの支援を実施し、研究テーマの発掘にもつなげたいと考えている。

イントラネットの「技術研究開発部だより」に掲載している現業支援実績、担当者の連絡先と担当業務および表1に示す支援内容と担当者の一覧表を参考に、技術的な相談があれば、まずはご一報ください。

以上

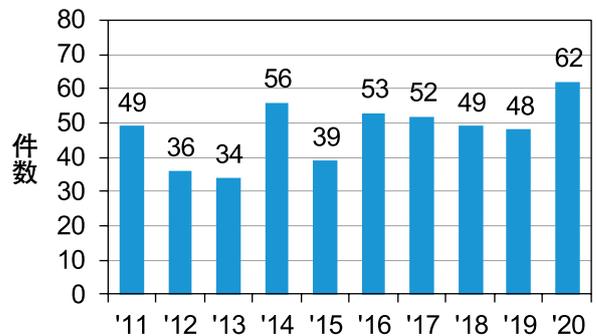


図1 最近10年間の現業支援件数

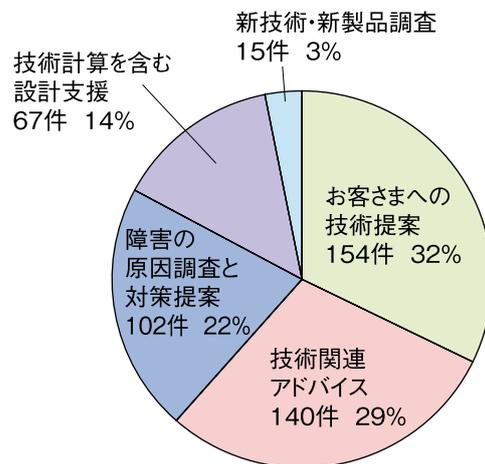


図2 最近10年間の現業支援内容

表1 技術支援分野と担当する研究員

技術支援分野	担当する研究員
各種電気障害	山本、藤田、大島、伏見、中川
ToEMS（エネルギー監視）	高橋、眞玉橋、林崎、西村
太陽光設備関係	西戸、青山、伏見
TLDシステム、DGR	山本、大島
省エネ対策	高橋、眞玉橋、西村
電気技術計算、電気法規	山本、西戸、藤田、中川
劣化診断	中村、大島、伏見
人工知能	棚橋、三井、阪井
空調全般、空調異常検知	中井、千葉
排水処理	加藤、近田

研究成果報告会

当社の2020年度 研究成果報告会を3月29日、30日の2日間、本店別館 地下講堂で開催した。

技術研究開発部、情報通信統括部、営業本部の研究担当者から、24件の研究成果を報告した。2日間で延べ60人程度の社員が聴講し、活発な意見交換が行われた。



研究テーマと報告者

月 日	研 究 テ ー マ	報 告 者
3/29(月)	都市部配電線の高調波対策に関する研究	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
	絶縁油光測定による劣化診断手法の開発	大島誠一郎
	低圧電動機固定子巻線の絶縁診断手法の研究開発	中村 久栄 伏見 文弥
	情報端末を用いたARセンシング技術の研究	中村 久栄
	画像認識技術を活用した積算業務の効率化に関する研究	三井 佑悟
	ビックデータを活用した設計業務支援ツールの開発	三井 佑悟
	BIMを活用した業務効率化の研究（その1）内線設計	眞玉橋剛志
	竣工図書の作成効率化ソフトの開発	山本 達也
	施工体制管理ソフトの開発	眞玉橋剛志
	高調波流出電流計算書作成ソフトの開発	藤田 悠 山下 絢也
3/30(火)	ELドローンの高機能化に関する研究	西戸 雄輝
	太陽光発電のEL画像からの発電性能低下量算出手法の確立	青山 泰宏
	クラウド型溶解エネルギー管理手法の構築に関する応用研究	西村 叔介
	燃料電池を含めたマイクログリッドシステムの最適運用技術の開発	西戸 雄輝 棚橋 優
	空調機器を活用したデマンドレスポンス制御手法の開発	千葉 理恵
	人工知能を用いたデマンド電力予測手法の研究	棚橋 優
	給食センター向けデマンド制御システムの開発	千葉 理恵
	微細気泡技術を利用した含油廃棄物減容化手法の開発	加藤 勇治
	CFDの効率的活用に関する研究	成瀬 仁
	BIMを活用した業務効率化の研究（その2）空調管施工要領書	近田有希子
	ローカル5Gの導入に関する調査	高橋 和宏
	5Gを睨んだIoT社会を支えるネットワークインフラの調査及び設計	伊藤 俊明 東 聡志
	次世代アンドンシステム構築の設計および開発	安藤 勝博

第30回全社技術研究発表会

技術研究開発部は、2020年11月27日、本店本館6階講堂にて全社技術研究発表会を開催した。本年はTV会議システムにより各支店・方面本部も含め聴講いただいた。

発表会では、技術研究開発部、空調管本部、中部本部、支店から6人が発表、社長賞の他、奨励賞に田中 篤志主任（岐阜支店）の「電源の信頼性向上を目的とした受変電設備リニューアル事例」、前田 隆弘副課長（空調管本部）の「ダクト風量測定方法の効率化支援ツールの開発」、審査員賞に神谷 純一社員（中部本部）「ウェアラブルカメラを利用した現場管理業務の効率化について」が選ばれ、賞状が贈られた。

岐阜大学の蜷川 忠三氏による「ビルマルチ空調機群を活用したバーチャルパワープラントの研究」と題した特別講演も行われた。

発表件名と発表者

発表件名	発表者		受賞名
電源の信頼性向上を目的とした受変電設備リニューアル事例	岐阜支店 営業部 内線工事グループ	田中 篤志	奨励賞
配管耐震支持材検討ソフトの開発	技術研究開発部 研究開発グループ	中井 一夫	
オンサイト EL 測定を用いた太陽電池モジュールの劣化による出力低下量推定手法の開発	技術研究開発部 研究開発グループ	青山 泰宏	社長賞
ダクト風量測定方法の効率化支援ツールの開発	空調管本部 空調管統括部 技術グループ	前田 隆弘	奨励賞
ウェアラブルカメラを利用した現場管理業務の効率化について	中部本部 内線部 技術グループ	神谷 純一	審査員賞
現場情報共有ツールとしてのクラウドカメラの活用	中部本部 空調管部 工事第一グループ	山下 大喜	



蜷川 忠三氏



表彰者の皆さん



社長賞 青山 泰宏



山下 大喜



奨励賞 前田 隆弘



審査員賞 神谷 純一



奨励賞 田中 篤志



中井 一夫

「学」との交流

技術研究開発部は教育センターで共同研究成果報告会をオンラインにて開催した。同報告会は大学との共同研究における成果について報告を行うもので、4テーマについて各大学の研究者から報告を受けた。

2020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
太陽電池の不具合診断・分析手法の確立に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
都市部における高調波電圧抑制に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学専攻 青木 睦 准教授
電磁界シミュレーションによる雷過電圧解析に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学専攻 安井 晋示 教授
油入変圧器絶縁油の光分析による劣化診断手法の開発に関する研究	三重大学 大学院 地域イノベーション学研究科 末原憲一郎 教授

2021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
油入変圧器絶縁油の光分析による劣化診断手法の開発に関する研究	三重大学 大学院 地域イノベーション学研究科 末原憲一郎 教授
都市部における高調波電圧上昇抑制に関する調査研究（その2）	名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学専攻 青木 睦 准教授
雷保護設計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 電気・機械工学専攻 安井 晋示 教授
最適化を利用した需要家の水素利用活用に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学専攻 中村 勇太 助教授
太陽電池の不具合診断・分析手法の確立に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
ダクト風量の測定と調整の効率化に関する研究	愛知工業大学 工学部 建築学科 河路 友也 教授



社外講師・セミナー講師

演 題	講 師	講演先・日付
電力品質適正化技術	小林 浩	電気学会産業応用フォーラム 「需要設備における電力品質向上を目指したメンテナンスのスマート化動向」 2020.11.9
配電系統の電力品質解析に用いるシミュレーションモデル	小林 浩	SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「再エネが大量導入された電力系統のシミュレーションモデル」特別講義 2021.1.15（オンライン講義）
電力システム制御特論 ースマートパワーシステム事例解説ー	小林 浩	名古屋工業大学（非常勤講師） 2021.7.14（オンデマンド講義）



出典：電気学会産業応用部門ニュースレター 2021年3月号

太陽光発電展PV EXPO2021

開催期間

2021年3月3日(水)～5日(金)

会 場

東京ビッグサイト（Web商談）

出展製品名
オンサイトEL測定サービス



JECA FAIR2021

開催期間

2021年7月1日(木)～30日(金)

会 場

ONLINE展示会

出展製品名
自動火災報知器の更新作業の足場レス化
オンサイトEL測定サービス
ToEMS（トーエネックエネルギーマネジメントシステム）

受賞・表彰の記録

受賞日・受賞名	内 容	受賞者	備 考
2021.3.25 (一社)日本電気協会中部 支部「特別功績者表彰」	「単相SCを用いた電圧不平衡抑制装置」の 開発	藤田 悠	共同受賞 中部電力(株)
2021.3.9 (一社)電気学会 電子・ 情報・システム部門 技術委員会奨励賞	PSOによる短期演算と中期演算を組み合せ たマイクログリッド最適運転計画作成手法	棚橋 優 小林 浩	中村 勇太(名工大) 青木 睦(名工大)
2021.5.26 (一社)日本太陽エネルギー 学会 論文賞	EL画像を用いたPIDモジュールの出力推定 に関する研究	西戸 雄輝 小林 浩	共同受賞 山中三四郎(名城大) 澤田 賢(元・名城大)
2021.8.25 (一社)電気学会 産業応 用部門 論文賞	PSOを活用したマイクログリッド最適運転 計画作成手法	棚橋 優 西戸 雄輝 小林 浩	



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
PSOによる短期演算と中期演算を組み合わせたマイクログリッド最適運転計画作成手法	○棚橋 優、小林 浩（トーエネック）、 中村勇太、青木 睦（名古屋工業大学）	電気学会システムスマートファシリティ合同研究会 2020.11.4
保全高度化のためのデータ活用の現状と課題	小林 浩（技術研究開発部）	2021年電気学会全国大会 2021.3
現場における制気口の風量測定・調整手法の効率化検討	○小林大輝、後藤元綺、河路友也（愛知工業大学）、 前田隆弘（空調管本部）、成瀬 仁（技術研究開発部）	空気調和・衛生工学会中部支部 学術研究発表会 2021.3
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）	技術雑誌「スマートグリッド」 2021年4月号
Estimation of Degradation Indices of Oil-Filled Transformer Based on the Color Data of Insulating Oil	Seiichirou Oshima, Hisahide Nakamura, Hiroshi Kobayashi（技術研究開発部）	共通英文論文誌(b)2021年6月号「令和元年 電力・エネルギー部門研究会における優秀論文発表賞と技術委員会表彰」特集
某研究所におけるA種設置とD種設置の切り離しについて	○竹岡滉貴（大阪本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
高圧受電から特高受電への切替施工の留意点	○足立 惇（大阪本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
舞台設備における施工事例について	○広中佑一朗、梶川拓磨（岡崎支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
省施工化を目的とした照明制御見直しの提案事例について	○下平祐輔、浅井健司、中島 啓（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
ビッグデータを活用した設計業務支援ツールの開発	○寺前紀幸、古守昌彦（営業本部）、 三井佑悟（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
BIMを活用した設計業務の省力化・効率化の検討	○小山卓也、竹内稚登、古田 純、 小林庄二郎、淵上尚子、濱田純子（営業本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
最適化手法と電気設備関連技術への適用に関する調査研究	○小林 浩、棚橋 優（技術研究開発部）、 安井晋示（名古屋工業大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
燃料電池を含む直流マイクログリッドシステムの構築におけるCO ₂ 排出削減量の試算	○西戸雄輝、棚橋 優、大島誠一郎、 小林 浩（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
太陽電池のEL測定における不具合箇所発光に関する一考察	○青山泰宏、西戸雄輝（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
水素設備を有するオフグリッドの最適容量設計に関する基礎検討	○中村勇太、青木 睦（名古屋工業大学）、 棚橋 優、小林 浩（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
電力デマンド予測に対する機械学習の適用検討	○棚橋 優、水野 誠、小林 浩（技術研究開発部）、 中村勇太、青木 睦（名古屋工業大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
自動力率調整装置を設置した需要家のSC容量推定ツールの開発	○阪井雄真、藤田 悠、小林 浩（技術研究開発部）、 青木 睦（名古屋工業大学）、 吉江 学、水野佑哉、濱田康佑、 深江隆之（中部電力パワーグリッド）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
TN系統におけるビル直撃雷による分電盤過電圧発生メカニズムの考察	○山本達也、小林 浩（技術研究開発部）、 安井晋示、小森駿矢（名古屋工業大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
B種接地線電流と対地静電容量に関する一考察	○山下絢也、三辻重賢、山田啓太（営業本部）、 山本達也（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
負荷機器の系統接続における電力品質への影響調査に関する研究 ～ 実測結果に基づいた多パルス化による高調波電流抑制効果の試算 ～	○藤田 悠、小林 浩（技術研究開発部）、 青木 陸（名古屋工業大学）、 堀口康児（中部電気保安協会）、 濱田康佑、吉江 学、 水野佑哉（中部電力パワーグリッド）、 松村年郎（愛知工業大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
ホテル・商業複合ビルにおける省施工化への取組事例	○渡辺義紘、田中佑樹、小林拓矢、木村龍河、 神谷純一（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
ダイレクト結線端子台採用による盤の省施工、省スペース化	○森川直樹、寺澤旭弘、神谷純一（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
省力化鋼製スリーブを使用したコスト削減と品質維持	○三輪英之、篠原幸博、大森達哉、古田梓紗、小池亮介、 迫田英樹、神谷純一（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
防塵対策現場での電気設備事例について	○伊藤僚起、吉田 寛（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
寄宿舎新築におけるランチケーブルなどの採用による省施工例について	○山野 陵、田口訓久、村上千尋（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
短工期の工場新築における、配管の仕様変更による省力化事例について	○松本 健、児玉明広、傘 康裕（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
発電設備プラント工事における施工について	○雨宮万博（長野支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
中部電力 MIRAI TOWER（旧 名古屋テレビ塔）における電気設備改修工事事例	○小林祐介、猪口秀昭、神谷純一（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
絶縁抵抗試験成績書自動作成ソフトの開発	○伏見文弥、山本達也（技術研究開発部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
BIMを活用したケーブル布設の取り組み	○福田幹久、坂井英二、児玉晃豊（岡崎支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
ショッピングセンターにおける変圧器リニューアル工事	○平山 学、佐藤元紀、古川裕昭（三重支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
高圧受変電設備のリニューアル事例	○山下竹彦、堂本雄二、馬淵保幸（岐阜支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
低圧幹線におけるアルミケーブルの採用事例	○西澤純也（長野支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
ショッピングセンターにおける照明器具のLED化工事	○佐藤元紀、平山 学、古川裕昭（三重支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
電灯分電盤電圧変更後、特注照明器具リニューアル事例	○田中篤志、堂本雄二、馬淵保幸（岐阜支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
施工担当者業務効率化への挑戦	○神谷純一、館 明洋、河瀬達匡（中部本部）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
特高送電線下での154/6.6kV特高設備更新事例	○河合茂晴（営業本部）、永原孝敬（長野支店）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
誘導電動機のベアリング損傷診断	○中村久栄（技術研究開発部）、 水野幸男（名古屋工業大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9
絶縁油の含有物質と劣化の関係性の一検討	○大島誠一郎、中村久栄、小林 浩（技術研究開発部）、 末原憲一郎、橋本 篤（三重大学）	2021年（第39回）電気設備学会全国大会 2021.9

件 名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 その255 蓄電池プログラムの改良に向けたNAS電池実稼働データの分析	○小林 浩(技術研究開発部)、 斗野綱士(日本ガイシ)、 二宮博史、滝澤 総(日建設計)、 柳原隆司(RY環境・エネルギー設計)、 村上周三(建築環境・省エネルギー機構)	令和3年度 空気調和・衛生工学会大会 2021.9
現場での風量測定・調整方法に関する研究 (第2報) 風量測定精度向上のためのフード改良	○成瀬 仁(技術研究開発部)、 前田隆弘(空調管本部)、 河路友也(愛知工業大学)	令和3年度 空気調和・衛生工学会大会 2021.9
ライフサイクルエネルギーマネジメントのための空調システムシミュレーションツール(LCEMツール)の機能拡張に関する研究 第2報：蓄熱負荷係数と減衰指数を用いた熱負荷計算法の検討	○千葉理恵(技術研究開発部)、 長井 達夫(東京理科大学)、 田中 英紀(名古屋大学)、 丹羽 英治(日建設計総合研究所)、 時田 繁 (公共建築協会)	令和3年度 空気調和・衛生工学会大会 2021.9
需要家内マイクログリッドにおける直流配電システムの構築	○小林 浩、大島誠一郎、棚橋 優、 西戸雄輝(技術研究開発部)	2021年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2021.9
Reduction Measures of the Overvoltage in the TN System of a Building Struck Directly by Lightning	安井晋示、小森駿矢(名古屋工業大学)、 山本達也、小林 浩(技術研究開発部)	雑誌(米)：IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility

各種学会・士会への加入奨励について

中期経営計画2022の重点施策の一つにも挙げられているように、当社従業員が、お客さまの要望に応えることや社会に貢献するためには、自身の技術力を向上させることが重要である。

従業員の技術力を向上させるため、教育センターや各部門による研修(教育)が行われている。また、業務を通じて、上司や先輩によるOJTも継続的に実施されている。

しかし、常に最新の技術情報や技術動向について知識習得するには、各種学会・士会に加入して、会誌の購読や見学会・講習会などの学会事業への参加が効果的だと考えている。最新の技術情報を知ることによって自身の技術力向上につながるだけでなく、お客さまへの技術的な提案やアドバイスにより、お客さまからの信頼を得ることも可能となるはずである。

また、学会・士会への加入による知識習得は、当社の重点資格である「技術士」や「電気主任技術者」などの合格に近づくことが可能と思われる。これら重点資格の保有者数が増えることは、当社の技術力を示すことにつながる。

従って、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。自身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。

表1 学会・士会

学会・士会名	関連設備	主な重点資格
電気設備学会	電気設備全般	電気主任技術者
電気学会	電気全般	
照明学会	照明全般	
計装士会	監視・制御装置全般	計装士
空気調和・衛生工学会	空調・換気・衛生設備全般	空調衛生
日本建築学会	建築全般	建築士、建築設備士
建築士会	建築全般	
電子情報通信学会	情報通信全般	電気通信主任技術者
情報処理学会	情報通信全般	
日本技術士会	電気電子、衛生(空調含む)、情報通信 他	技術士

編集後記



撮影：Y.T 「荘川の五連水車」

本号は紙面の大部分を電気設備学会全国大会の一般講演論文で占めており、さながら「電気設備学会全国大会特集号」となっている。前回、名古屋で開催されたのが2012年であり、この時も全国大会の一般講演論文を掲載した。大きな違いは、今回は現地(名古屋大学)での発表で、会場風景等の写真が掲載されているが、今回はそれがない。次回中部地区で開催されるのは、9年後の2030年の予定であるが、新型コロナウイルス感染症に打ち勝ち、従前のように現地での発表となることを祈るばかりである。その時は、皆様の優れた技術、経験を是非全国大会で紹介していただきたい。(雅)

TDレポート 第37号

令和3年10月発行

編集

株式会社トーエネック技術研究開発部 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.37 2021.10 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



この印刷物の本文用紙は、森を元氣にするための間伐と間伐材の有効活用に役立ちます。