

# Technology Development Report

2012.10

*TOENEC*

vol.28

# C O N T E N T S

## はじめに

- 技術・技能の継承と教育 ..... 3  
代表取締役 専務執行役員 山内 忠

## 特別寄稿

- 太陽光発電システムの出力低下診断 ..... 4  
名城大学 理工学部 電気電子工学科 教授 山中 三四郎

## 技術報告

- 柱間切分工法の開発 ..... 10  
配電本部 配電統括部 技術グループ/森 剛
- 空調設備の劣化診断報告書作成支援ツールの開発 ..... 16  
技術開発室 研究開発グループ/仲道 真也
- 有機性排水処理におけるDHSの適用性に関する研究 ..... 20  
技術開発室 研究開発グループ/高石 有希子

## 施工事例

- 愛知大学名古屋校舎(ささしま)新築工事(第1期)電気設備工事 ..... 26  
営業本部 内線部 工事第三グループ/野村 剛

## 海外研修報告

- ..... 30  
教育センター 営業研修グループ/山崎 友輔

## 電気設備学会全国大会

- 電気設備学会全国大会を終えて ..... 34
- 講演論文(当社関係論文) ..... 36
- 発表者と連名者 ..... 82
- 一般講演の聴講報告 ..... 83

## 技術開発室だより

- ..... 88

## 編集後記



# Technology Development Report

2012.10

*TOENEC*



教育センター（現在）



社員研修所（1969年）

# 技術・技能の継承と教育

代表取締役  
専務執行役員

山内 忠



技術と技能は、当社が事業を行なっていくうえで柱となるものである。当社はこの技術と技能によって付加価値を生み出すことにより、社会インフラの整備・維持の実績を積み重ね、新たな社会貢献の道を拓いてきたのである。その経過において培った技術・技能は、貴重な財産である。

当社はコアとなる事業において、こうして蓄えた技術と技能を着実に継承する必要がある。それと同時に総合設備業として、お客さまのお役にたつために技術の高度化・多様化にスムーズに対応し、新しい技術・工法を取り入れあるいは開発し、社会に提供していくことが求められる。

現在当社では、教育センターを中心として社員の技術教育に力を入れている。これはキャリア開発制度などの人事面と併せて体系化されていることが有効な施策となる。

このため既存社員に対して平成23年度においても各事業部門、人事部および教育センターが一体となって取り組み、階層別教育80コース、職能別教育174コースを実施し、今年度もこれに準じている。

しかしながらよく言われるように、集合教育のみによって伝えられることには限界がある。

このため技術系・技能系の新入社員に対しては、現地教育、現場実習での体験をこれまで以上に重視し、次のような教育を行なっている。

配電部門の高卒採用者については、職業能力開発促進法に基づく1年間の普通職業訓練を行なっており、始めの半年は集合教育、後半の半年は配属先の現場で現地教育を行なっている。

内線部門に従事する高卒採用者は、基礎基本教育と1ヶ月の現場実習を含め、7ヶ月間の集合教育を行なっている。

各事業本部へ配属される大卒の技術職については、1年3ヶ月に渡る実務教育を通じて現場力の強化を

目指し、知識重視の教育から実践を中心とする現場重視の教育を行なっている。また各部門で教育責任者、教育担当者を明確にしてOJT制度の再構築を行ない、現場における効果的OJTの促進を図っている。さらに、総合設備業である当社の特徴を活かし、多様化する客先ニーズに対応できる技術者となるための基礎力の養成も行なっている。

既存社員についても、体系的な階層別教育と併せ、施工、提案など幅広い技術習得を通じた現場対応力の養成を図っている。

当社の社員は「自律型人間」であることが求められる。技術の習得においても同じである。冒頭に述べた当社にとっての技術・技能の重要性を理解するならば、普段から自ら最新の技術に触れ、学び、お客さまへの提案に活かすことが求められる。

そのための機会として前述の教育の他に、自主参加研修や本号で特集している学会活動に積極的に参加することを奨励している。

新入社員から管理者にいたるまでが共に技術・技能の重要性と伝承について共通の認識に立ち、それぞれが自ら学び工夫をし、部下に伝える気風で社内が満ちれば申し分がない。

教育における仕組み作りや人事制度と併せた体系化が重要であることは言を待たないが、これらが効果的に機能するかどうかは、教育を計画し実施する者だけの責ではない。

教育へ送り出す側、教育を行なう側、受ける側が共通の認識になれば、教育の成果は霧消する。三者の認識が一致して、「育む」「育てる」「育つ」教育が行なわれればその効果は倍増し、この継続が当社の総合力発揮の一端を担うのである。

本誌 (TDレポート) が技術・技能の継承と教育について社内で共通の認識を醸成することに役立つよう期待している。

# 太陽光発電システムの出力低下診断



名城大学  
理工学部電気電子工学科  
教授 山中 三四郎

## 1. はじめに

近年、エネルギー資源問題、地球温暖化問題の観点から世界各国で太陽光発電技術が注目されるようになってきている。日本においても1974年にスタートした旧通商産業省のサンシャイン計画、それに引き続いて1993年にスタートしたニューサンシャイン計画において太陽光発電の実用化に向けた研究開発が始まった。また、ドイツではFIT（固定価格買い取り制度）が始まって爆発的に設備容量が増加した。

さらに、2011年3月11日に発生した東日本大地震並びにそれに続く福島第一原発事故の発生により、日本の電力事情は一変した。この事故により原子力発電に対する国民の不信感はピークに達し、その反動として太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーへ大きな期待がもたれるようになった。

一方、太陽光発電は当初可動部分がなく20年間の運転期間の間メンテナンスフリーであるといわれていた<sup>1)</sup>。ところが、1990年代半ばから一般家庭への普及が始まった太陽光発電システム（以後PVシステムと呼ぶ。）のアンケート調査から、システムにはパワーコンディショナーの故障だけではなく、パネルにも不具合が発生することが分かってきた<sup>2)</sup>。ドイツではシステムの不具合が火事につながった例も報告されている。そこで、最近PVシステムの保守管理並びに診断技術の開発が注目されるようになってきた<sup>3)</sup>。

PVシステムの出力は自然環境に大きく影響されるため、たとえ出力があっても、それが正常な出力なのか直ちに判断することは難しい。最近ではメーカーや保険会社による出力保証も導入されているが、そもそも、出力低下を判定する方法が確立されていないという問題を抱えている。

本論文では最初に、福島第一原発の事故以降の再生可能エネルギーを取り巻く環境の変化について簡

単に解説する。次に、筆者が検討しているPVシステムの出力低下診断の原理について説明すると共に最近の成果を報告する。

## 2. 日本のエネルギー政策

2010年に日本の長期電源構成は地球温暖化防止を目的として原子力に重点を置いた計画を決定した。ところが福島第一原発の事故を受けて資源エネルギー庁の総合エネルギー調査会基本問題委員会ではこれまでの計画を急遽変更し、原子力発電が0から25%の3つの選択肢を示し、国民の意見を聞きながら取りまとめを諮ることになった（表1参照<sup>4)</sup>）。この案で注目すべきことは再生可能エネルギーの役割が極めて大きくなったことである。再生可能エネルギーは2010年度実績で10%となっているが、大部分は既存の水力発電が占める。ところが、今後日本で大型の水力発電を開発する余地は少なく、増加分は再生可能エネルギーでまかなう必要がある。今後、風力、太陽光、バイオマス等の開発を急がなければならない。ところが、再生可能エネルギーには様々な短所があり2030年までに原子力に代わるエネルギー源として育てていくには多くの技術課題をクリアしていく必要がある。

表1 2030年における3つのシナリオ

	原子力	再生可能エネルギー	化石燃料
ゼロシナリオ	0%	35%	65%
15シナリオ	15%	30%	55%
20~25シナリオ	20~25%	25~30%	50%
現行計画 2010年度策定	45%	20%	35%
2010年度実績	26%	10%	63%

出典：内閣府国家戦力室

表2 再生可能エネルギーの買取価格と期間

再生可能エネルギー	適用範囲	価格 (円/k)	期間 (年)
太陽光	10kW未満	42	10
	10kW以上	42	20
風力	20kW未満	57.75	20
	20kW以上	23.1	20
地熱	15MW未満	42	15
	15MW以上	27.3	15
中小水力	200kW未満	35.7	20
	200kW以上 1,000kW未満	30.45	20
	1,000kW以上 30,000kW未満	25.2	20
バイオマス	ガス化 (下水汚泥)	40.95	20
	ガス化 (家畜糞尿)	40.95	20
	固形燃料燃焼 (未利用木材)	33.6	20
	固形燃料燃焼 (一般木材)	25.2	20
	固形燃料燃焼 (一般木材)	17.85	20
	固形燃料燃焼 (下水汚泥)	17.85	20
	固形燃料燃焼 (リサイクル木材)	13.65	20

出典：経済産業省 調達価格等算定委員会

再生可能エネルギーの導入を促進する方策としてFIT制度がある。日本政府は従来から太陽光発電の導入を促進する方法として、住宅用PVシステムに限定して余剰電力を1kWh当たり42円で10年の買い取りを保証するFITを導入していた。再生可能エネルギーのさらなる導入促進のために今年の7月から非住宅用を対象にした新しいFIT（再生可能エネルギー特別措置法）を導入した。その概略を表2に示す<sup>5)</sup>。例えば、太陽光発電では設備容量10kW以上の事業所用システムで、1kWhあたり42円で20年間の買い取りを保証している。この条件であれば相当な利益が見込めるため7月以降爆発的な設備容量の増加が予想される。また、太陽光発電以外でも利益が期待できる提案が示されており、今後再生可能エネルギーの急増が期待される。

しかしながら、この価格は経済原理から決まった価格ではなく、政治に誘導された価格であるので、その時の政治情勢に大きく依存し、不安定なものとなる可能性がある。このことは各国の設置容量の変遷によく現れている。経済産業省の指導によりPVシステムの導入が積極的に進められた結果、2000年代初頭、設備容量は日本が一番多く、世界の太陽光発電を

リードしていた。ところが、2004年以降になるとFIT制度を充実させたドイツの導入量が急増する。ドイツのFITは負担を国民に求めるものであるから、導入量の増加とともに電力料金も増加することとなった。一方、ドイツの成功を見たスペインはドイツにならって2007年にFITを導入した。しかし、スペインのFITは制度設計が悪く、バブルを引き起こしたため、政府はあわてて制度を縮小する等の対応に追われた。その結果、世界中で太陽電池の在庫を多く抱えることになり、倒産する企業も現れた。

日本ではこれから表2に沿った価格でFITがスタートするが、よほどしっかりコントロールしていかないとスペインの二の舞になる。また、制度がうまく機能して再生可能エネルギーを大量に導入すれば、電力料金の上昇が待ち受けていることになる。ここ当分日本のエネルギー政策に目が離せないところである。

### 3. PVシステムの保守管理

PVシステム普及の初期のころは「PVシステムには可動部分がなく、メンテナンスフリーである」といわれていた<sup>1)</sup>。ところが、運転期間が十数年に達するシステムも出てきた現在、PVシステムの所有者584人にアンケートを取ったところ、予想以上に不具合を訴える事例があることが判明した<sup>2)</sup>。回答者の中で17.5%がシステムに不具合が起こった経験があると回答している。この中で、60%はパワーコンディショナーの不具合であり、太陽電池モジュールの不具合は11%あった。太陽電池モジュールの不具合は全回答者の2%弱に達する。太陽電池は多くのモジュールを設置するために、一部のモジュールに不具合があっても、他のモジュールが健全であれば、出力が幾分低下する程度で、モジュールの不具合を把握することは困難である。今回のアンケートでは太陽電池モジュールに不具合があると回答した所有者は2%弱であるが、モジュールの一部に不具合が発生している割合はこれよりも多い可能性が高い。

一方、日本の太陽電池メーカーではモジュールに10年間の保証を付けることが多い。また、外資系のメーカーでは25年保証を行っているところもある。7月からのFIT制度導入後のメガソーラーの増加を見越して、出力保証を謳う保険会社もある。ところが、太陽電池の出力は日射量や気温によっても大きく左右され、絶えず変動する。このため、得られた出力が正常なのか判断することが必要であるが、この方法が確立されているわけではない。

筆者の研究室では施工時の点検、保守管理のための発電量低下診断法に関する研究を行っている。以下にこれまで得られた成果の一部を紹介する。

## 4. 出力低下診断

### 4.1 %電力量

太陽電池の出力は日射強度、モジュール温度、分光日射分布、入射角等の影響を受け、変動する。この中でも日射強度、モジュール温度の影響が大きい。この2つの因子を考慮して、電力と日射強度、モジュール温度の関係は次式で示される。

$$P_m = P_0 \times \frac{G}{G_0} [1 + \alpha(T_{PA} - 25)] \quad (1)$$

$P_m$ : 発電電力	$P_0$ : 公称電力
$G$ : 傾斜面日射強度	$G_0$ : 標準日射強度 (1[kW/m <sup>2</sup> ])
$\alpha$ : 温度係数	$T_{PA}$ : モジュール温度 [°C]

前述したように、PVシステムの出力は日射強度とモジュール温度により大きく変動し、たとえPVシステムの出力を計測しても、それが正常の範囲に収まっているかどうかの判断はできない。逆に、もし日射強度とモジュール温度が計測されていれば、(1)式からその時の出力を推定することができる。今後、(1)式から推定した電力を標準電力と呼ぶことにする。この標準電力と実際に計測した発電電力を比較することにより、出力低下を判定することが可能になる<sup>6)</sup>。ただし、電力は瞬時値であり、気象条件の急変などによる誤差も含まれるので、判定には1日の発電量を利用する<sup>7)</sup>。すなわち、%電力量を(2)式のように定義する。

$$\%電力量 = \frac{\text{1日の発電量}}{\text{1日の標準発電量}} \times 100[\%] \quad (2)$$

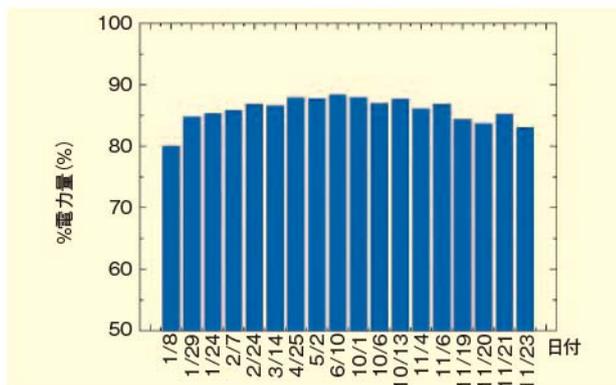


図1 快晴日の%電力量の季節変動

図1は名城大学2号館屋上に設置してある3kWのPVシステムで求めた%電力量である。本図は2010年の快晴日について評価した結果である。図からわかるように、%電力量は1年を通して85%前後で推移している。PVモジュールが公称値通りの性能を発揮していれば%電力量は100%になるはずであるが、実際評価してみると100%となることは少ない。これは公称値の決め方にも原因がある。JIS規格ではモジュールの出力は基準状態での出力を公称出力としている。ところが自然環境下では種々のばらつきが現れるため、公称最大出力の90%以上であれば適合モジュールとして容認している<sup>8)</sup>。筆者の経験では各社のPVモジュールを自然環境下で計測すると基準状態に補正しても100%にならないことが多い。もちろん、100%を超える場合もある。また、日射強度とモジュール温度以外にも多くの出力低下要因がある<sup>9)</sup>。これによって%電力量はさらに低下する。筆者のこれまでの経験では%電力量が少なくとも80%を超えていればほぼ正常とみなしてよいと判断している<sup>9)</sup>。ただし%電力量が80%を超えていてもそれだけでは十分でない。長期間継続して%電力量を評価できる場合は時間的な傾向を見ることも重要である。



(a)08年1月17日の午前9時



(b)08年9月23日の午前7時30分

写真1 PVアレイにかかる影の様子

先に、図1の%電力量はほぼ85%であると言ったが、よく見ると季節による変動がみられる。すなわち、6月頃が高く、冬季には小さくなる。特に1月8日は80%近くで、6月に比べると5%程度の低下がみられる。調査の結果、冬季には朝方、夕方にPVアレイの一部に影がかかることが判明した。影の一例を写真1に示す。アレイ全体からすれば影は一部分にかかるだけであるが、%電力量で低下が確認できる程

度に出力が低下していることになる。この影の影響をさらに詳しく調べた結果が図2である。これは一日の%電力(%電力量の瞬時値)の時間変化を示したものである。明らかに朝夕の低下が読み取れる。しかも、冬至に近づくにつれ、低下している時間が長く、かつ、大きいことも判別できる。このように%電力量(あるいは%電力)によって出力低下の様子が詳細に評価できる。

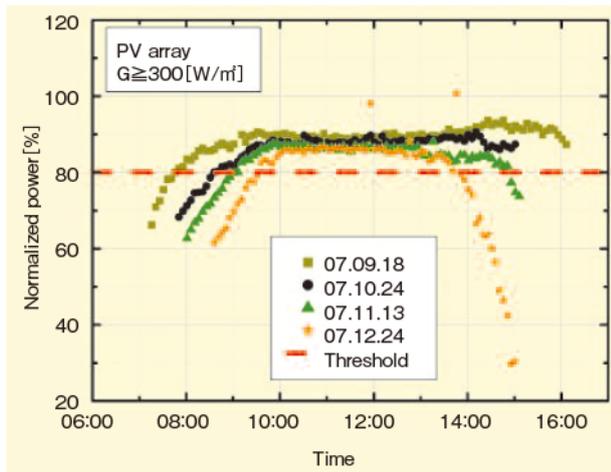


図2 %電力の季節変化

## 4.2 気象データの利用

前節に示したように、%電力量はPVシステムの出力行低下判定の指標として有望であることは明らかである。しかし、判定のためにはモジュール温度と傾斜面日射強度のデータが必要である。一般のサイトでは両者のデータを同時に計測していることはほとんどない。したがって、何らかの方法で傾斜面日射強度とモジュール温度を推定する必要がある。

一般に、事業所用PVシステムでは発電データおよび気象データを計測していることが多い。ただし、日射データに関しては傾斜面日射強度を計測しているサイトもあれば水平面日射強度を計測しているサイトもある。水平面日射強度を計測している場合は水平面日射強度から傾斜面日射強度を推定する必要がある。その推定方法を図3に示す<sup>10)</sup>。すなわち、水平面日射強度を水平面直達日射強度と水平面散乱日射強度に分離(直散分離という)する。直散分離に関しては種々のモデルが提案されているが、筆者のこれまでの経験でSkartveitモデルが比較的精度がよいことが分かっている。次に、水平面直達日射強度から傾斜面直達日射強度を、水平面散乱日射強度から傾斜面散乱日射強度を推定する。傾斜面散乱日射強度の推定には多くのモデルが提案されているが、筆者は比較的精度がよいことを確認しているPerezモデル

を使用している。また、これとは別にアルベド(\*)を0.2と仮定して傾斜面反射日射強度を推定する必要がある。これらの合計から傾斜面日射強度の推定が可能である。

次に、モジュール温度の推定方法について述べる。モジュール温度を推定する際はJIS規格<sup>9)</sup>に示されている(3)式を利用する。

$$T_{PA} = T_A + \left( \frac{46}{0.41 \times V^{0.8} + 1} + 2 \right) \times G - 2 \quad (3)$$

$T_{PA}$ : モジュール温度                       $T_A$ : 気温  
 $V$ : 風速     $G$ : 傾斜面日射強度  
 [式中の46と0.41はパネルの設置方式により異なる]

図4はモジュール温度と傾斜面日射強度から評価した標準発電量を用いて算出した%電力量(基準値)

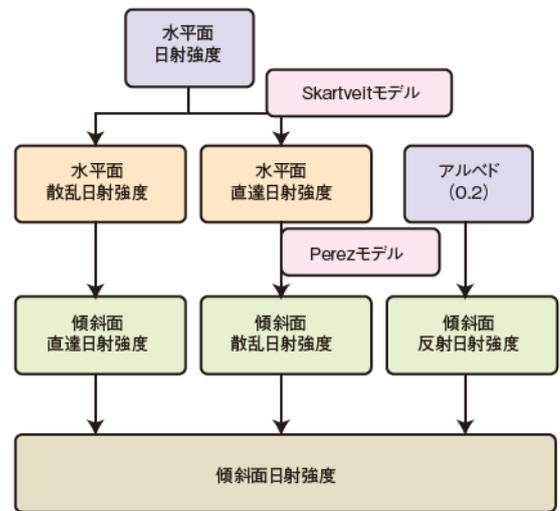


図3 傾斜面日射強度の推定手順

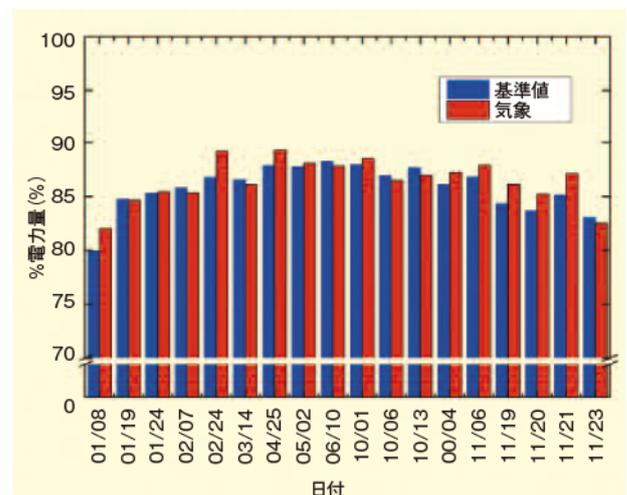


図4 %電力量の比較

と気象データ(水平面日射強度、気温、風速)から推定した%電力量(気象)を比較した結果を示す。気象データを用いて評価した%電力量の基準値からの誤差は平均約-0.62[%]となった。また、このサイトにみられる冬季の低下も再現されており、気象データを利用した%電力量の評価は十分な精度があると判断できる。

(\*)アルベド:ある表面の入射光に対する反射光の強さの比。太陽光発電の分野においては太陽光に対する地表面の反射率をいう。

### 4.3 トーエネック岐阜支店の%電力量

トーエネック岐阜支店には31kWのPVシステムが稼働している。このシステムは4台のパワーコンディショナーによって運転されている。今回はこの中から2台のシステムについて、%電力量の評価を試みる。

前節では水平面日射強度、気温、風速から標準発電量を推定し、%電力量を評価した。岐阜支店では水平面日射強度、気温は計測しているが、風速は計測していない。通常のサイトでモジュール温度や風速を計測することはほとんどない。そこで、モジュール温度または風速を計測していないサイトで%電力量を評価することが必要になってくる。その方法の一つとして、近くのAMeDASの情報から平均風速を調べ、(3)式からモジュール温度を推定することが考えられる。もうひとつの方法としては風速を0m/sとして、評価することも考えられる。いずれにしても、それぞれの場合について誤差を評価する必要がある。

そこで、名城大学2号館屋上で計測した気象データ(水平面日射強度、気温)に基づいて、平均風速と風速0m/sを仮定したときの誤差を調べた。その結果を図5に示す。本図はモジュール温度、傾斜面日射強度から評価した%電力量を基準として、基準からの誤差を示したものである。平均風速を使って評価した%電力量は-1.85%低くなり、風速0m/sで置き換えたときは3.42%大きくなることが判明した。この結果から、風速のデータが得られない場合は近くのAMeDASから得られる平均風速を調べ、代用するほうが精度がよくなることが判明した。

そこで、岐阜支店の2つのシステムについて岐阜気象台のAMeDASから得られた平均風速を代用して%電力量を評価した結果を図6に示す。システムBは一年を通して%電力量が90%あり、発電状態は健全であると思われる。ところが、システムAは夏季の%電力量はシステムBとほぼ同じであるが、冬季の

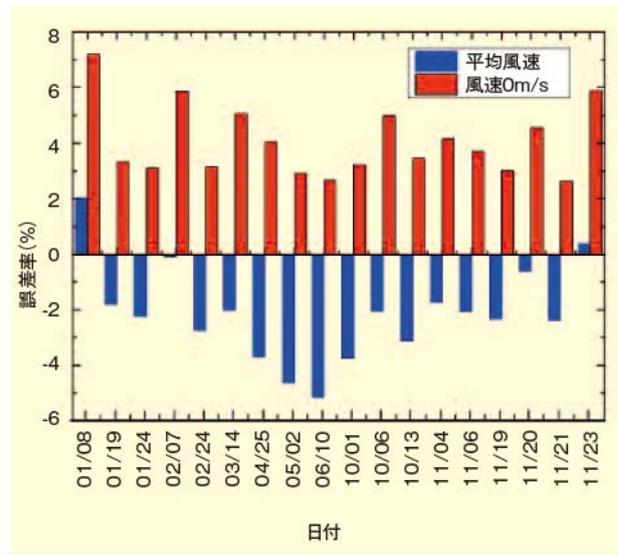


図5 平均風速、風速0m/sを仮定した場合の%電力量の誤差

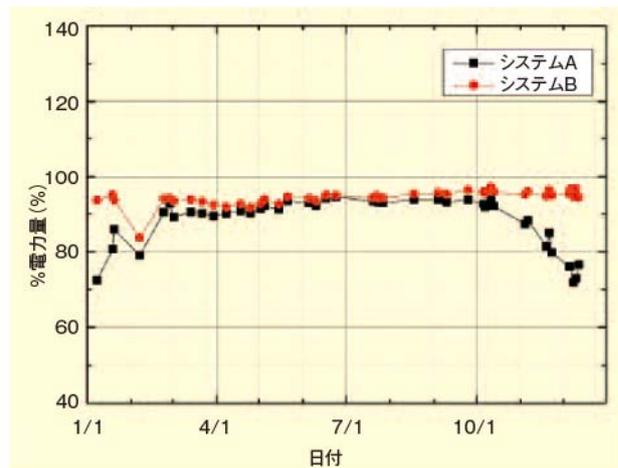


図6 トーエネック岐阜支店に設置したPVシステムの%電力量

%電力量は大きく低下している。調査の結果、システムAには冬場の朝方にアレイ南面にある障害物の影がかかっていることが判明した。

## 5. まとめ

7月から始まった再生可能エネルギー特別措置法により、今後事業所用PVシステムの急激な増加が予想される。PVシステムが普及すると保守管理上、精度のよい出力低下判定法が不可欠になる。筆者は気象データから評価する%電力量を指標とした診断方法を提案している。これまでの検討の結果、%電力量を使えばかなり精度よく出力の低下が判定できることが判明した。

本報で紹介した診断法の検証は現段階ではまだ十

分ではないが、今後データを蓄積して、より精度の高いものにしていきたい。

#### 参考文献

- 1) 黒川、若松「太陽光発電システム設計ガイドブック」オーム社(1994)
- 2) JPEA「太陽光発電システム設計支援セミナー」(2008. 7. 30)
- 3) 加藤「原点に帰ろうー太陽光発電とは何か?」太陽エネルギー Vol. 38, No. 3 pp. 3-6 (2012)
- 4) 内閣府国家戦略室「エネルギー・環境に関する選択肢」
- 5) 経済産業省 調達価格等算定委員会「平成24年度調達価格及び 調達期間に関する意見」
- 6) 奥野、他「基準状態に規格化した発電電力を閾値に用いたPVアレイの発電性能診断法」太陽エネルギー Vol. 35, No. 2, pp. 45-52 (2009)
- 7) 真田、他ら「PVシステムの出力低下診断に関する研究」2011年電気設備学会全国大会 D-8
- 8) JIS C 8918「結晶系太陽電池モジュール」
- 9) JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」
- 10) 大竹、他「傾斜面間接日射強度の推定」太陽/風力エネルギー講演論文集, 405 (2008-11)

#### ●山中三四郎(やまなかさんしろう)プロフィール

昭和56年3月 三重大学大学院工学研究科  
電気工学専攻修士課程修了

昭和56年4月 名城大学理工学部電気工学科 助手

昭和63年4月 名城大学理工学部電気電子工学科 講師

平成12年4月 名城大学理工学部電気電子工学科 助教授

平成17年4月 名城大学理工学部電気電子工学科 教授

# 柱間切分工法の開発

## 1 はじめに

高圧停電および高圧仮送電作業は基本的に開閉器に囲まれた範囲で行っているが、停電や仮送電範囲縮小のため電線振分箇所（以下、振分箇所という）がある電柱で電線の切断と接続を行なっている。この際、作業者が高圧充電部に接近するため、絶縁用ゴム手袋および絶縁用上衣等の保護具を着用して防具を取付け、直接活線作業にて電線の切断と接続を行っている。（写真1）直接活線作業は、感電のリスクが高く身体的負担や精神的緊張が高いことから、「安全性の向上（感電災害の撲滅）」「作業負担の軽減（作業環境の改善）」を目的に、平成22年度より電柱と電柱間（以下、柱間という）の電線の切断と接続を保護具を着用せずに、高圧充電部から離れた位置で作業を行う「間接活線工法」（以下、間接活線という）で実施可能な「柱間切分工法」の開発を行なうこととした。



写真1 高圧充電部に接近しての直接活線作業

## 2 現状と課題

振分箇所にて電線の切断ならびに接続する際、作業者は、感電を防止するため、保護具を着用し高圧充電部に防具を取付けしている。酷暑期においては保護具の着用による発汗や蒸れなどによって身体的負担が大きく、また、直接活線にて高圧充電部を取扱うことから精神的な緊張も高い。さらに、振分箇所の装柱が複雑になればなるほど防具取付け範囲も広くなり作業者の負担も大きくなる。

## 3 開発の方向性

柱間切分工法をすでに導入している電工会社もあり、コスト低減と開発期間短縮のため他電工で採用している工具をベースに当社の作業環境に適した改良を行い、平成24年度の現場試行に向け工法を確立することとした。

## 4 工具の開発

### 4.1 柱間切分工具の開発

「柱間切分工法」に使用する柱間切分工具を製作販売している2メーカー（㈱永木精機製、大東電材㈱製）を比較した結果、両社の柱間切分工具（写真2）とも基本的な構造に差異はなく、伸縮可能なFRP製の本体と両端に電線を把持する掴線器が取付けされている。このため、代表的な柱間切分工具を購入し作業性等の検証を実施した。この結果、重量や長さなどの操作性から㈱永木精機製の柱間切分工具をベースに改良を行うこととした。

㈱永木精機 製



大東電材㈱ 製



写真2 柱間切分工具

この柱間切分工具は、本体と掴線器が分離式であるため、当社が電線の張り上げ作業に使用して



写真3 電線の張り上げ作業で使用しているヒフクカムラー

いるヒフクカムラー（以下、カムラーという）（写真3）をベースに柱間切分工具用の掴線器として使用できるように改良することとした。（写真4）



写真4 柱間切分工具用に改良したカムラー

現行カムラーは、掴線部が開口しないようバネが取付けされており、間接活線工法での取付けができないことから、間接活線工法に対応できるようバネを取外しネジにより締め付ける構造とした。このカムラーにて作業検証を行った結果、柱間切分工具本体とカムラーの取付けやカムラーから電線外れ防止の安全カバー取付け等の作業工程が多く、作業性が悪いことが判ったため、柱間切分工具とカムラーを一体式とし、カムラーの締め付ネジを取外す等作業性の向上を図った。(写真5)



写真5 カムラーの締め付ネジを取外し、一体化した柱間切分工具とカムラー

しかし、締め付ネジを取外した結果、電線に張力が無くなった(逆張力が加わった)場合、カムラーの掴線部が開口して電線が脱落する恐れがある。(写真6) このため、他電工で使用実績のある締め付ネジにて固定する構造の掴線器にて検討を行ったが、作業性は良いものの、電線被覆への影響が当社のカムラーより大きく、「柱間切分工法」を適用することができないことが判った。

これにより、電線被覆に対し影響が小さい当社仕様のカムラーを締め付ネジで固定する構造として、他社仕様の掴線器と同等の作業性を有した構造へ改良した。(写真7)

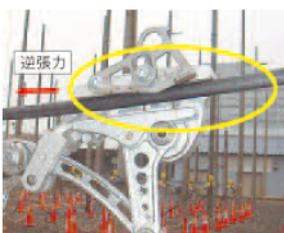
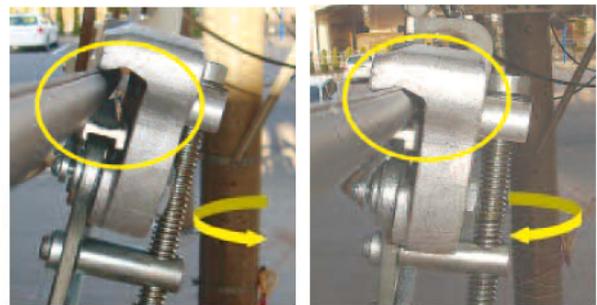


写真6 逆張力が加わりカムラーが開口した状態



写真7 締め付ネジを取付した改良型カムラー

カムラーの改良により、電線の逆張力には対応可能となったが、カムラーを電線に掴線する際、締め付ネジを時計回りに回転させ締め付けると、カムラー(向かって右側)から電線が離れて(外れて)しまう状況であった。その改善策として、締め付ネジを反時計回りで締め付けることで電線がカムラーに収まりながら掴線することが可能となった。(写真8) また、締め付けの回転方向が左右異なるため、反時計回りとなる右側のカムラーの締め付ネジを金色に着色(写真9)し、注意喚起を促すとともに、締め付リングを締め付ける作業位置が多少異なっても、締め付リングの操作がし易いよう締め付リングをフレキシブルに対応できるものへ改良した。(写真10)



締め付ネジを時計回りに回転させた状態

締め付ネジを反時計回りに回転させた状態

写真8

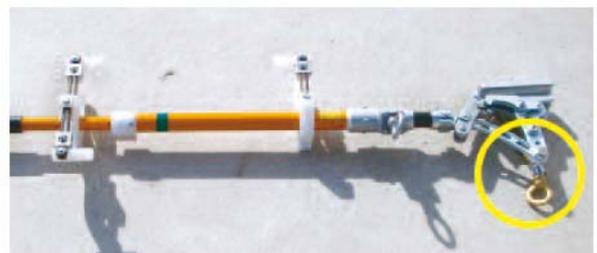


写真9 金色に着色した締め付ネジ

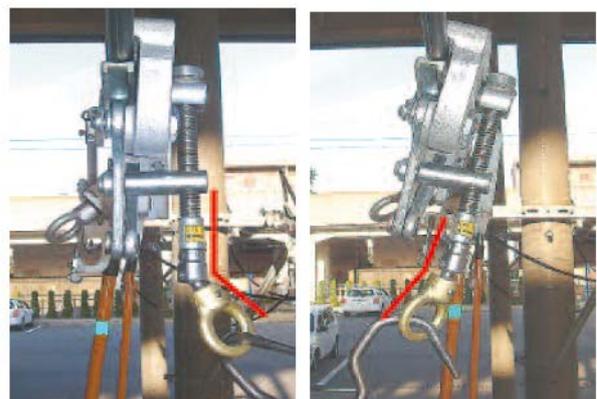


写真10 フレキシブルに対応可能となった締め付リング

#### 4.2 柱間切分工法に関する工具の開発

当社が、保有する間接活線工具の他に過去に開発した工具を組合せて使用できる二軸操作棒（写真11）を採用した。



写真11 二軸操作棒

その工具の先端に柱間切分工具の伸縮など操作を行うドライブフック、電線カッターや先端皮剥ぎ磨き器（写真12）を付け替え、操作を行うこととした。これらの操作は、電動の充電式回転工具（写真13）を使用することで、作業者の負担が軽減し作業性が向上した。また、柱間切分工具・電線・スリーブ等の把持を行う絶縁ヤットコ（クイック型）（写真14）、切断した電線の高圧充電部を隠すカバーとして間接活線用末端キャップと電線へのスリーブ挿入確認用の挿入確認ゲージならびに送電禁止標識も新たに採用した。（写真15）



ドライブフック 電線カッター 先端皮剥ぎ磨き器  
写真12



写真13 充電式回転工具を使用して作業している状況



写真14 絶縁ヤットコ(クイック型)



間接活線用末端キャップ 挿入確認ゲージ 送電禁止標識  
写真15

柱間切分工具は、柱間の電線に取付けるため、装柱によっては、電線間が狭い場合があり、作業時の揺れ等により電線間の接触による短絡を発生させるリスクがある。このため、線間の狭い装柱に対して電線間の離隔を拡張できる線間離隔器を採用することとした。これも他電工で使用実績がある複数の線間離隔器にて作業検証を行い、その中で最も作業性が良かった線間離隔器を採用することとした。（写真16）この工具にて作業検証を実施した結果、作業位置により、締付リングを締付けする角度が多少異なっても、柱間切分工具と同様に、締付リングの操作がフレキシブルに対応できるものへ改良した。その結果、締付けする角度が変わっても柔軟に締付けリングを締めることが可能となり、従来の工具に比べ、作業性が向上した。（写真17）

また、電動工具で締付けリングを締付けしたことで、想定以上の力が電線固定具に加わり、電線固定具が破断したため、電動工具でも対応できるように電線固定具を肉厚なものへ変更し、強度を向上させた。

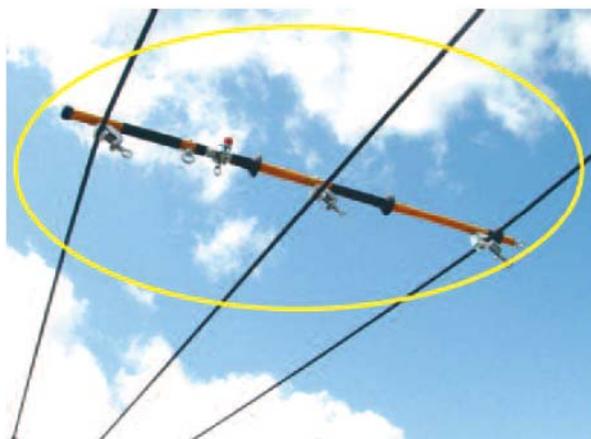


写真16 線間離隔器

## 5 工法適用範囲の検討

前項4. の開発により「柱間切分工法」の基本作業が可能となった。このため、適用装柱および適用条件について検討を実施した。

### 5.1 適用装柱の検討

当社が作業を行う配電線の装柱には、水平・縦引装柱等(図1)の標準的な装柱がある。「柱間切分工法」の試行にあたり、この装柱に対し、必要な線間距離を見極めたうえで、作業検証を行い、線間離隔器が取付けできない三角装柱等を除き、線間距離が確保できる装柱について「柱間切分工法」を適用可能とした。(写真18)

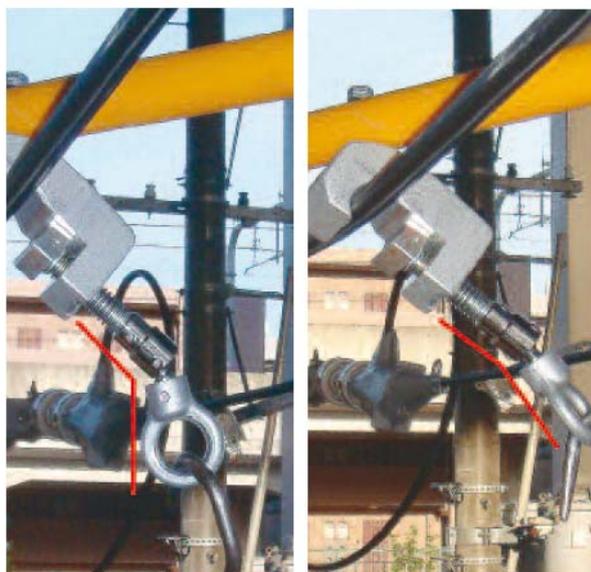


写真17 フレキシブルに対応可能となった締付リング



写真18 水平装柱に柱間切分工具を取付けている状況

### 5.2 適用電線の検討

中部電力(株)管内の電線は、95%が銅線、5%がアルミ電線の割合で施設されているが、当社保有

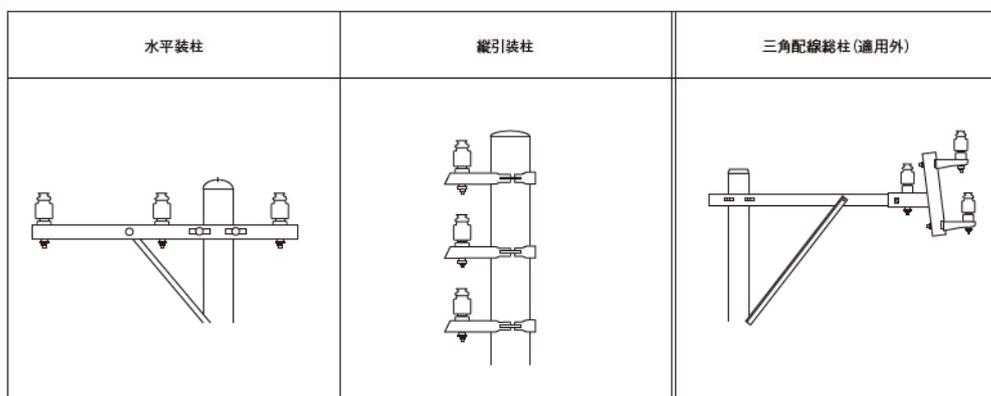


図1 配電線における標準的な装柱

の間接活線工具は、アルミ電線の皮剥ぎと線磨きを行う仕様のものがないこと、施設率からアルミ電線の作業頻度が少ないと考えられることから、アルミ電線については「柱間切分工法」の適用外とすることとした。銅線については、銅線全体のうち62%が、水密形架橋ポリエチレン電線（以下、水密電線という）を使用している。

柱間切分工法で電線の切断を行う際、通電電流による電線被覆の温度上昇や電線切断時の縁（写真19）を作るための張力増加など水密電線の被覆に対する影響が考えられる。この水密電線は、電線被覆が損傷すると応力腐食断線のリスクが発生する。このため、「柱間切分工法」の作業環境を鑑み、外気温・通電電流による温度上昇、電線切断時の張力印加時間と張力増加分が水密電線の被覆に対し影響を与えないか試験にて評価することとした。



写真19 電線切断時の縁を作った状況

電線被覆への影響評価については、電技解釈第3条、第4条及び第5条から、試験後の被覆厚さの平均が90%以上、最小厚さが80%以上を「良」判定とした。これらの試験条件を基に、現行仕様の水密電線（12線種）と旧仕様の水密電線（22線種）に対して影響評価を行った結果、一部の線種に低い張力で電線被覆が破れるものがあることが判った。（写真20）



写真20 被覆のちぎれ

太 さ	種 類	メ ー カ ー	適 用 可 能 径 間	
			夏 期※	そ の 他 期※
125mm <sup>2</sup>	OC-W 2004年(H16年) 以前	A社	40m以下	70m以下
		B社	40m以下	70m以下
		C社	40m以下	70m以下
60mm <sup>2</sup>	OC-W 2004年(H16年) 以前	A社	20m以下	40m以下
		B社	20m以下	40m以下
		C社	20m以下	40m以下
		D社	20m以下	40m以下
		E社	20m以下	40m以下
		F社	20m以下	40m以下
5mm <sup>2</sup>	OE	全メーカー	50m以下	50m以下

※夏期：5月～9月・その他期：10月～4月

図2 電線の線種毎の適用径間

### 5.3 適用径間の検討

前項の水密電線の被覆に対する影響評価から得た線種毎の被覆に影響を与えない張力と、決定した径間長毎の張力から、線種毎に適用径間を定めた。また、最大適用径間長は施設率の約99%をカバーする70m径間までとした。(図2)

## 6 開発の効果

今年度、全事業場の内、13事業場にて「柱間切分工法」の現場試行を開始している。(写真21) これまで、保護具を着用し高圧充電部に防具を取付け、身体的負担や精神的な緊張を持ちながら作業を行ってきたが、間接活線により保護具の着用による疲労や、感電に対する不安も払拭されている。また、柱間にて電線を切断でき、従来の振分箇所に限定されないため、停電範囲・仮送電範囲の縮小を図ることができた。



写真21 試行現場での作業状況

## 7 おわりに

平成25年度からは、全事業場へ柱間切分工法の拡大を予定している。現時点では一部の線種で径間制限があるため、「柱間切分工法」の適用ができない場合がある。このため、今年度、電線被覆に影響を与え難いカムラーの開発を実施し、「柱間切分工法」の適用範囲の拡大を計画している。

今後においても、「安全性の向上」「作業負担の軽減」に向け、すべての高圧活線作業の間接活線化を実現するべく、間接活線工具の検討ならびに開発に取組み、作業者の「工事のやり易さ」を図る

とともに、さらなるお客様の停電回避や仮送電作業の縮小に伴う作業効率の向上に繋げていきたい。

最後に「柱間切分工法」の開発に伴い、間接活線用直線スリーブ等の開発にご協力を頂きました中部電力(株)関係者の皆様に心より感謝いたします。

# 空調設備の劣化診断報告書作成支援ツールの開発

## 1 はじめに

空調分野におけるリニューアル市場の拡大に伴い、劣化診断のニーズが高まっている。当社においても、設計部や支店の空調管設備部門が得意先である中部電力株式会社から、設備改修に先立って空調設備の劣化診断業務を受注するケースが増えている。今後は、一般顧客においても、このような業務を受注するケースが増加すると予想される。

しかし、劣化診断業務では計測が必要になるため、人手や費用がかかり、人員が少ない支店では大きな負担になる場合がある。また、社内において、劣化診断の実施項目やまとめ方が統一されていないために、診断担当部署毎に診断方法や診断報告書の内容に差が生じていることが問題とされている。

これらの問題点を解決するには、劣化診断の計測項目、データ処理方法、評価手法、報告書の書式等をまとめ、診断の担当者による差異が生じにくい方策を確立する必要がある。

そこで、技術開発室は設計部と協力して「劣化診断報告書作成支援ツール」(以下、報告書ツール)を開発した。以下に概要を報告する。

## 2 報告書ツールの構成

このツールは使い勝手を考え、汎用表計算ソフトであるMicrosoft Excelで作成し、次のA)とB)の2つのツールで構成される。

### A) 診断報告書テンプレート

劣化診断報告書のひな形である。各Excelシー

トで予め設定してある項目に追記・修正したり、グラフ等を貼り付けたりすることで報告書ファイルを完成させる。

### B) 評価用グラフ作成シート

計測データから評価に有用なグラフを作成する。室内温湿度・熱源・蓄熱槽の3つのExcelファイルを用意しており、所定の位置に計測データを貼り付けることで、評価用グラフの自動作成及び評価値の算出を可能にする。

## 3 劣化診断の業務フロー

当社の空調劣化診断業務の基本的な流れと各段階での支援ツールの適用場面を図1に示す。

劣化診断はSTEP1からSTEP3の段階を踏んで実施する。STEP1では事前調査として、ビル衛生管理法に基づく室内環境測定結果や空調機器故障履歴の確認と室内温湿度計測データの評価を行う。STEP2では性能評価・劣化診断の実施として、現地における調査や計測によって主要空調機器類の性能、劣化具合を評価する。STEP3では空調システムの改修検討を行う。これら全てのSTEPを実施した後、診断報告書を作成する。なお、今回作成した報告書ツールはSTEP1,2を対象としたものである。

## 4 報告書ツールの概要

### 4.1 診断報告書テンプレート

診断報告書テンプレートの作成にあたって、設計

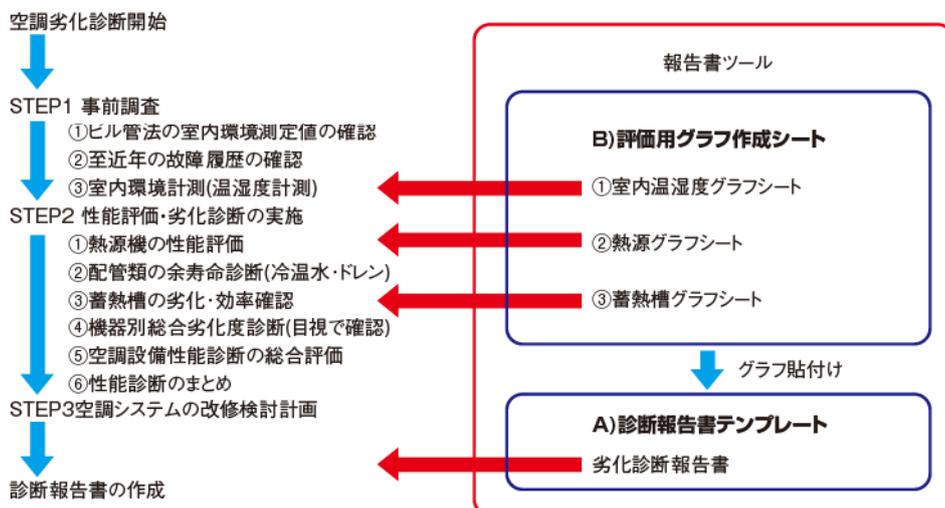


図1 空調劣化診断業務フローと報告書ツールの対応

技術開発室  
研究開発グループ  
／仲道 真也



部で過去に作成した劣化診断報告書を参考に、診断報告書の構成と内容を表1の1～9のように決定した。診断報告書テンプレートは1～9の項目別にExcelシートを作成している。なお、各シートの作成に必要な計測データ・写真・調査記録等は表2のとおりである。また、診断報告書テンプレートの一例として、6の熱源評価のイメージを図2に示す。

表1 診断項目の構成と内容

1. 表紙 診断報告書の表紙を作成する
2. 目次・施設概要 診断報告書の目次、診断目的、診断業務の概要、診断対象施設の概要を記載する
3. 性能診断まとめ 劣化診断業務の事前調査結果、性能評価結果を一覧でまとめて表示
4. 事前調査 ビル管法に準じた室内環境測定結果と空調設備機器の故障履歴を整理する
5. 室内環境評価 代表エリアの室内温湿度計測結果を基に室内温湿度環境を評価する
6. 熱源評価 熱源運転データを基に機器単体性能のカタログ値と実測値を比較し、機器性能の劣化状況を評価する
7. 配管余寿命評価 配管の腐食や詰まりが起こりやすい部分の余寿命を評価する
8. 蓄熱槽評価 蓄熱槽の内外部写真による定性的評価結果と、蓄熱槽廻りの温度計測データより蓄熱槽の利用状況を定量的に評価する
9. 総合劣化診断 外観目視による機器別劣化度評価と詳細診断を実施した空調設備総合評価結果をまとめる

表2 診断報告書構成と必要資料・データ一覧

シート名称	必要な資料・データ
表紙	建物外観写真
目次・施設概要	建物概要（建築・設備図面等）
性能診断まとめ	—
事前調査	ビル管法に基づく環境測定記録 設備故障・修繕記録等
室内環境	計測データ（室内温湿度）
熱源	熱源機能力線図（又は試験成績表） 計測データ（熱量、電力、外気温度等）
配管余寿命	放射線透過試験（X線撮影） 超音波厚さ測定調査結果
蓄熱槽	計測データ（槽内温度、蓄放熱量等）
総合劣化診断	機器毎の外観劣化状況の写真

#### 4.2 評価用グラフ作成シート

劣化診断報告書に添付する評価用グラフを効率的に作成するためのExcelシート（以下、グラフシート）を以下の評価項目に対して作成した。

- 1) 室内温湿度の適正度
- 2) 熱源の性能の劣化度
- 3) 蓄熱槽の利用状況の適正度

グラフシートでは、最大1ヶ月分の評価用データを処理できる。

##### (1) 室内温湿度グラフシート

室内環境の良否を判定するため、「室内温湿度満足率」という指標を定義した。

$$\text{温湿度満足率} [\%] = \frac{\text{温湿度とも評価範囲内データ数} [\text{個}]}{\text{評価対象全データ数} [\text{個}]} \times 100$$

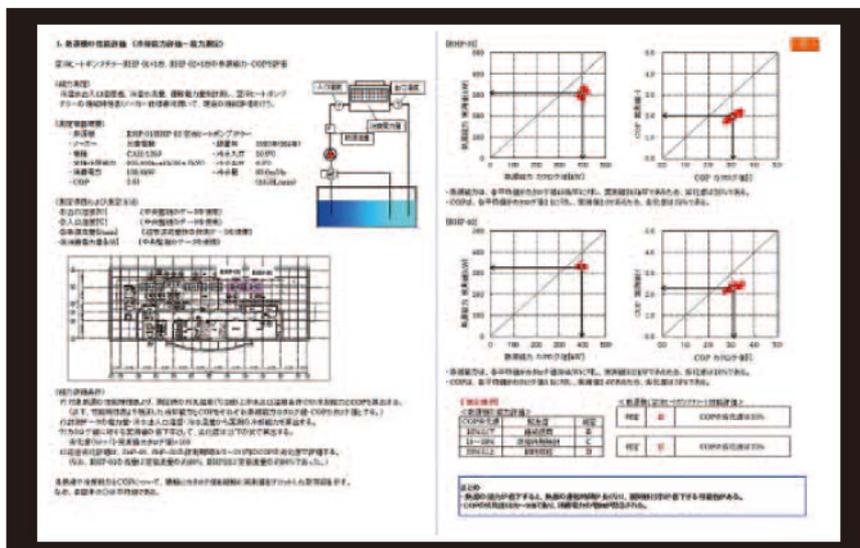


図2 診断報告書テンプレートの一例(熱源評価)

この指標は、評価エリア数・最大評価期間・計測時間間隔・評価対象時間を指定し、さらに、温湿度を良好と評価する上下限条件（評価範囲）を設定してから算出する。なお、土休日・欠損・異常データの除外は自動で行う。

温湿度の評価グラフは図3のような散布図で表示する。図中には、室内の温湿度データとそれらが適正範囲内であるかどうかを判断するための境界枠を併せて表示し、室内温湿度の状況を満足率の数値のみでなく、グラフでわかりやすく表現している。

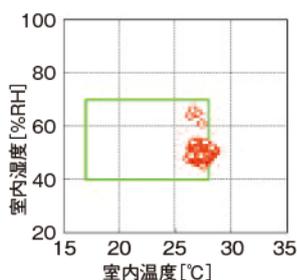


図3 室内温湿度満足率評価

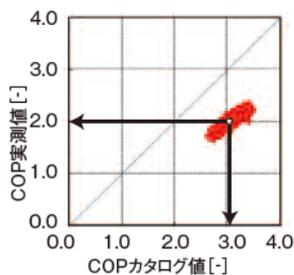


図4 熱源効率評価

## (2) 熱源グラフシート

熱源グラフシートでは、熱源性能の劣化度を以下の式で算出して評価する。

$$\text{劣化度}[\%] = \left( 1 - \frac{\text{実測COP}}{\text{カタログCOP}} \right) \times 100$$

実測COPは熱源の計測データを基に求めた現状の熱源COPである。カタログCOPは、機器のカタログ値を外気温と熱源の出口温度の実測値で補正して求めた値で、劣化のない基準性能である。ここで、COPは成績係数と言われ、熱源出力（熱源能力）を熱源入力（電力）で除した値であり、値が高いほど性能が良いことを示す指標である。なお、このシートは、蓄熱システム熱源の全負荷運転を前提としており、部分負荷運転時の評価には未対応である。

データ処理においては、評価結果の信頼性を高めるために、熱源停止時・熱源の起動時及び停止直前・デフロスト運転時を簡単な設定で自動的に除外できるようにしている。

熱源の劣化度の評価グラフは、図4のような散布図で表示する。図中の直線上に実測値がプロットされればカタログ値に等しいこと、つまり劣化していない場合を表し、同図の実測値（赤のプロット）のように直線より下部にプロットされれば、効率が低下していることを表す。また、グラフ内に全実測値の平均値（図中の○）をプロットし、熱源の劣化度を

明示できるように配慮した。

## (3) 蓄熱槽グラフシート

蓄熱槽の劣化状況は水抜き時に撮影した槽内写真やマンホール蓋を外して目視できる範囲の外観を確認して評価する。ただし、診断業務のSTEP3の改修計画の検討の事前情報として蓄熱槽利用状況を確認することが望ましいため、計測データに基づく「日単位の熱源電力量夜間移行率」と「日単位の蓄熱槽利用率」を評価し易くするグラフシートを作成した。

電力量夜間移行率は熱源の夜間運転状況の評価するため、以下の式を使って算出する。

$$\text{電力量夜間移行率}[\%] = \frac{\text{夜間の熱源消費電力量}[\text{kWh}]}{\text{一日の熱源消費電力量}[\text{kWh}]} \times 100$$

蓄熱槽利用率は、蓄熱槽が有効に活用されているかどうかを示す指標で、以下の式を使って算出する。

$$\text{蓄熱槽利用率}[\%] = \frac{\text{蓄熱槽利用熱量の日最大値}[\text{MJ}]}{\text{蓄熱槽効率100\%とした理想蓄熱量}[\text{MJ}]} \times 100$$

電力量夜間移行率及び蓄熱槽利用率の評価グラフの一例を図5、図6に示す。なお、電力量夜間移行率、蓄熱槽利用率の数値のみで蓄熱システムの利用状況の良否を判定することは難しいため、これらのグラフの他に代表日の蓄熱槽内温度プロフィールグラフと熱源電力量トレンドグラフも自動作成できるようにして、総合的な評価の一助となるようにした。

## 5 報告書ツールの試用

作成した報告書ツールの不具合や使い易さを検証する目的で、実際に劣化診断調査を行っていた建物にて、本ツールを試用した。H23年の夏期測定の結果の一部が前述の図3～図6のグラフである。

### 5.1 劣化診断結果

#### (1) 室内温湿度

節電対策の影響で室温設定値が高めに設定されていたため、図3に示すように全体的に室内温度が高かったが、評価範囲（ビル衛生管理法の基準範囲）にはほぼ収まっており、温湿度満足率は95.3%であった。他の計測エリアについても温湿度満足率は90%以上であったことから、室内環境に問題ないと判定した。

#### (2) 熱源評価

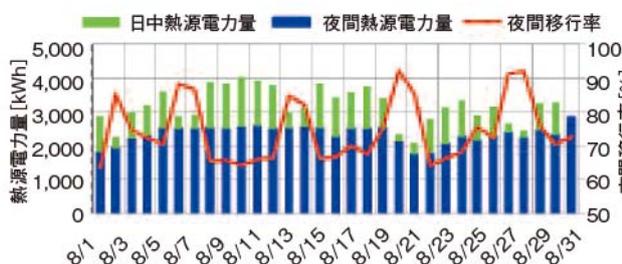


図5 熱源電力量夜間移行率

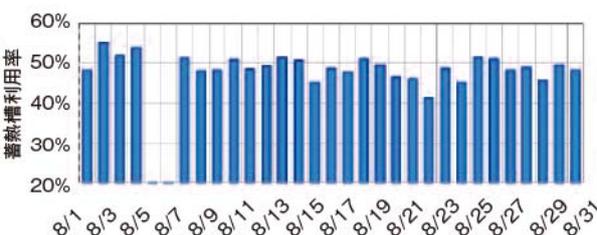


図6 蓄熱槽利用率

診断対象の熱源（空冷ヒートポンプ）2台の内1台は図4に示すとおりで、劣化度35%であった。別の1台も劣化度23%であり、これらから熱源のCOPの低下により消費電力の増加が懸念されるため、近々に熱源の改修を検討する必要があると判定した。

### (3)蓄熱槽評価

4.2(3)に示したように、蓄熱槽の劣化状況は蓄熱槽の内外観を確認して評価する必要がある。H20年に調査した時の蓄熱槽の内外部写真より、蓄熱槽内の配管への錆の付着及び槽内クラックの発生が確認された。したがって、蓄熱槽の改修が必要と判定した。

次に、改修計画検討における事前情報として、蓄熱槽利用状況を評価した。図5、図6より熱源電力量の夜間移行率は平日が約70%、休日が80~90%となり、蓄熱槽利用率は平均49%、最大で55%であった。蓄熱槽利用率から、蓄熱量にはまだ余裕があると思われるが、併せて作成した熱源電力量トレンドグラフより、平日午前中に追掛け運転を行っている状況が確認された。これについては、改修計画時において、制御の改良等を検討する必要がある。

### (4)その他の項目

今回の試用では、グラフシートを作成した項目以外についても診断を行ったので、結果のみ簡単に紹介する。STEP1の機器故障履歴確認では、同種類の機器で、同様な故障内容が同じ時期に頻発していたことから機器を更新する必要があると判定した。STEP2の配管余寿命調査では、専門業者の放射線透過試験、超音波厚さ測定の結果より残寿命がほとんどない配管や内部に孔食が見られる配管が確認されたため、配管の改修時期を検討する必要があると判定した。

## 5.2 報告書ツールの試用評価

報告書ツールを実際の診断業務に試用した結果、以下の点が確認できた。

- ・今回診断した建物の条件では、作成した2つのツールが不具合なく使用できた。
  - ・報告書に貼り付けるグラフをグラフ作成シートで容易に作成できることを確認した。これにより、作業時間の短縮が期待できる。
  - ・計測データから評価に適さないデータを確実に除外できた。
- 一方、以下の点で改善余地が残されている。
- ・評価用グラフ作成シートの評価結果が報告書に直接反映されない。(Excelファイルのリンク先が複雑になるため、グラフを手作業で直接貼り付ける仕組みとしている)
  - ・診断報告書テンプレート記入項目が増加した場合、レイアウトおよび印刷範囲の調整にやや手間がかかる。

## 6 おわりに

空調劣化診断の内容やまとめ方の統一及び診断業務の効率化を目的として、劣化診断報告書テンプレートと評価用グラフ作成シートの2つのツールを作成した。

また、作成した報告書ツールを実際の建物の劣化診断に適用し、不具合なく、効率的に作業が行えることを確認した。

今後は、本ツールを設計部及び支店で活用していただくとともに改善要望等を集約し、より使いやすく改良していく予定である。

以上

# 有機性排水処理におけるDHSの適用性に関する研究

## 1 はじめに

技術開発室では、環境分野における技術力強化に寄与する研究開発に取り組んでおり、その1つが本稿で紹介する排水処理技術である。様々な事業場から排水が排出されている中で、ターゲットとして注目しているのが、1日当たりの平均排水量が50 m<sup>3</sup>未満の中小規模事業場が排出する有機物を含む排水（有機性産業排水）である。この規模の事業場は、これまでは排水の規制を受けなかったが、香川県でうどん産業に関連する事業場に対する規制が制定されたように<sup>1)</sup>、規制強化の動向がある。また、中小規模の事業場は国内に11万件以上存在する<sup>2)</sup>ため、今後規制が強化されれば、大きな市場規模になると考えられる。

大規模な有機性排水処理を必要とする事業場では、一般的に微生物によって排水中の有機物を分解除去する処理手法（生物学的処理手法）が導入されている。そして、中小規模の事業場には、多くの場合、大規模排水処理向けの手法をスケールダウンして用いられているが、高い設備費や運用費、メンテナンスの手間等が問題視されており、最適な排水処理手法が確立されているとはいえない。

水処理システムメーカーへのヒアリング調査では、平均排水量50 m<sup>3</sup>/日未満の事業場において、食品産業排水の処理設備に対しては景気後退に直面していても根強い需要があるという見解が得られた。これは、排水を適切に処理することで近隣の環境に及ぼす影響を削減し企業イメージを保つため、また、企業の環境意識が向上したためと考えられる。また、排水処理装置を保有する事業場を対象とした排水処理装置に関する課題調査で、メンテナンスやランニングコストが主な問題として挙げられており、ランニングコストが安価で維持管理が容易な処理装置に対するニーズが高かった。

以上より、当社の排水処理分野の技術力を強化するためには、有機性産業排水に適用可能な、高性能かつ低コスト、管理が容易な独自の処理技術の開発が重要であると考えた。

本研究では、上記の排水処理技術の開発が見込める手法として、下降流懸垂型スポンジ法（Down-flow Hanging Sponge : DHS）に着目し、性能評価のための実験等を行っている。これらについて現在までに得られた結果の一部を概説する。

## 2 DHSのメリット

DHSは図1に示すような気体（従来法は空気）中に吊り下げたスポンジの上から排水を散布し、スポンジ内を流下させる間に酸素を溶解させ、有機物を生物的に処理する手法である。スポンジ内部には、排水中の有機物を酸化分解する機能を持つ微生物を含む泥状の物質（汚泥）が多く付着しており、微生物と排水とが接触する事によって有機物が分解され、排水が浄化される。また、スポンジ表面には、ゼラチン状の微生物などのかたまり（生物膜）が形成され、この表面に有機物を吸着して分解する。

DHSは、一般的な処理方法である標準活性汚泥法と比較して以下の点をメリットとして期待できる。

### ①エアレーション動力不要

排水中の有機物を微生物によって効率的に分解除去するためには、水の中に溶けている酸素（溶存酸素）が必要であり、一般的な生物学的処理手法では、排水を処理している水槽（処理槽）中に空気の泡を吹き込んで（エアレーション）排水に酸素を溶解させている。エアレーションには多大な動力が必要であることから、処理コストがかかってしまう。一方、DHSは、排水が空気と触れあっていることから、排水が空気中の酸素を取り込みながらスポンジを流れるため、エアレーション動力が不要となり、低コストとなる。

### ②維持管理が容易

標準活性汚泥法では、汚泥や処理槽の状態について細やかな維持管理が必要である。これは、処理の状態が悪くなると、処理された水と共に汚泥が系外に流出してしまい、処理能力が悪化する場合があるためである。DHSは汚泥がスポンジの微細な網目構造の内部に保持されることから、汚泥の流出が比較的起こりにくく、上部から排水を流すという簡単な操作によって処理が行われる。

### ③余剰汚泥発生量の削減

標準活性汚泥法であれば、処理した全有機物量の半分程度が余剰汚泥（※有機物の分解過程で処理槽内に増殖した汚泥のうち、槽内の汚泥濃度を一定に保って処理水質を維持するために引き抜く汚泥）として処理系外に放出される。この余剰汚泥は、産業廃棄物として廃棄されるので、その削減を図るには、処理槽内に存在する微生物あたりに供給する有機物量が少ない状態を形成し、汚泥の中

技術開発室  
研究開発グループ  
／高石 有希子



の微生物同士がお互いを栄養分として共食いするような現象（自己消化）を促進させる事が必要である。

DHSでのスポンジ単位体積あたりに保持されている汚泥濃度は、標準活性汚泥法の汚泥濃度の10倍以上の値になる<sup>3)</sup>事が報告されているように、一般的な処理法での水槽単位体積あたりに存在する汚泥濃度に比べて多い。このため、同じ量の有機物を処理する場合は、DHSの方が自己消化が促進される環境が形成されやすい。この結果、余剰汚泥の発生が抑制され、余剰汚泥処理費も削減される。

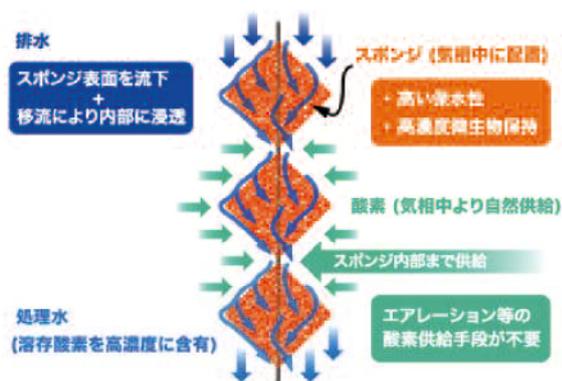


図1 DHSの仕組み

### 3 空気供給DHSの処理性能検証実験

前節の特徴から、DHSは、中小規模の事業場における有機性産業排水処理手法として適応可能な手法と考えられた。しかし、DHSは有機物濃度が産業排水よりも希薄な下水の嫌気性処理の仕上げ処理手法として発明された比較的新しい技術であり、各種排水への適用性を判断するためのデータが少ないことから、処理性能に関する知見の蓄積が必要であると考えられた。そのため、本研究では、従来法である空気を供給するDHS（以下、空気供給DHS）の産業排水への適用性を評価した。また、当社独自の処理手法開発のため、供給する気体を空気から酸素に変更したDHS（以下、酸素供給DHS）(特許出願済)についても検証を行った。

#### 3.1 実験概要

DHS実験処理装置（以下、リアクター）の概略図と実験装置写真を図2に示す。供給した排水は、水中の有機物濃度の指標である生物学的酸素要求量（BOD）が600 mg/L程度の食品系工場実排水で

あり、リアクター上部から下部へ過型で流れる。この実験では、設計したリアクターが処理可能な最大負荷を評価するため、排水がリアクター内に留まる時間（水理的滞留時間：HRT）を短縮することでリアクターにかかる有機物負荷（流量）を増加させて、処理水の挙動を確認した。また、実験開始から269日目まではリアクター周辺温度を20℃に制御し、その後520日目までは実機の屋外設置を想定して温度制御なしの条件とした。

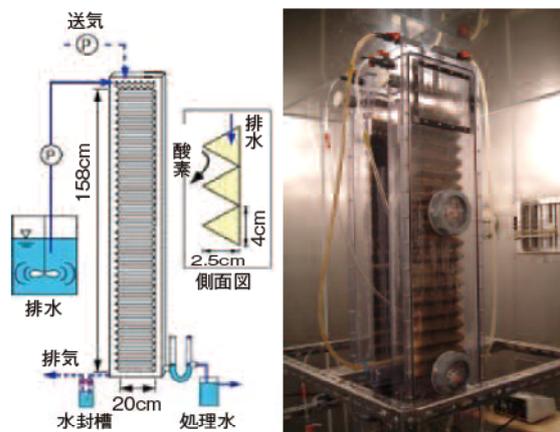


図2 リアクター概略図（左）と実験装置写真（右）

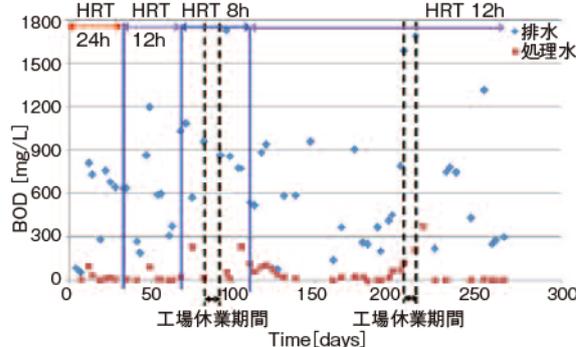


図3 リアクター周辺温度20℃での空気供給DHSリアクターにおける排水と処理水のBODの経日変化

#### 3.2 実験結果および評価

##### (1)排水処理性能

リアクター周辺温度を制御した際の排水と処理水のBODの経日変化を図3に示す。本実験では、処理水のBODの目標値を愛知県条例で規定された水質上乘せ基準の最も厳しい値である20 mg/L以下（日平均値）に設定し、HRTは、24 h、12 h、8 hと変化させた。リアクターに流入させた排水は工場の排水貯水槽から採取した実排水であったことから、日によって流入排水の濃度にばらつきが生じた。このため、HRTが24 h、12 hの期間において、流入排水のBODが想定条件の

400～600 mg/Lを超過して急激に上昇した際は処理水質が悪化したが、それ以外では目標値を満足する良好な処理水質となることが確認できた。HRTが8 hの期間においては、処理水質の変動幅が大きく、安定した処理が行われる傾向が確認できなかったことから、空気供給DHSで安定した処理が期待できるHRTの条件は12 h以上であると判断した。

次に、運転270～520日目において、温度が処理性能へ与える影響を確認するために、HRTを12 hに固定した状態で温度制御を行わずに処理を行った。処理水温と排水・処理水のBOD・流入排水の想定条件である排水を処理した際の除去率の関係を図4に、活性汚泥法の温度補正の実用式から算出した活性汚泥の有機物分解速度と水温の関係<sup>4)</sup>を図5に示す。

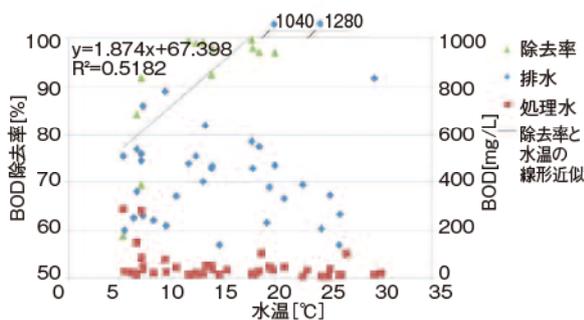


図4 処理水温と排水・処理水のBOD・流入排水の想定条件である排水を処理した際の除去率との関係

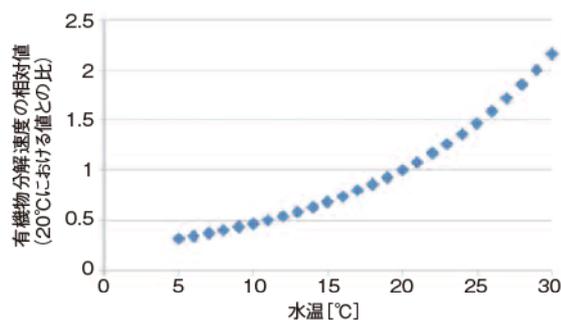


図5 活性汚泥の有機物分解速度と水温の関係<sup>4)</sup>

実験は夏から冬にかけて実施し、得られた処理水の温度は、30℃ から5℃ 前後まで変化した。微生物による排水処理の性能は水温の影響を受けることが知られており、一般的に有機物分解速度は、微生物の活動に適した温度範囲内において、温度が高いほど増大し、温度が低いほど減少する。本実験においても、図4のとおり全期間において概ね良好な水質を得ることができたが、温度の低下に伴い、処理水のBODの値が上昇する傾向が確認された。

この点について、流入排水の濃度変化の影響を除いた状態で評価を行うために、流入排水の想定条件であるBODが400～600 mg/Lの排水が流入した時に得られたBOD除去率と水温との関係を調べた。その結果が図4の近似線である。図5に示す活性汚泥の有機物分解速度は、水温が20℃ から5℃ に低下した際は約70%低下するが、本実験の結果から得られた近似線では、水温が5℃ に低下した際の除去率の低下は20%程度であった。なお、ここでは、HRTと流入する有機物濃度がほぼ同じであれば、有機物分解速度と除去率は比例すると考える。これより、DHSは活性汚泥法と比べて、低温条件下においても処理性能が低下しにくいと考えられた。これは、DHSの汚泥濃度が高く、汚泥当たりにかかる有機物負荷が少なくなることから、水温が低下した時でも有機物を分解できる余裕ができるためだと推測される。

## (2) 余剰汚泥量と汚泥濃度

今回の実験では、リアクターのサイズが小さいため余剰汚泥発生量の厳密な評価は出来ないが、リアクターから一度も汚泥を引き抜かず処理を行うことができた。他の生物学的処理手法において、分解された有機物量のうちの余剰汚泥となる割合を挙げると、標準活性汚泥法では約50%<sup>5)</sup>と言われており、膜分離活性汚泥法(MBR)では約20%程度という実測データが示されている<sup>6)</sup>。なお、MBRは標準活性汚泥法の処理槽内に膜分離装置を設置し、沈殿槽を省略して処理性能向上と処理システムの小型化を実現させた手法である。また、今回運転したDHSリアクターのスポンジ中に付着した汚泥濃度は、約16 g-VSS/L-sponge(※VSS:水中の微生物等の有機性固形分を指す)であった。なお、他の生物学的処理手法における汚泥濃度は、標準活性汚泥法で1.5～2 g/L<sup>5)</sup>、MBRで8～15 g/L<sup>7)</sup>である。

DHSリアクター内にはスポンジが充填されている部分と空気が存在する空間部分とがあり、標準活性汚泥法やMBRの様に処理槽内が全て水で満たされているわけではない。よって汚泥濃度として表現されるのは、DHSではスポンジ容積当たり付着している汚泥であるのに対し、他の2つの手法では水の容積当たり含まれている汚泥と異なることに留意しなければいけないが、汚泥が保持されている部分のみで比較するとDHSは汚泥濃度が高い事が分かる。汚泥濃度が高いと自己消

化が促進されやすくなることから、本実験で汚泥を一度も引き抜かずに処理が行われたのは、汚泥が保持された部分における汚泥濃度が高く、リアクター内部で余剰汚泥が削減されやすい環境が形成された可能性が高いためと考えられる。

### (3)処理槽容積

生物処理装置の処理槽容積を計算するためには、処理槽単位容積当たり、1日当たりどの程度の有機物を処理出来るか示す値(容積負荷)が必要になる。この値が大きいほど処理槽サイズを小さくできる事を示している。そこで、目標とする処理水質が得られるような空気供給DHSリアクターの容積負荷の値を今回の実験結果から確認することとした。

リアクター周辺温度20℃である運転0~269日目のBOD基準の容積負荷と、処理水のBODの関係を図6に示す。これより、HRTが12 h以上、容積負荷が約1.3 kg-BOD/m<sup>3</sup>-sponge/日以下でリアクターを運転した場合、BODが20 mg/L程度の水を得ることができると推察された。BODが20 mg/Lを超える場合もあるが、この理由は、リアクターに流入する排水の濃度の変動が大きかったり、スポンジ表面の生物膜が剥離したりしたものと推測する。これらを防ぐためには、リアクターの前に設置する流量調整槽で濃度の均一化を行い、また、リアクターの後段に簡単な沈殿槽や固液分離装置を設置する必要があると考えられる。

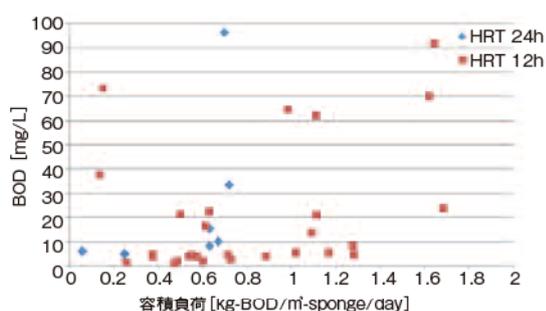


図6 リアクター周辺温度20℃における容積負荷と得られた処理水のBODの値の関係  
(容積負荷 2 kg-BOD/m<sup>3</sup>-sponge/日以上、BOD 100 mg/L以上は除いた)

今回実験で使用した形状のスポンジを使用した既存の規規模DHSリアクターにおけるスポンジ充填率(※リアクター内部容積のうちスポンジが占める容積の割合)は、24.7%であった<sup>3)</sup>。この値をふまえ、処理が安定して行われた際のリアクター全体の容積負荷を計算すると0.3 kg-BOD/m<sup>3</sup>-reactor/日程度になると推定された。他の生物学的処理手法で食品系工場向けの装置設計時に用い

られている容積負荷は、標準活性汚泥法では0.6 kg-BOD/m<sup>3</sup>-reactor/日<sup>9)</sup>、MBRでは1.0 kg-BOD/m<sup>3</sup>-reactor/日<sup>9)</sup>である。空気供給DHSと他の処理手法とで容積負荷の値から処理槽の大きさを比較すると、空気供給DHS、標準活性汚泥法、MBRの順に小さくなる。既存の生物処理装置よりも小型の処理装置開発のためには、現時点における空気供給DHSだけでは達成が難しく、空気供給DHSの処理性能をより向上させる工夫が必要であることが明らかとなった。

## 4 酸素供給DHSの処理性能検証実験

次に、DHSのメリットを更に生かせる独自手法として考案した酸素供給DHSの効果を検証した。この手法は、装置内に高濃度酸素を供給する事で排水中に溶け込む酸素の量を増やし、処理効率を高めて装置小型化を図る手法である。

### 4.1 実験概要

実験に使用したリアクターは、空気供給DHSの実験と同じとした。供給した排水は、実排水で見られたBODの変動による処理への影響を少なくするため、豆腐工場排水を模擬した豆乳希釈排水(BOD 600 mg/L程度)を用いた。リアクター周辺温度は20℃に制御した。

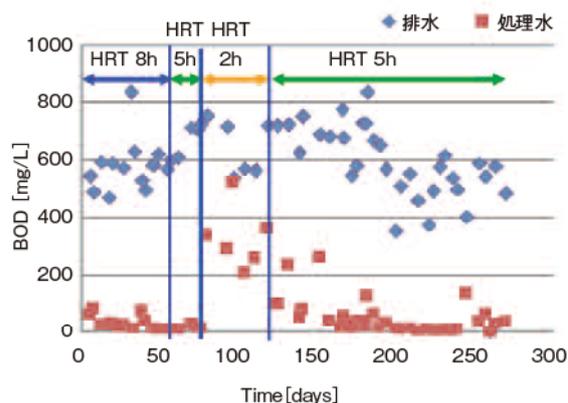


図7 酸素供給DHSリアクターにおける排水と処理水のBODの経日変化

### 4.2 実験結果及び評価

本実験は空気供給DHSの実験と同様に、処理水のBODの目標値は20 mg/L以下(日平均値)とし、HRTは、空気供給DHSでは良好な処理性能を得られなかった8 hを初期条件とし、その後5 h、2 hと変化させた。排水と処理水のBODの経日変化を図7に示す。この結果より、この排水に対しては、

HRTが5 h以上であれば処理が安定して行われる可能性が高いと考えられた。ただし、HRTが2 hで処理が悪化してから、HRTを5 hに延長した際に処理性能が回復するまで80日程度かかり、空気供給DHS (HRTを5 hから8 hに変更後、20日程度で回復) 以上に時間を要した。よって、処理が良好に行える範囲の負荷の上限を把握する必要がある。また、HRTが5 h以上の条件でも、生物膜や排水に含まれている固形分のかたまりが過剰に成長すると、排水がスポンジ以外の所を流れてしまい、微生物と排水との接触が悪くなって処理水質が悪化する事があった。この点に関しては、課題として対策を検討中である。

処理が安定して行われた時の容積負荷は、実規模DHSリアクターの充填率24.7%を適用すると、最大0.65 kg-BOD/m<sup>3</sup>-reactor/日程度となった。これより、酸素供給DHSの処理槽サイズは、MBRよりは大きい、標準活性汚泥法よりは小さくなる可能性が高い。

更に、空気供給DHSでは、ハエの発生という衛生面での課題が生じていたが、酸素供給DHSでは、ハエの発生が抑制される様子が確認され、課題が解消される可能性が示唆された。

## 5 イニシャルコスト・ランニングコストの試算

空気供給DHS、酸素供給DHS、そして標準活性汚泥法、MBRとで、処理する排水のBODが400 mg/L、平均排水量が50 m<sup>3</sup>/日の事業場で排水処理を行う装置について、イニシャルコスト、ランニングコスト、および総合コスト(イニシャルコストと装置償却年数を15年としたランニングコストの合計金額)を試算した。標準活性汚泥法におけるそれぞれの金額を基準とした場合の各手法の相対的な比較結果を表1に示す。イニシャルコストの試算では、酸素供給DHSは標準活性汚泥法よりも処理槽サイズが小さく、またMBRで必要となる膜分離設備が不要なことから、装置全体は安価になると考えられた。また、ランニングコストの試算では、エアレーションが不要かつ汚泥の発生が抑制される点から、MBRよりも安価で標準活性汚泥法と同程度となった。

総合コストでは、酸素供給DHSは、標準的な設計においては、他の手法と比べて優位性があると考えられる。ただし、今回の試算結果は概算である

ため、調査・試算を継続し、より精度を高める予定である。

表1 コスト試算結果

	標準活性汚泥法	MBR	空気供給DHS	酸素供給DHS
イニシャルコスト	1	1.1	1.2	0.7
年間ランニングコスト	1	1.8	0.6	1.1
総合コスト	1	1.3	1.1	0.8

## 6 おわりに

有機性排水に対するDHSの適用性に関して評価を行った結果、空気供給DHSでは、食品系工場実排水に対し、良好な処理が可能であることが確認された。しかし、年間のランニングコストが安価になる一方、装置サイズが大きくなってしまいうことから、更なる工夫が必要となった。そこで、酸素供給DHSを考案し、効果の検証を行ったところ、処理能力が2倍以上に向上した。また、イニシャルコストとランニングコストを総合して検証した結果においては、他の排水処理手法より経済性で有利となる見込みが得られた。以上から、酸素供給DHSが有機性排水処理に対して適用性が高いと考えている。

今後は実験室サイズからスケールアップした装置での処理実験に向けて、実験室での酸素供給DHSの排水処理実験を継続して行い、処理性能の向上のための知見を蓄える予定である。

### 謝辞

本研究は、独立行政法人国立高等専門学校機構岐阜工業高等専門学校との共同研究によって得られた成果です。この場を借りて御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 香川県環境森林部：香川県生活環境の保全に関する条例の改正について
- 2) 環境省 水・大気環境局水環境課：平成22年度水質汚濁防止法の施行状況
- 3) 大久保 努ら：土木学会論文集G Vol.64, No.2, 187-195(2008)
- 4) 吉川 二三隆ら：わかりやすい水処理設計
- 5) 三好 康彦：汚水・排水処理の知識と技術

- 6) 環境省：平成16年度 環境技術実証モデル事業 小規模事業所向け有機性排水処理技術分野 (株)クボタ 膜分離活性汚泥法 実証試験結果報告書
- 7) 下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン[第1版]:  
<http://www.mlit.go.jp/common/000046580.pdf>
- 8) 環境省：平成15年度 環境技術実証モデル事業 小規模事業所向け有機性排水処理技術分野 アムズ(株) 油脂分解菌を用いた油脂含有排水処理装置 実証試験結果報告書

# 愛知大学名古屋校舎(ささしま)新築工事(第1期)電気設備工事

## 1 はじめに

『ささしまライブ24地区』は、名古屋市が「国際歓迎・交流拠点の形成」、「にぎわいのある複合型まちづくりの推進」をコンセプトに、開発を推進している地域である。

愛知大学は、国際文化大学を目指す中部地区を代表する大学であり、同校の建学の精神と名古屋市が掲げる開発コンセプトが合致したことから、同地区に愛知大学の新しいキャンパスが計画されることになった。



写真1 ささしまライブ全景(構想)

名古屋駅ささしまライブ24地区整備計画



- ①愛知大学  
(講義棟・厚生棟 2012年開校)
- ②愛知大学  
(本館(研究棟) 2015年開校予定)
- ③JICA中部国際センター
- ④Zepp Nagoya(ライブホール)
- ⑤ラバーモささ(シネマ、フットサルなど)
- ⑥(仮称)グローバルゲート
- ⑦中京テレビ放送株式会社 新社屋  
(2016年度施工予定)
- ⑧(仮称)ロイヤルパークスささ(2015年施工予定)

図1 ささしまライブ地区整備計画図

新キャンパスは、本館(研究棟)・講義棟・厚生棟の3棟からなり、第1期工事として講義棟と厚生棟の2棟が建設され、残る本館は第2期工事で完成の予定である。

当社は、講義棟、厚生棟および両棟の間に設けられたキャンパスモールなどの電気設備全般の他、特別高圧電力受電設備などを施工した。

## 2 工事概要

- 建物名称： 愛知大学 名古屋キャンパス
- 所在地： 名古屋市中村区平池町4-60-6
- 発注者： 学校法人 愛知大学
- 建築面積： 7,587.37㎡
- 延べ面積： 62,708.90㎡
- 階数： 講義棟 地上11階 地下1階  
厚生棟 地上10階 地下1階
- 工期： 平成22年3月～平成24年3月
- 設計監理： (株)日建設計
- 当社施工範囲： 特高受電設備  
： 高圧変電設備  
： 非常用発電機設備  
： 直流電源設備  
： 接地・雷保護設備  
： 幹線・動力設備  
： 電灯・コンセント設備



写真2 愛知大学 名古屋キャンパス外観

## 3 建築概要

図2右の「講義棟」には、30人～600人規模の大小様々な教室やICT環境・AV機器の整った教室の他、フードコート・店舗などが入り、図2左の「厚生棟」には、アリーナ(体育館)をはじめ各種体育施設や図書館、レストランなどが入る。

2棟の間には、大きなガラス屋根に覆われた歩行者空間「キャンパスモール」が設置されている(幅約18m 奥行き約100m)。

地下は、熱供給事業会社の運用する地域冷暖房プラント施設、駐車場になっている。

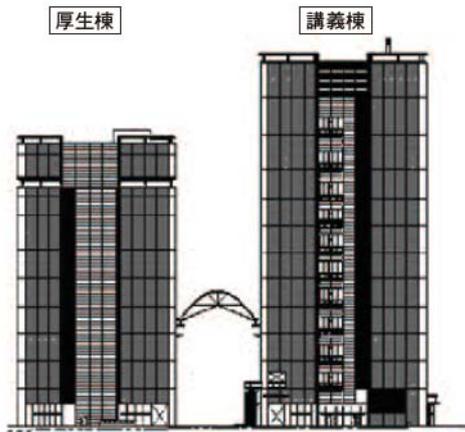


図2 建物全体

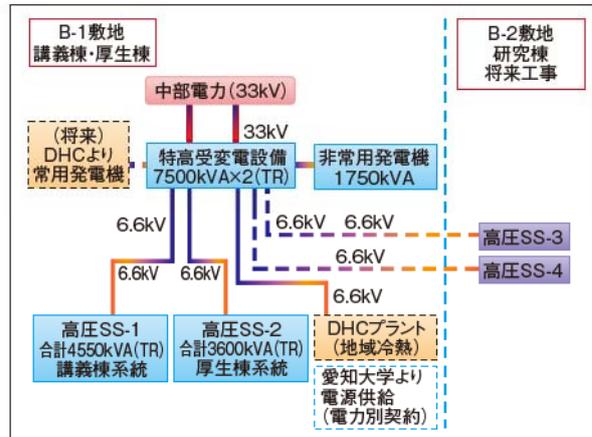


図3 受変電設備系統

## 4 電気設備概要

受変方式は、地中引き込み、特別高圧33kVであり、電源供給の信頼性確保のため、2回線（本線・予備線）を採用した。

地下1階に特高電気室を設置、特別高圧変圧器7.5MVA×2基にて6.6kVに降圧し、第一（講義棟用）、第二（厚生棟用）の各高圧電気室、地域冷暖房プラント設備（DHC）に供給する。

特別高圧変圧器は、将来増設される第三、第四電気室（共に本館用）を見越した容量とした。

（図3）、（写真3）

災害時に本施設が地域の防災拠点（一次避難場所）になることを考慮し、非常用発電機を長時間運転させるため、燃料タンクを別置き、地下埋設とした。

### ① 特高受変電設備（写真3）

- ・ 3Φ3W33kV 2回線受電（地中引き込み）
- ・ 33kV GIS 2CB 1VCT バイパス付
- ・ 主変圧器 33kV/6.6kV  
7.5MVA×2基

### ② 高圧受変電設備

- ・ 第一電気室（講義棟 設備容量 4,550kVA）
- ・ 第二電気室（厚生棟 設備容量 3,000kVA）

### ③ 非常用発電機設備

- ・ 長時間型ガスタービン発電機設備 1台
- ・ 6.6kV3Φ3W 1,750kVA
- ・ A重油 地下タンク 8,000リットル  
燃料小出槽 1,950リットル  
12時間運転可能



写真3 特高受変電設備

### ④ 照明設備

照明設備は省電力タイプを主体とし、センサーによる自動調光・点滅・スケジュール点灯などの照明制御を行っている。また、ダウンライト、外部照明にLED照明を採用し、施設全体での省エネ化を図った。

一方、照明による空間演出にも配慮し、ホール廻りの照明をランダムに配置する事で、のびのびと気持ち良く過ごせる空間を演出した。



写真4 ホールラウンジ廻り

## 5 3Dコンピュータグラフィックシミュレーション

キャンパスモールは2棟の建物間に位置しているため、講義棟、厚生棟からの漏れ光の影響を受ける。その光を考慮した、モール部分の空間演出を、3D-CGシミュレーションを用いて検証した。

3D-CGシミュレーションでは以下のようなことを検証することが出来る。

- ・3D空間で教室等窓からの光の漏れを含めた照明効果のシミュレーション
- ・空間照度分布等検証したい照明効果を角度・方向、また実際に歩いて見えるような3Dアングルでの照明効果のシミュレーション
- ・照明のシーン（点滅パターン）を照明器具ごとに点滅設定を行い、光の演出をシミュレーション
- ・特定メーカーが提供している、実際の照明器具データ（配光曲線等）をソフトに取り込んだ、実際に近い照度分布のシミュレーション

講義棟、厚生棟の部屋の明かりがキャンパスモールのガラス屋根から漏れてくる光と、屋外のLED照明配置による光による空間演出を、パターンを変えて立体的な空間照度分布イメージを作成し、検証した。

完成した時に近い状態の光の演出を検証でき、キャンパスモールのイメージにふさわしい空間演出を構築する事が出来た。

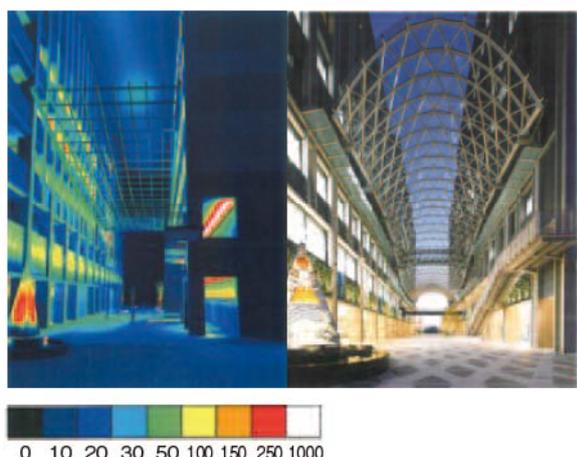


写真6 キャンパスモール照明の3D-CGシミュレーション

## 6 カラーユニバーサルデザイン(CUD)

多様な利用者を想定して、施設内のサイン等には、カラーユニバーサルデザイン※(CUD)が取り入れられている。

※色覚の個人差を問わず、できるだけ多くの利用者に正確に情報が伝わるよう色使いに配慮したデザイン。



写真7 CUDを取り入れた施設内のサイン

電気設備についても、日々管理、監視するグラフィックパネル（写真8）や、中央監視設備の液晶モニター表示にユニバーサルデザインを取り入れており、デザインの検討には、数種類のサンプルを作成し、容易に見分けが出来るような色合いを採用した。

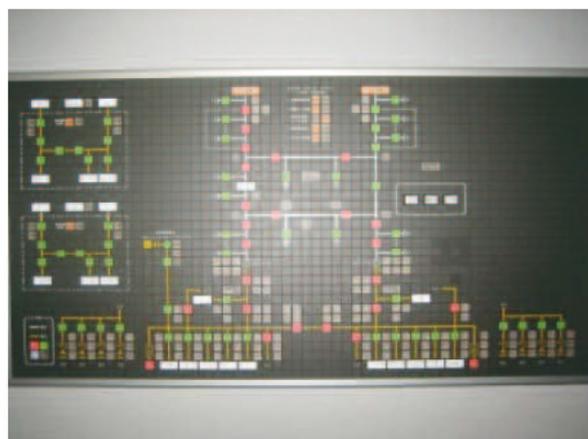


写真8 CUDを採用したグラフィックパネル

## 7 ノイズ対策

今回、インバーター機器の制御盤に対して空間ノイズ等電磁障害を盤外に極力出さないような盤構造を採用した。

- ・ 開口部の隙間をEMCシールド材（シールドフォーム、導電粘着テープ、導電性マスキングテープ）で塞ぐ（図6）
- ・ ルーバー（換気ファン）の開口部にシールドフィルター付を採用
- ・ のぞき窓にシールドガラスを採用
- ・ ラジオノイズフィルタ、ラインノイズフィルタ内蔵のインバーターの採用

に感謝と誇りの気持ちを持って、今後も努力していきたい。

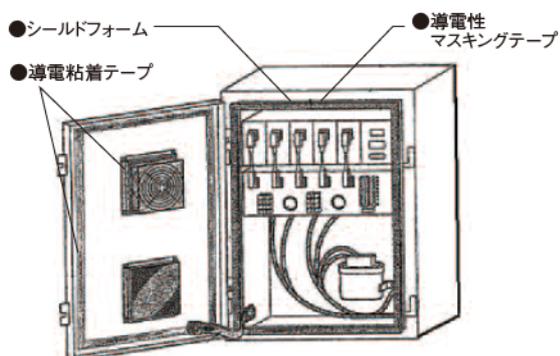


図6 ノイズ低減対策

## 8 おわりに

今年4月、愛知大学 名古屋キャンパスが開校を迎えた。

キャンパスの入り口には愛知大学出身の日本画家・平松礼二氏による新キャンパス記念モニュメント「愛の塔」（愛知大学のイニシャル「A」を示している三つの三角形からなる塔）（写真9）が新しい愛知大学を象徴するシンボルとして、設置された。



写真9 愛の塔

このシンボルのごとく、「愛」をもって社会へ貢献する愛知大学の建設に携わることができたこと

# 海外研修報告

## 1 はじめに

教育センターでは、社内各部門の社員教育を実施する一方で、技能五輪選手（電工職種）の養成をしています。私は指導員として、当社のチームを日本一にするべく選手を指導しています。この度、海外事業部の要請に基づき、技能五輪スタッフの6名が3班に分かれて海外現場で研修を受ける機会があり、私はタイ王国の現場へ派遣されました。初めての海外現場で心に残った事や目に映った事を以下に報告します。

## 2 研修概要

派遣期間：平成24年1月10日  
～4月10日(3ヶ月間)

派遣現場

- ・建物用途：日系の製造工場
- ・所在地：タイ王国チョンブリ県シーラチャ
- ・敷地面積：約100,000㎡
- ・延床面積：約32,000㎡
- ・構造：S造+RC造
- ・階数：事務所棟：1階  
工場棟：1階（一部2階）  
倉庫棟：1階

開発棟：2階

外部付属棟：1階

工期：平成23年6月～平成24年7月

## 3 研修内容と職務

タイ王国は昨年、大水害に見舞われ、当初は水害復旧応援部隊として送り込まれました。しかし、着任時には水害復旧工事がほぼ収束していたため、繁忙を極める件名工事の現場に入る事になりました。

この研修は、単に現場経験を積むだけでなく、海外という文化、言語、生活の異なる環境に身を置く事で、自ら考え行動し解決する精神力の養成をする事を目的としています。

派遣先の現場では、主に空調・衛生工事の担当者としての業務（工程管理、品質管理、ワーカー（現地人作業員）の作業チェック）の研修を受けながら、ローカルスタッフ（現地人担当者）のサポート業務に従事しました。現場の施工体制を図1に示します。

## 4 現地作業者の特性

現地作業者の特性について、気付いた事を表1に示します。

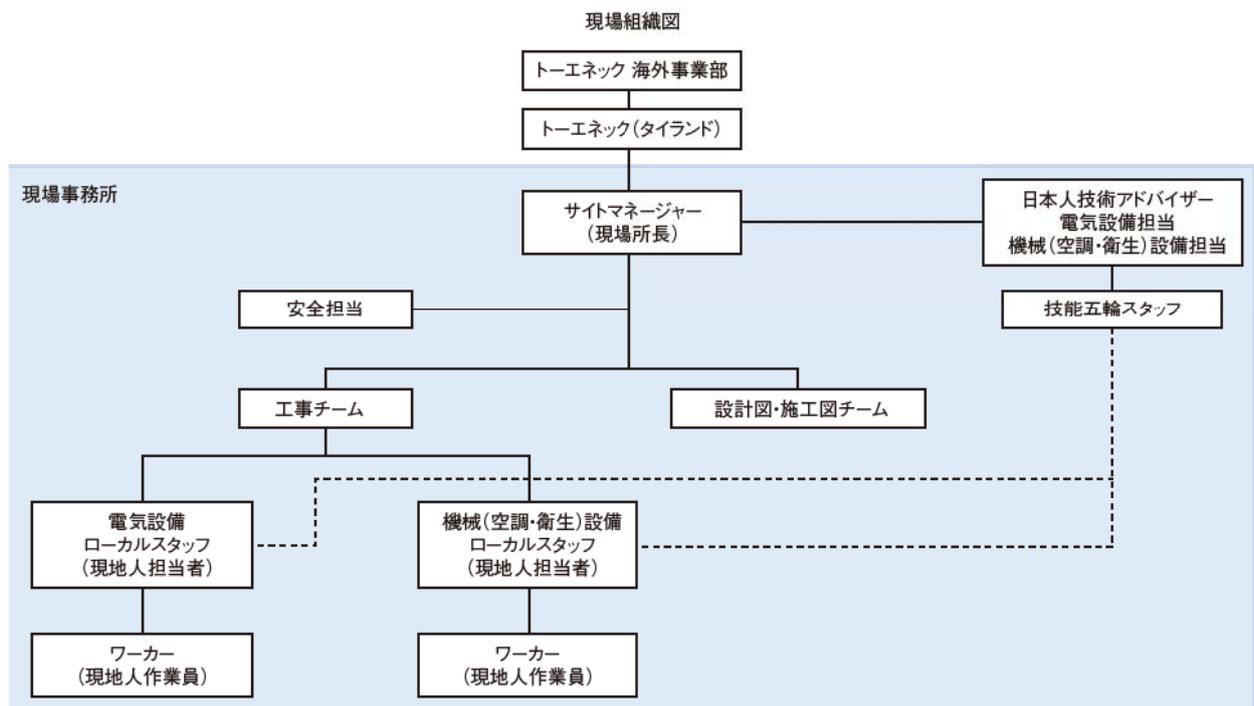


図1 現場の施工体制



表1 現地作業者の特性

項目	現地	日本国内<参考>
作業者の性別	業種により異なるが、作業者全体の約半数が女性であり、資材運搬、清掃、片付け等の軽作業を担当している。タイでは一般的に男性より女性の方が働き者である。	作業者のほとんどは男性である。
機材や重機の使用	人件費に比して、機材や重機が高価なため、人海戦術で施工する傾向がある。	人件費が高いため、機材や重機などを駆使して省力化し、短期で施工する。
手持ち工具の有無	通常、ワーカーは工具、腰道具を持参していない。必要最低限の工具を共用で使用している。	作業者一人一人が、各々腰道具を持っている。
工程管理	一般的にローカルスタッフの工程に対する観念が薄く、遅れる事が多い。	工期に間に合わせるよう、最大限努力する。
図面の理解	ローカルスタッフ、ワーカーは図面は理解できるものの、図面に従わずに自分勝手な施工を行う事がある。	図面に従ってきっちり進めていく。
作業手順	①ワーカーは一般的に作業可能な所から片っ端に取付け、後から調整をしていく。手戻りになる事が多い。 ②ローカルスタッフは工程遅れが判っていても、解決しようとしない。(仕事に対する責任感が低いと思われる) ③ワーカーは一つの作業が完了していても、気分次第で次の仕事に移る。手戻り工事となる。	①他工程を考え、手戻りの無いように確実に取り付けていく。 ②後々の事を考え、工程遅れの問題が肥大化する前に解決しようとする。 ③一つの作業を完了させて次の作業に移る。
気質 その他	①給料をもらう人(社長など)以外の言う事は聞かない場合がある。 ②監督者(日本人又はワーカーの給料を決定する権限のある者)の前では作業していても、目を離すと怠ける者が多い。また、勝手に帰宅してしまう者もいる。	



写真1 排水配管を設置するワーカー



写真2 鉄筋スパーサーを作る女性ワーカー

## 5 安全管理について

当該現場は日系の建設会社が統括しているため、安全に対する教育、並びに毎朝のKY等は徹底していました。しかし、暑いからという理由によって現場内でヘルメット、安全帯を外してしまう作業者を多数見かけ、毎日のように注意しました。また、作業手袋を持たず、殆どの作業者はほぼ素手であり、指導に苦労しました。



写真3 KYミーティングの様子

## 6 ローカルスタッフ・ワーカーとのコミュニケーションについて

- 通訳を介してローカルスタッフやワーカーと会話をするのには、日本人同士の会話より、数倍の時間がかかる。
- 通訳には“伝えたい事だけ”を話すより、“伝えたい事の周辺状況や前後の事情など”を含め、自分の欲している事を通訳に理解させた方が、結果的には早く的確に伝えられる場合がある。
- 言葉よりも、絵や写真を見せた方が、迅速かつ正確に伝えられる場合がある。
- 国民性（職業観や道徳感などを含む）の違いから、言葉は通じてても会話が成立しない（意味の理解ができない）事がある。
- プライドが高いので、人前で怒鳴ったり叱ったりすると来なくなってしまう事がある。
- 日本では一般的な叱り方、指導方法であっても現地では逆効果となってしまう事がある。
- 現地には「期待しているから、叱られる」という観念や受け止め方が無いように思われる。
- 仕事が嫌になった、合わないと感じた時など、簡単に退職してしまう傾向がある。
- 言葉や文化の壁がある中、様々な問題を乗り越

える事で、まず考える事、すぐに行動する事、最後まであきらめずに解決する事を身に付ける事ができた。

## 7 研修の成果

- 新入社員、技能五輪、社内技能検定での指導のノウハウを活かし、ローカルスタッフやワーカーの指導ができた。
- ローカルスタッフ・ワーカーとの接し方（コミュニケーションの取り方）を習得した。
- 今後、教育等で海外での様々な経験を伝える事ができるようになった。
- 技能五輪で培ったチャレンジ精神、向上心、チームワークを存分に活かす事ができた。



写真4 トラックの荷台に乗って通勤するワーカー

## 8 今後の課題

- 今後、さらなる現場基礎力、対応能力を向上するために、日本国内の件名工事の経験を積む事が急務であるという事を掴んだ。
- 渡航前に、現地の文化、慣習、考え方を学習した方が良い。
- ローカルスタッフに対して、当社の仕事の進め方、施工技術管理など、教育体制を整えると良い。



写真5 両国のスタッフの皆さん

## 9 おわりに

3ヶ月間という短い期間でありましたが、ご指導を頂きましたトーエネックタイランドの現地職員のご苦勞は大変なものでした。その一方で、ローカルスタッフにはまだまだ日本とのレベル差を感じました。しかし、ローカルスタッフをブラッシュアップするには、日本流義を一方向的に押し付けるのではなく、現地の文化やものの考え方を熟知した上で接する必要がある事も強く感じました。

最後に、貴重な海外体験を得させて頂きました海外事業部の関係者、トーエネックタイランドの現地職員の方々に心から御礼を申し上げます。

# 電気設備学会全国大会を終えて

## 一当社が行なった一般講演の論文を収録一

一般社団法人電気設備学会の平成24年度全国大会は第30回を数え、当社の地元名古屋で開催された。このため、普段から学会での活動や発表を行なっている技術開発室だけでなく、配電本部、情報通信本部、営業本部も発表（一般講演）を行なった。この結果、当社は参加した企業や大学の中で最も多い18件（他に連名5件）の発表となった。

今大会は表1のように10の会場（分野）に分かれて開催されたが、当社が発表した分野は、A、C、D、E、F、G、H、Pと多岐にわたり、当社技術の幅の広さを示した。

今大会では、経営企画室、教育センター、営業本部および技術開発室から5名が座長を務め、大会の運営に協力した。発表の聴講にも多くの方にご参加をいただき、当社が技術に重きを置いていることを広くアピールした。

発表を行なった論文を読むには、大会に参加して論文集（講演CD-ROM）を入手する必要があり、広く社内で読んでいただくこと、社内の記録として残すことが難しい。

そこで一人でも多くの方にこれらの論文を読んでいただきたく、TDレポート紙上に収録することとした。これにより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。なお、収録にあたって、同一テーマで第二報、第三報と続くものは、紙面の都合もあり第一報のみの掲載とさせていただいた。

電気設備学会の運営に携わる者としては、これらの論文に目を通していただくことで、少しでも電気設備学会の雰囲気に触れていただき、学会への理解を深めていただけることを願う。

学会というと、データや実験に基づき考察をしたり、難しい理論を展開し、これまでにない技術や発見を述べる場、というのが一般的なイメージである。しかし当社のような電気設備に携わる工事会社、設計事務所、ゼネコンそれに加えて大学が参加する電気設備学会は、趣が違っている。

表2を見ていただくと分かるように、今大会では発表全体の1/3弱が当社と同じ設備工事会社の発表であり、大学・高専等は1/3に止まっている。注目していただきたいのは、環境・制御・情報、計画・基礎、施工の3分野である。実際の設計、施工の体験に基づいて発表されるこれらの分野では、1/2が設

備工事会社の発表である。このように電気設備学会は、企業が中心となる学会であり、設備工事会社が活躍する学会なのである。

論文と併せて、座長を務めていただいた方や聴講をされた方からいただいた他社の発表に関する聴講報告からも、会場の様子を読み取っていただきたい。なお、TDレポート26号でも、技術開発室研究開発Gの伊藤G長による22年度大会の聴講報告が掲載されているので、併せてお読みいただくと幸いである。

学会に参加して発表を聞くことは、他社の技術への考え方、注力分野、技術力を知ることができ、あらためて当社の技術を振り返ることができるかと思う。また、自ら発表することは、学会を通じて自らの設計や施工、問題解決について広く評価を仰ぐことになる。このため当社では、各種学会・士会への加入を奨励している(\*)。

地元で大会が開かれ、当社の技術力を広く発表したこの大会を機に、当社の電気設備学会員がさらに増えることを期待している。

最後に、今大会の実行委員会の中核としてご尽力され成功に導いた技術開発室飯塚担当部長、および論文の転載を快く許可していただいた（一社）電気設備学会にお礼申し上げます。

表1

会場	分野
A	高調波、EMC/EMI、接地、絶縁
B	雷
C	エネルギー[I]
D	エネルギー[II]
E	環境、制御、情報
F	計画、基礎
G	施工
H	装置、機器、材料・工具
I	照明、防災・防犯、音響
P	ポスターセッション

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

表2

分野		高調波 EMC/EMI 接地・絶縁	雷	エネルギー Ⅰ	エネルギー Ⅱ	環境 制御 情報	計画 基礎	施工	措置 防災 防犯 音響	照明 防災 防犯 音響	ポスター セッション	合計	(%)
発表者 連名者 注)	大学、高専等	22	19	18	15	11	15		18	15	2	135	(32)
	設備工事会社	6	9	11	8	20	15	25	10	6	3	113	(27)
	その他	20	27	19	16	21	11	4	21	25	6	170	(41)
	合計	48	55	48	39	52	41	29	49	46	11	418	(100)
	(%)	(11)	(13)	(11)	(9)	(12)	(10)	(7)	(12)	(11)	(3)	(100)	
発表件数		25	25	24	25	25	25	25	24	25	8	231	

注) 1.同じ企業や学校が、複数件名で発表者または連名者の場合は、その件数分をカウントした。  
 2.「その他」は、メーカー、設計事務所・コンサルタント、電力会社、ゼネコン



安藤 重人



河合 茂晴



会場風景



A-5

リフト式駐車場設備を有する電気設備で発生した異音に対する調査結果報告

○山下 絢也, 岸 早人, 山田 啓太 (株式会社トーエネック)

Study report about an abnormal noise generated at an electronic installation with a lift type mechanical garage.

Junya Yamashita, Kishi Hayato, Keita Yamada (Toenec Corporation)

キーワード：異音、リフト式駐車場、回生電力、振動

1. まえがき

近年、都心部では駐車場スペースの確保が難しく、省スペース化、メンテナンスフリーを目的として、機械式駐車場を設ける場合が多くみられる。機械式駐車場の一つにはリフト式駐車場がある。そのリフト式駐車場の有する当社施工の某ビルにて、電気室内のブレーカ近傍において異音の発生が確認された。異音の発生原因の特定とその対策案を立案したので、その概要について述べる。

2. 異音の調査

2.1 受変電室での現地調査

図1に単線結線図を示す。電気室内の動力盤内のブレーカ近傍にて異音の発生が確認された。各ブレーカの電流値をクランプメータで確認したところ、一台のブレーカの負荷電流と異音の発生タイミングが一致していることが確認された。負荷電流と異音の発生が関係しているものと推定し、電圧と負荷電流の波形測定を実施した。

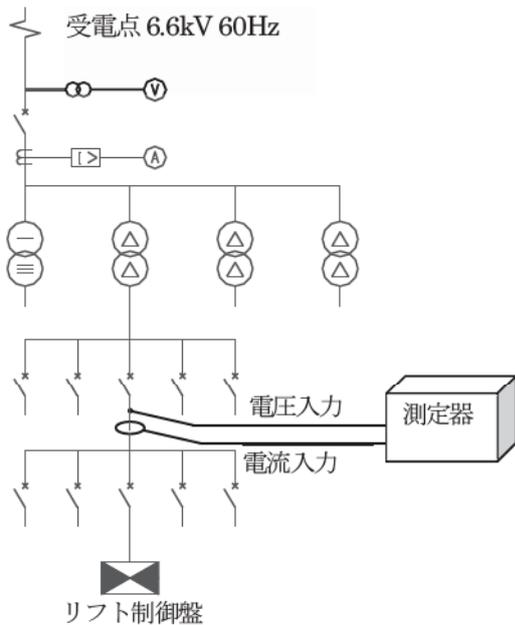


図1 単線結線図

2.2 電圧、電流波形測定および発生原因の想定

その測定結果を図2、図3に示す。図2は異音停止時、図3は異音発生時の負荷電流波形である。異音停止時(図2)は正弦波の電流波形であった。一方、異音発生時(図3)の波形は下記のような特徴が見られた。

- ① 線形性のない歪を帯びた電流波形が重畳していた。
  - ② 電圧波形の位相に対して、約180度位相差があった。
- 以上のような特徴を有する電流波形と異音発生が同期していた。上記②の特徴からリフト式駐車場の制御盤による回生電力回路が異音の発生原因ではないかと推察した。

3. リフト式駐車場の動作と異音発生の調査

3.1 現地調査

リフト式駐車場の動作と異音の発生状況を調査したと

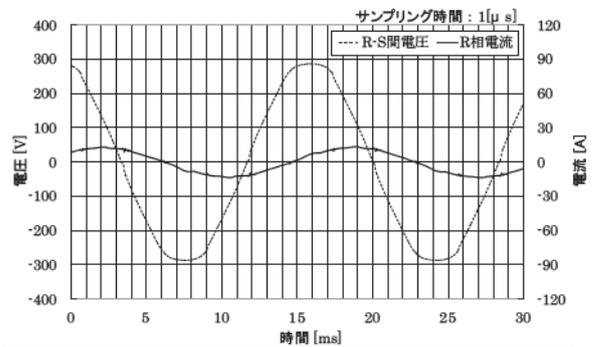


図2 異音停止時の負荷電流波形

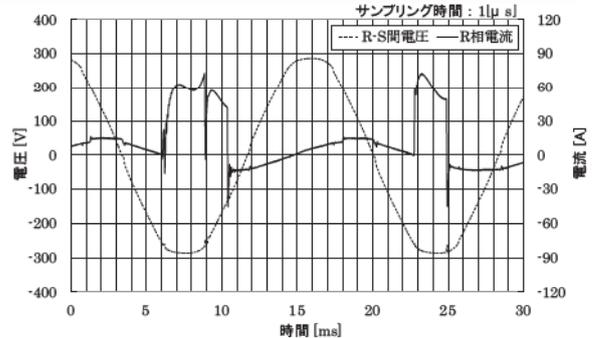


図3 異音発生時の負荷電流波形

ころ、駐車場に自動車を入庫した後に異音の発生が確認された。その異音の継続時間はおよそ40秒であった。異音の発生とリフト式駐車場の入庫に何らかの関係があるものと考えられたため、入庫動作時の電流波形測定を実施した。

### 3.2 電流波形測定

図4に入庫動作時の電流波形測定の結果とリフトの動作状況を示す。リフト降下時(図4動作④、⑤)に異音の発生が確認された。異音停止時の電流波形は三相の汎用インバータの入力電流波形の特徴が見られた。一方、異音発生時には、図3のような周期性のない複雑な波形であった。

リフト式駐車場のメーカーによると、リフトを降下させている際にモータが発電機となって振る舞い、電力を回生することが確認された。以上の結果より、回生電力の電流波形が周期性のない複雑な波形であることが異音の発生原因であるものと推察した。

## 4. 再現実験

### 4.1 目的

電気室内の動力盤内のブレーカ近傍にて発生した異音は、いずれかの構成部位が振動したために異音として聞こえるものと推定した。その場合、振動によってブレーカのネジが緩むなどの不安要素が考えられるため、多種類のブレーカを対象に再現実験を行った。

### 4.2 実験方法

図5に実験回路を示す。波形発生機で異音発生時の電

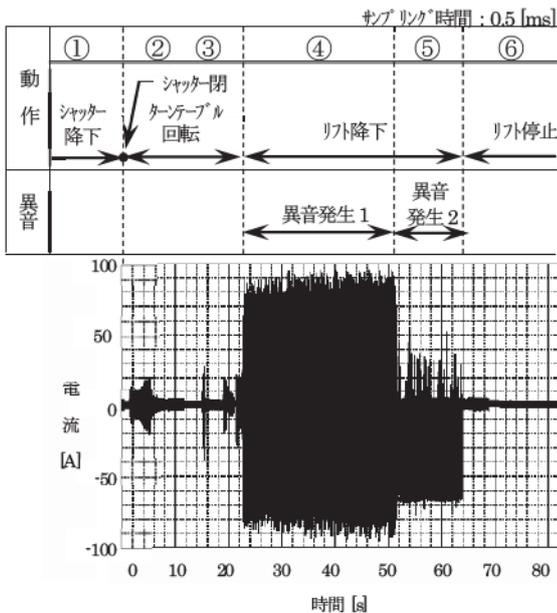


図4 自動車の入庫動作と電流波形の時系列

流波形と相似形の電圧波形を発生させ、増幅器で増幅し、その電圧を可変抵抗器に印加することで、異音発生時の電流波形を再現した。

### 4.3 実験結果

実験回路に電圧波形を印加した直後、ブレーカから異音の発生を確認した。その異音はブレーカのトリップ機構のコイル付近から聞こえたため、振動センサを当てて振動測定(加速度)を行った。その結果を図6(点線)に示す。振動は電流値に比例して大きくなることを確認した。

### 4.4 対策の検討

この電流の急峻な変化を滑らかにするために、リアクトルを挿入する対策方法を検討した。図5の可変抵抗と直列にリアクトルを接続して再実験を行った。その結果を図6(実線)に示す。異音は発生せず、振動は電流値に比例しなかった。現場のリフト制御盤の入力側にリアクトルを設置することが有効な対策の一つであるものと推測する。その際、リアクトルに起因した電圧変動に対して検討が必要であることは言うまでもない。

## 5. まとめ

現場調査および再現実験により、ブレーカの近傍から発生していた異音は、リフト式駐車場の回生電力に伴って発生していたことが確認された。対策案としてリアクトルの設置が有効であると推測された。

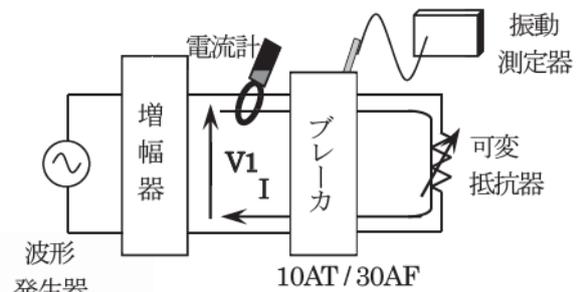


図5 実験回路

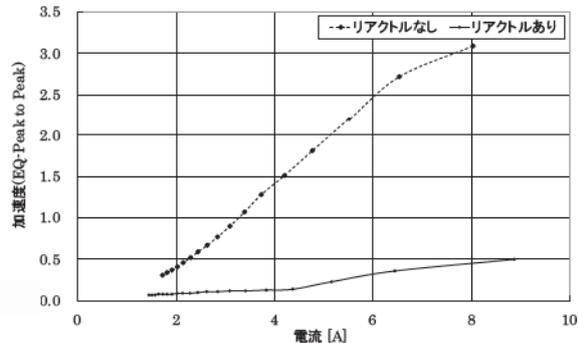


図6 コイル部分の振動測定結果

## 空気流量計を用いない空気圧縮機吐出能力計測手法の開発

○西村叔介, 高橋和宏, 千葉理恵 (株式会社トーエネック)

Development of the Method for Measuring the Capacity of Air Compressor without Flow Meter

NISHIMURA Yoshiyuki, TAKAHASHI Kazuhiro and CHIBA Rie (TOENEC Corporation)

キーワード: 空気圧縮機, 吐出能力, ストップ法, 空気流量計

### 1. まえがき

空気圧縮機は気体を圧縮する設備であり, 圧縮した気体を工場内に供給し, 生産設備の動力源やエアブロー用途として多くの場面で用いられている。そのため, 多くの工場において空気圧縮機は必須の設備となっている。

空圧設備は圧縮空気を製造する空気圧縮機, 圧縮空気を輸送する配管, 圧縮空気を蓄える空気タンク, 圧縮空気中の水分を除去するエアドライヤ, 圧縮空気中のオイルミストや塵埃を除去するフィルタ, 負荷としての生産設備など, 多くの機器から構成される。空気圧縮機は運転時間が長い場合が多く, エネルギー消費量が多い設備であるため, インバータ機の導入, 台数制御などの省エネ対策が実施される事例が増えてきている。また, エア漏れなどもエネルギーロスとなるため, エア漏れ量の診断なども行われている。しかしながら, 空気圧縮機本体の吐出能力や効率については計測される事例は少なく, 故障や経年劣化によって能力や効率が低下した状態のまま使用されている場合も多いと考えられる。空気圧縮機の吐出能力や効率を計測するには, 吐出流量と消費電力の計測が必要となるが, 流量計が高価であるため, 空気圧縮機毎に流量計が設置される事例は少ない。

以上のような背景から, 安価かつ簡易に吐出能力を計測する手法の開発を行った。本稿では, 開発した吐出能力計測手法の内容と精度検証の結果について報告する。

### 2. 既存手法

空気圧縮機の吐出能力を計測する既存手法としては, 以下の2つの手法がある。

#### 2.1 JISに基づく手法

JIS B8341:「容積形圧縮機—試験及び検査方法」の附属書JAに示される方法で, 空気タンクに充気する際の圧力変化, 充気時間および空気タンク内の温度変化より吐出能力を算出するものである。しかし空気タンク内の温度は均

一にならないため, タンク内平均温度を正確に測定することができず, 工場に設置後の空圧設備において吐出能力を正確に計測することは困難である。

#### 2.2 空気流量計を用いる手法

空気流量計を設置すれば吐出流量を計測することは可能である。しかし, 空気流量計は高価であり, また耐久性に乏しいといった課題もあり, 採用事例は少なかった。

以上のことから, 流量計を使用しないことを前提とした上で, 空気タンク内の温度変化の影響を受けない手法を目標として開発を実施した。

### 3. ストップ法を応用した空気圧縮機吐出能力計測手法

#### 3.1 ストップ法[1]

ストップ法とは, 計測しようとする時刻で空気タンク内における空気の入出りを電磁弁などでストップし, 状態方程式を用いてストップした時点の圧力と周囲温度に回復した後の安定した圧力からストップした時点の空気タンク内温度を推定するものである。

#### 3.2 開発した空気圧縮機吐出能力計測手法

2.1に記したJISに基づく手法では, 空気タンクへ圧縮空気を充気する際, 内部温度が周囲温度よりも高くなる。そのため内部圧力が安定せず, 内部温度を計測し補正する必要があり, 費用や手間を要するという課題がある。

そこでストップ法を応用し, この温度補正を不要とする手法を開発した。具体的には, 充気完了時に電磁弁などで空気の入出りをストップし, 空気タンク内圧力が安定した時点の空気タンク内温度が周囲温度となることを利用している。つまり, 安定した時点での圧力を利用することで, 温度補正が不要となる。

図1に開発した空気圧縮機吐出能力計測手法を適用するための設備構成図を示す。図1に示す各設備は, 通常空圧設備で備わっているものであるため, 本手法の実施のために, 特別な追加設備は必要としない。

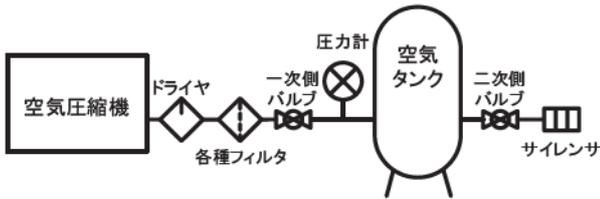


図1 開発手法適用時の設備構成

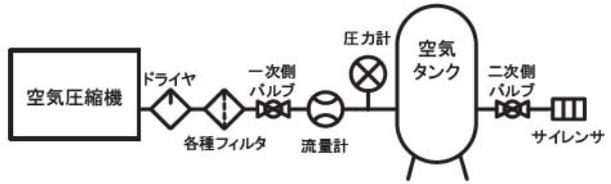


図2 精度検証時の設備構成

吐出能力算出手順を以下に示す。

- ① 空気タンク内の圧力を大気圧にする。
- ② 一次側バルブを開け、二次側バルブを閉める。
- ③ 空気圧縮機を起動し工場内で必要な制御圧力になるまで空気タンクへ充気する。
- ④ 制御圧力に到達した後、一次側バルブを閉める。
- ⑤ 圧力計が示す圧力値が安定するまで待機する。
- ⑥ 安定後の圧力値を記録する。
- ⑦ (1)式から吐出能力 (0°C, 1atm) を算出する。  
ノルマル換算の必要がない場合は(2)式を用いる。

$$G = V \times \frac{P_1 - P_0}{0.1013} \times \frac{60}{t} \times \frac{273}{273 + T} \quad [\text{NL/min}] \dots \dots \dots (1)$$

$$G = V \times \frac{P_1 - P_0}{0.1013} \times \frac{60}{t} \quad [\text{L/min}] \dots \dots \dots (2)$$

- V[L] : 空気タンク容積
- P<sub>0</sub>[MPa] : 充気前空気タンク内圧力
- P<sub>1</sub>[MPa] : 圧力安定後空気タンク内圧力
- t[sec] : 充気に要した時間
- T[°C] : 外気温度
- G[NL/min] : 吐出能力

上記手法により、流量計などの設備を追加することなく、空気圧縮機の吐出能力を計測することが可能となる。

**3. 4 精度検証実験と結果**

図2に示す構成にて流量計の実測値と比較する方法で精度検証実験を行った。図3に検証実験の空気流量と空気タンク内圧力変動の一例を示す。実験開始から210秒間は、空気圧縮機により加圧し、制御圧力に達した時点で停止させ、一次側バルブを閉じている。その後、図3に示すように空気タンク内圧力が徐々に低下し、タンク内温度も安定する。タンク内圧力安定の判定条件に達した後のデータを用いて吐出能力を算出した。この方法を用い、3種類の容積の異なる空気タンクにおいて、3回ずつ実験を行い、開発した手法での吐出能力の算出結果 G と流量計で計測される平均値 G<sub>0</sub> を比較した。その結果を表1に示す。

表1から、平均絶対誤差率0.53%と高い精度での空気圧縮機吐出能力計測が可能であることを確認した。

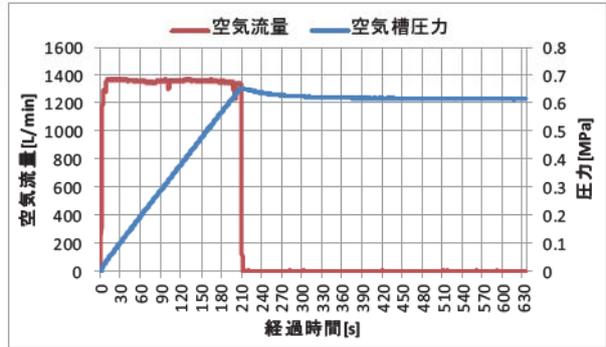


図3 精度検証実験結果の一例

表1 精度検証結果

V [L]	回	G [NL/min]	G <sub>0</sub> [NL/min]	絶対誤差率 [%]
220	1	1194.32	1206.75	1.03
	2	1240.60	1243.47	0.23
	3	1214.19	1221.46	0.60
600	1	1305.06	1314.26	0.70
	2	1271.90	1275.37	0.27
	3	1275.63	1280.18	0.36
820	1	1419.20	1409.94	0.66
	2	1335.95	1338.40	0.18
	3	1326.23	1336.06	0.74
平均絶対誤差率				0.53

**4. まとめ**

本手法を用いて吐出能力計測を行えば、高精度で空気圧縮機の吐出能力を把握することが可能になると同時に、流量計を必要としないため、設備費用を抑えることが可能である。また、定期的に計測することで、メンテナンス時期や不良の有無を把握することに利用できる。

今後は、本手法を自動化し、台数制御システムへの組み込み予定であり、空圧設備を有する工場等へ普及させていく。

**5. 文献**

- 1)香川利春 蔡茂林:「圧縮性流体の計測と制御—空気圧解析入門—」, 日本工業出版株式会社, p.81(2010.7)

## 太陽光発電システムに関する調査研究委員会 活動報告

○西戸雄輝, 小林 浩 (トーエネック)  
深江隆之 (中部電力), 雪田和人 (愛知工大),  
桑原 祐 (愛知電機), 飯岡大輔, 山中三四郎 (名城大)

Research for Photovoltaic Generation System  
YUKI Nishido, HIROSHI Kobayashi (Toenec Corporation)  
TAKAYUKI Fukae (Chubu Electric Power Co., Inc.), KAZUTO Yukita (Aichi Institute of Technology)  
TASUKU Kuwahara (Aichi Electric), DAISUKE Iioka and SANSHIRO Yamanaka (Meijo University)

キーワード：太陽光発電, トラブル事例, 実測データ分析, %電力量

### 1. まえがき

電気設備学会中部支部では2010年4月に自主研究「太陽光発電システム調査研究委員会」を発足させた。本委員会では、太陽光発電（以下、PVという）システムの稼働実態の把握や、普及促進へ向けた課題の抽出を目的に、2年間かけて太陽光発電に関する政策動向、関連機器調査、トラブル事例調査、研究事例調査、実測データ分析等を行い、2012年3月に報告書をまとめた。本報では、報告書の中から主として2011年度に実施した内容を紹介する。

### 2. 関連機器調査（太陽電池モジュール）

本調査は、2011年11月時点の各社PVモジュールの製品情報を基に、製品種類や各種特徴を把握するために実施した。調査した企業は16社、対象としたモジュールは204製品である。本調査では、製品の公称最大出力[W]、モジュール面積[m<sup>2</sup>]、希望小売価格[円]の情報から、1Wあたりの単価[円/W]と1m<sup>2</sup>あたりの出力[W/m<sup>2</sup>]を求めた。図1に単価と出力の関係を示す。

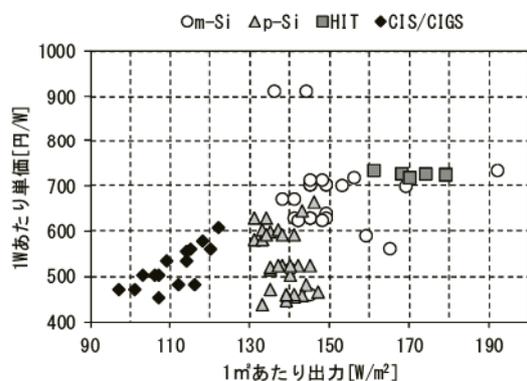


図1 太陽電池モジュール調査結果

化合物(CIS/CIGS)は、1 m<sup>2</sup>あたりの出力は低い但し価格も低い。それに対し、ヘテロ接合(HIT)は、1 m<sup>2</sup>あたりの出力は高いが、価格も高い。多結晶(p-Si)は、その中間に分布しており、単結晶(m-Si)は、多結晶よりも単価、出力ともに高い側に分布している。

### 3. トラブル事例調査

PVシステムにおけるトラブル発生状況の把握や、課題抽出を目的に、NEDO等の研究機関の報告書に記載されたアンケート調査結果等を中心に、文献調査を実施した。調査結果より、約3割のサイトで何らかの故障が発生していることが明らかとなった。また、故障箇所としてはパワーコンディショナ(PCS)が最も多いが、太陽電池モジュールの故障も無視できないことが明らかとなった。

現在、運転期間が20年以上を超えて老朽化したシステムに、どのような故障が発生するかは明らかとなっていない。また、老朽化したPVシステムの放置は、火災や漏電のリスクを抱えることになる。今後、長期にわたって運転するためには、故障箇所および原因の特定と、その頻度を明らかとし、対策を講じることが不可欠である。

### 4. 研究事例調査

日本国内でPVシステムに関する研究がどの程度行われているのか、またどのような研究が行われているかを把握するため、主な学会を対象にPVシステムに係る論文を調査し、論文数や論文内容の分析を行った。今年度は、昨年度までの結果を基に、論文の研究分野について分析した。分析は構成要素と、ライフサイクル(LC)の2つの観点から行った。構成要素は、論文の研究対象をPVシステムの10要素に分類し、LCは、電気設備のLCの7段階に分類した。

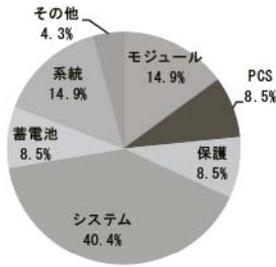


図2 発表論文のPV構成要素による分類結果

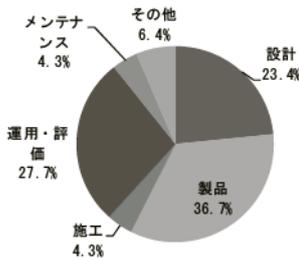


図3 発表論文のLC段階による分類結果

図2に電気設備学会にて報告された論文を構成要素で分類した結果を示す。「システム」が最も多く、次いで、「モジュール」や「系統」が多かった。図2に示した7段階以外の、材料、架台、監視・制御は報告されていなかった。

図3に同学会にて報告された論文を、LCの段階で分類した結果を示す。メーカーなどの製品開発にあたる「製品」が多く、次いで、稼働データや評価に関わる「運用・評価」や、シミュレーション等の計画や設計に関わる「設計」が多かった。図3に示す7項目以外の、廃棄・リサイクルに関する論文は報告されていなかった。今後は、研究事例が少ない施工やメンテナンスに関する調査研究を進めていく必要がある。

### 5. 実測データ分析

実稼働しているPVシステムの実測データを収集分析し、稼働状況の実態を定量的に把握することを目的に、7サイト13システムにおける実測データを入手して分析を行った。具体的には、各システムの年間発電電力量や%電力量<sup>2)</sup>、インバータ変換効率を求めた。ここで、%電力量とは、標準発電量とDC発電量(実測値)の比率である。

$$\%電力量 = \frac{\text{1日の発電量}}{\text{1日の標準発電量}} \quad (1)$$

(1)式中、標準発電量はメーカーカタログ定格値を基に傾斜面日射強度とモジュール温度を用いて換算した値であ

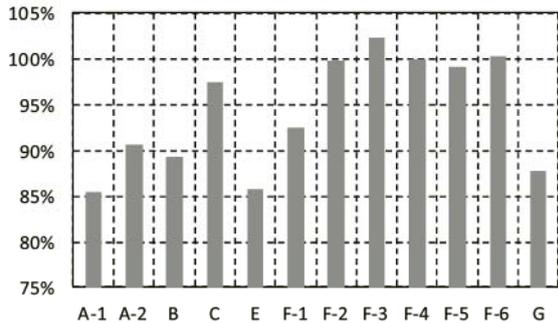


図4 各システムの%電力量の比較

る。ただし、各サイトではモジュール温度を直接計測していないため、日射強度、風速、気温からモジュール温度を推定した。また、風速はアメダスの年間平均風速データにて代用した。

図4に各システムの%電力量を示す。A-1, E, Gを除けば、%電力量はほぼ90%以上であった。また、%電力量が低い3システムを詳細に分析したところ、季節によって%電力量が異なるシステムや、経年劣化により出力が大きく低下しているシステムがあることが分かった。13システムのうち3システムに発電量低下が見られたことから、日本全体では相当数のシステムにおいて十分な発電量が得られていない可能性があると考えられ、さらに多くの実測データ収集が必要であるとの課題を得た。

### 7. あとがき

本委員会での2年間の活動期間において、多方面からの調査研究を行った結果、幾つかの課題を得た。中部支部では、課題の中から保守やメンテナンスに焦点を当て、2012年4月より、PVシステムの施工、保守管理に関する調査研究委員会を発足し、2年間の調査研究を実施する予定である。

委員：加藤丈佳(名古屋大学)、中野由崇(中部大学)、青木 睦(名古屋工業大学)、保木本正史(きんでん)、千田 隆(鹿島建設)、坪内隆夫(東光電気工事)、松永守弘(日東工業)、濱 武(山洋電気)  
事務局：飯塚和夫(電気設備学会中部支部)

### 文 献

- 1) 山中, 他: 「太陽光発電システムに関する調査研究委員会 中間報告」, 2011年電気学会全国大会, D-15
- 2) 樋口, 他 「PVアレイの出力評価に関する検討II」 太陽/風力エネルギー講演論文集, 42(2010-11)

## 傾斜スラブへの太陽電池モジュールの設置事例

○丸山 靖之, 小林 浩 (トーエネック)

An Example of Construction of Photovoltaic Generation Modules to Sloping Slabs  
Yasuyuki Maruyama, Hiroshi Kobayashi (Toenec Corporation),

キーワード：新エネルギー，太陽電池モジュール，平坦スラブ，傾斜スラブ

### 1. はじめに

現在，電力エネルギーをめぐっては，石油資源の枯渇に加え，地球温暖化，生産地の政情の不安定，世界的な需要の増加による需給バランスの逼迫，さらには，東日本大震災による原子力発電設備の停止に伴う発電電力量の低下などのさまざまな問題が浮上している。もはや電力エネルギーは，当然のように身の回りにあり，いつでも自由に使える時代ではなくなった。

このような状況の中，新エネルギー発電の代表として太陽光発電が注目され，ここ数年は企業だけではなく一般家庭にも目覚ましい普及が見られる。

一方で，太陽光発電システムの設置コストは決して安くはないのが現状であり，設計や施工の工夫により低コスト化を検討することも重要である。

本稿では，学校施設（以下，本施設）に設置した太陽光発電システム（定格出力 80kW）において，傾斜スラブに太陽電池モジュールを設置することで，架台部分の低コスト化を実現した事例を紹介する。

### 2. 平坦スラブへの設置例と課題

まず，屋上階のスラブが平坦な場合における設置例と課題を述べる。図1に屋上階の平坦スラブへの太陽電池モジュールの設置例を示す。日本では，発電量が最も多くなる設置方位と傾斜角は，南向き30°程度である。このため，これに近い傾斜角で設置するために，図1のような強靱な架台が必要となる。傾斜角を大きくするに従い，太陽電池モジュールに対する風圧荷重が増大するので架台を増強する必要がある。また，架台を増強するに従い，架台基礎が大きくなることや，架台基礎用の防水が必要となり，建築物の防水性の検討が必要である。また，太陽電池モジュール用支持架台は，屋上の景観や安全性を損うことも考えられる。

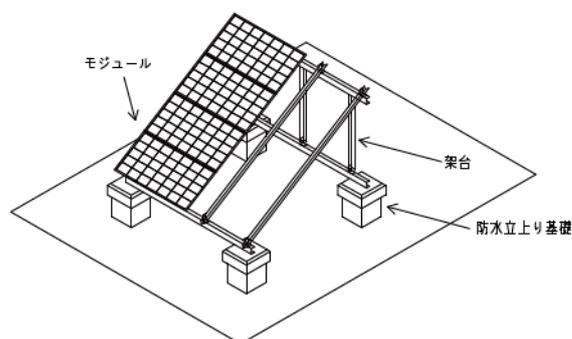


図1 平坦スラブへの設置例

### 3. 傾斜スラブへの設置方法と効果

本施設では建築デザインにおいて傾斜屋根が採用されており，かつ十分な屋根面積があったため，太陽電池モジュールを傾斜屋根に設置することとした。これにより，平坦スラブへの設置よりも架台のコストを抑えることができると想定した。

図2と図3に，屋根と太陽電池モジュール支持架台の断面図を示す。本建築物の屋根は，傾斜スラブ面に鋼材を介し，木毛セメント板を固定し，これに吊子を取付け，ガルバリウム製のダブルカン合式R棧瓦棒葺を設置したものである。そこに太陽電池モジュール取付用の支持金物（K-T縦ラック、K-T横ラック）を取り付ける構造である。図4より屋根材を設置することにより傾斜スラブ面への防水は不要となり，太陽電池モジュールと屋根面の空間が小さくなり風圧の影響が大幅に減少するので太陽電池モジュール支持材を最小化することができる。また，屋根材と一体化するため，屋上景観への影響が小さくなる。

このように傾斜スラブへの設置により，最終的には太陽光発電システムの設置コストを約15%削減することができた。

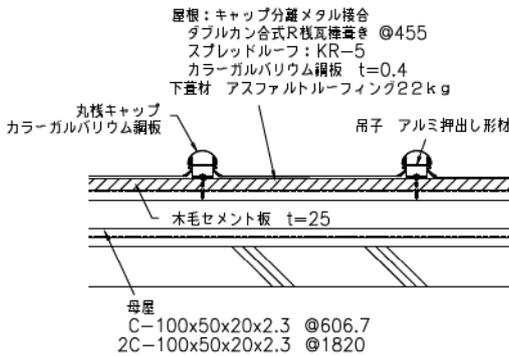


図2 屋根形状（正面図）

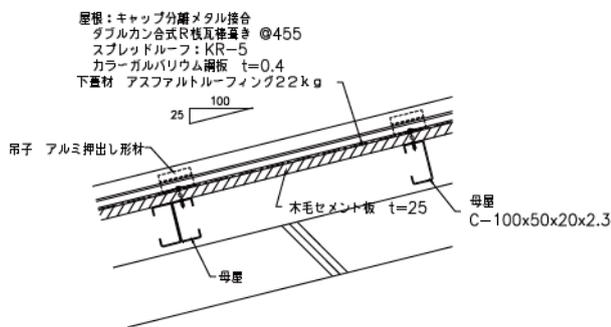


図3 屋根形状（横断面図）



図4 太陽電池モジュール設置例

表1 発電電力量の比較

期間	実測値 [kWh]	平均的発電電力量 [kWh]	低下率 [%]
H24年4月	7,486	8,279	9.6
H24年5月	8,011	8,891	9.9

#### 4. 発電量の検討

傾斜スラブへの設置により、太陽電池モジュールの傾斜角は約 14°となった。前述のとおり、最も発電量が多くなるのは約 30°であることから、発電量の減少が懸念された。そこで、運用開始後の実測データを用い、発電量の確認を行った。表1に本施設に設置した太陽光発電システムの発電電力量と、メーカーが提示する当該地区の平均的な発電電力量との比較を示す。表1より実測値と平均的な発電電力量との差は 10%程度であり、設置コストの削減分よりも小さくなっている。

#### 5. 建築物としてのメリット

本施設における傾斜スラブのメリットに空間の有効利用がある。図5に傾斜スラブ面下の教室の断面図を示す。屋上階を傾斜スラブにすることで、下階の階高が高くなることを利用し、天井面も傾斜を持たせ、最上部に設置した天窓から自然光を教室内に入れている。このように、傾斜スラブにすることにより下階の部屋の空間が広くなり、空間の有効利用を可能とした。また、これ以外にも建築物の防水性の向上や景観の向上に繋がるものと思われる。

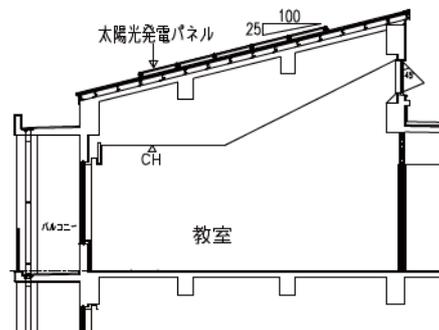


図5 傾斜スラブ面下の断面図

#### 6. おわりに

本稿では、傾斜スラブ面に太陽電池モジュールを設置することで、架台の低コスト化を実現した施工事例を紹介した。

発電電力の全量買取制度の導入により、太陽光発電システムの普及は今後急速に進むものと考えられる。これを踏まえ、より低コストでの設置を可能とするシステム設計方法や施工方法を検討していきたい。

## 空圧設備の省エネ余地量調査

○高橋和宏, 西村叔介, 千葉理恵 (株式会社トーエネック)

Investigation on the Possibility of Energy Conservation of Air-pressure Equipment  
TAKAHASHI Kazuhiro, NISHIMURA Yoshiyuki  
and CHIBA Rie (TOENEC Corporation)

キーワード：空圧設備，空気圧縮機，効率，省エネ，調査

### 1. はじめに

工場における省エネ対策には様々な手法があり、国内の工場においては、省エネ活動が積極的に進められているという認識が一般的である。一方、筆者らはこれまでの実測調査結果から、工場で使用される空圧設備などには比較的省エネ余地が残されていることを確認している。

本稿では、当社が実施している、計測により空気圧縮機の劣化状態を定量的に診断する手法を用い、某工場の空圧設備に関する運転実態を調査し、省エネ余地量について算出したので、その手法及び結果について報告する。

### 2. 空圧設備の概要

某工場の空圧設備の概要を表1に示す。

表1 某工場の空圧設備の概要

空気圧縮機台数	12台
機器容量内訳	75kW×8台 (うち、インバータ機3台) 37kW×4台
年式	新旧混在
形式	給油式スクリュ
起動停止制御	4台:台数制御運転 1台:タイマ制御運転 7台:手動運転

### 3. 計測内容

#### 3.1 空気圧縮機単体のバッチ計測

##### (1) 目的

空気圧縮機単体の吐出能力および負荷特性を計測し、能力低下や効率の悪化について判定を行った。

##### (2) 計測項目

空気圧縮機12台それぞれの空気吐出量、電力、圧力。

##### (3) 計測方法

図1に示した計測機器構成により、以下に述べる方法でバッチ計測を行った。

- ①空気圧縮機出口配管をメイン配管から切り離し、流量計・圧力計・バルブ・サイレンサを設置する。
- ②空気圧縮機の電源に電力計を設置し、電力を記録する。

③空気圧縮機を運転し、バルブを全閉から徐々に開き、各流量での電力及び圧力値を記録する。

④記録した値より、空気圧縮機の最大吐出能力[m<sup>3</sup>/min]、電力原単位[kWh/m<sup>3</sup>]を求める。

このような計測により得ることができる、流量、電力、圧力の特性の一例を図2に示す。

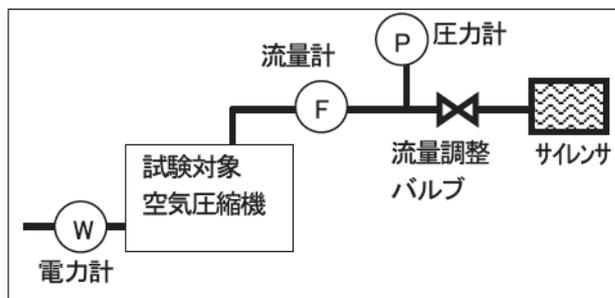


図1 計測機器構成

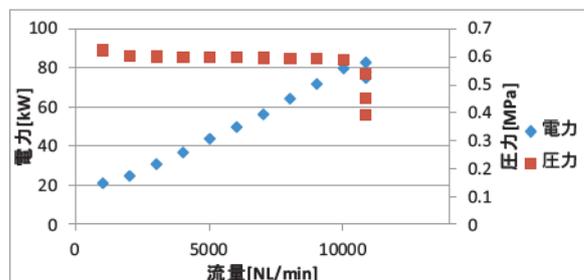


図2 流量・電力・圧力特性の例

#### 3.2 空気圧縮機の実稼働状態における計測

##### (1) 目的

空気圧縮機の機器種別（インバータ機と一定速機）により、部分負荷時の運転効率が異なるため、実稼働状態での電力量および圧力を計測し負荷状態を把握する。また、3.1で計測した負荷特性を用いて電力量を流量換算し、省エネ余地量の分析を行った。

##### (2) 計測項目

空気圧縮機12台それぞれの電力量、空気圧縮機室6か所のヘッド圧力。

##### (3) 計測方法

データロガーにて、1分間隔の連続データを計測した。

#### 4. 分析結果

##### 4.1 空気圧縮機単体のバッチ計測結果

表2に最大能力および最大能力時の電力原単位の計測結果を示す。

表2 吐出能力計測結果

機器No. (容量)	最大能力 実測値 [m <sup>3</sup> /min]	最大能力 定格*比 [%]	最大能力 時電力 [kW]	最大能力 時原単位 [kWh/m <sup>3</sup> ]
1(75kW)	10.8	83.1	83	0.128
2(37kW)	4.5	69.2	33	0.122
3(75kW)	8.17	62.8	66.5	0.136
4(37kW)	3.5	53.8	35	0.167
5(37kW)	4.5	69.2	38	0.141
6(37kW)	4.5	69.2	38	0.141
7(75kW)	10	76.9	78.5	0.131
8(75kW)	9.5	73.1	71.5	0.125
9(75kW)	6	46.2	71.5	0.199
10(75kW)	9	69.2	75.5	0.140
11(75kW)	9	69.2	71.5	0.132
12(75kW)	9.8	75.4	76	0.129
最大値		83.1		0.199
最小値		46.2		0.122
平均値		68.1		0.141

\*定格を37kW機で6.5m<sup>3</sup>/min、75kW機で13m<sup>3</sup>/minとした。

表2より、以下のことが分かる。

- ・最大能力定格比は、良い機器で83.1%、悪い機器で46.2%、平均すると68.1%であり、機器の能力劣化が確認された。
- ・最大能力時の電力原単位は良い機器で0.122kWh/m<sup>3</sup>、悪い機器で0.199kWh/m<sup>3</sup>、平均すると0.141kWh/m<sup>3</sup>であった。定格の原単位は0.095~0.096kWh/m<sup>3</sup>であるので、効率の低下が確認できた。

##### 4.2 実稼働時における省エネ余地の算出

3.2で計測した電力量、圧力および3.1で計測した機器ごとの負荷特性から、以下の手順で省エネ余地量を算出した。

(1) 図2に一例で示した機器特性から電力-流量換算の近似式を求め、1分間隔で空気圧縮機の吐出流量と電力原単位を算出した。

(2) 機器ごとに算出した吐出流量を合計して工場全体の負荷流量とし、理想値として設定した電力原単位において必要となる電力量を理想電力量として求めた。

(3) 実測の電力量合計から理想電力量を引き、電力の削減余地量を求めた。

(4) 電力の削減余地量に時間帯別の電力料金単価を掛

け、省エネ余地量を金額で算出した。

表3に、2011年11月~2012年3月における、理想原単位を0.12kWh/m<sup>3</sup>と設定した際の電力の削減余地量の算出結果を示す。平均して、20%程度の削減効果が期待できる結果となった。但し、実際に原単位を改善するためには、機器の修理や更新、制御の改良などの設備投資が必要であるため、費用対効果を十分に検討したうえで、改善実施の判断を行う必要がある。

表3 電力の削減余地量の算出結果

年月	①実消費 電力量 [kWh]	②省エネ余地 電力量[kWh] (理想原単位 =0.12kWh/m <sup>3</sup> )	②/① [%]
2011/11	341,225	75,622	22.2
2011/12	311,072	61,631	19.8
2012/1	282,418	55,304	19.6
2012/2	300,477	58,302	19.4
2012/3	306,554	61,664	20.1
		平均	20.2

##### 4.3 機器の動作点の判定

算出した吐出流量から、各空気圧縮機の負荷状態を判定した結果、全12台中、以下の機器に設定圧力変更の余地が認められた。

- ・5台の一定速機が部分負荷で運転している。
- ・2台のインバータ機が全負荷で運転している。

#### 5. まとめ

本稿で紹介した手法により、空圧設備の能力の低下、効率の低下、機器設定の課題を発見することが可能である。また現状の原単位を算出し、これらの課題を解消して効率の良い運転が実現された場合との比較を行うことで、省エネ可能量を電力量および金額で示すことが可能である。

本稿では、計測による診断手法と省エネ余地の定量化について紹介したが、今後は実際に課題の解消が行われた際の効果についても検証を行う予定である。

今回の手法を用いて設備の調査と診断を行うことで、機器の運転設定、メンテナンスや更新時期などの計画を実態に合った内容で実施する事ができ、無駄のない省エネ活動が可能となると考える。

## 大学の情報設備における省エネ環境の構築

○柴田 充 (株式会社トーエネック)

Construction of the energy-saving environment in information equipment of a university  
Michiru Shibata (TOENEC CORPORATION)

キーワード：情報設備，省エネルギー，仮想化

### 1. はじめに

東日本大震災以降、日本全体が節電に注目し実施している。教育機関においても、照明設備の間引きやエレベーターなど建物内の設備の停止、さらには学生、教員、職員へ節電を呼びかける文書を展開し、ピークカットに向けた取り組みを実施している。

今回、パソコン教室（以下、PC教室とする）のリプレースに伴い、ハードウェア・ソフトウェア・運用方法を見直し、操作方法はリプレース前と同等にしながら省エネルギー環境を構築したので紹介する。

### 2. 概要

今回、大学構内にある情報処理施設において、導入から6年を経過したPC教室の情報処理設備・視聴覚設備、その管理を行うサーバー及び施設内ネットワーク機器についてリプレースを行った。

リプレース対象機器は表1のとおりであった。

表1 リプレース対象とその数量

リプレース対象	リプレース数量
PC教室（定員60名×6教室） の情報処理設備・視聴覚設備	PC本体：366台 モニター：552台 プリンター：12台 視聴覚設備：6式
管理サーバー	21台
ネットワーク機器	L2スイッチ：35台 L3スイッチ：6台

リプレースにあたり客先要望としては、物理サーバーは仮想サーバーへ更新、ネットワーク速度の高速化、PC性能の向上とモニタの大画面化を求められると共に、省エネルギー環境の整備も併せて求められた。

システム全体の概要図を図1に示す。

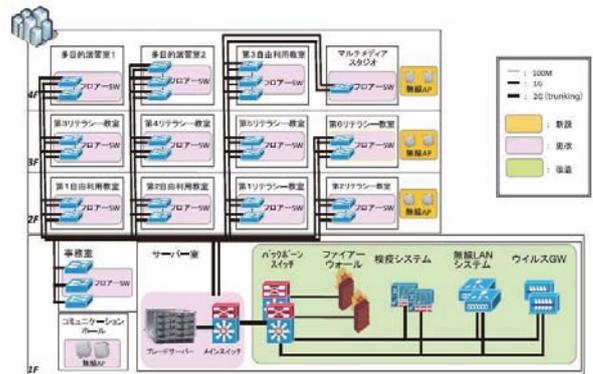


図1 システム概要図

### 3. システム構築について

#### (1) 考慮事項

今回のリプレースについて、以下に構築時に考慮した内容を示す。

- ①PC本体は消費電力の少ない機器であること。
- ②モニターも本体同様、消費電力の少ない機器であること。
- ③学生PCと学生PCの間に設置する中間モニターは、視聴覚設備の電源と連動して電源ONとなるように電源回路を変更すること。
- ④日本マイクロソフト株式会社発行「Windows PCを節電して使う術」<sup>1)</sup>記載の推奨事項を実施すること。
- ⑤物理サーバーは既に構築済みのプライベート仮想サーバー基盤へ最新オペレーティングシステムで構築し、既存データをインポートすること。

#### (2) 機器の選定

PC本体の選定にあたり、消費電力を下げるために電源ユニットに着目し、電源変換効率がよく消費電力が少ない電源ユニットの規格である「80PLUS 認証電源」を採用した機種とした。また、内蔵記憶装置にはハードディスクを持たず省電力でありながら高速化可能なSSD (Solid State Drive) を採用した。

モニターは大画面サイズである22インチワイドモニター

とし、省電力タイプである PC 本体と同じメーカー製品とした。

(3) 電源回路の見直し

PC 教室には、学生 PC と学生 PC の間に中間モニタが設置され、教師から提示される教師 PC の画面や書画カメラの映像、DVD などが表示される。そのため、PC 教室室内において視聴覚設備を使わない限り、中間モニタは使用されない。

今回、中間モニタの電源回路を視聴覚設備の主電源と連動させるよう見直し、中間モニタの待機時電力さえもカットするようにした。

(4) 日本マイクロソフト株式会社推奨事項<sup>1)</sup>の実施

今回、日本マイクロソフト株式会社発行「Windows PC を節電して使う術」<sup>1)</sup>記載の推奨事項であるディスプレイの輝度変更について実施した。使用者である学生の負担にならないような輝度として、リプレース前は 100% 輝度であった設定を 60% 輝度とした。

(5) 物理サーバーの仮想サーバーへのリプレース

客先には、2010 年 3 月に構築したプライベート仮想サーバー基盤が整備されており、今回 21 台のサーバーを仮想マシン化した。そのため、サーバー室内は 19 インチラック 3 本分の物理サーバーが 19 インチラック 1 本分の仮想サーバー基盤へ移行した。

4. 電力測定について

今回、3. システム構築についてに記載した内容が当初の計画通り、省エネルギー環境として構築されているか検証を実施した。

検証は、リプレース前とリプレース後について、次のとおり実施した。

- ①PC 教室は当社独自の負荷試験を全台に一斉で行い、PC 教室毎に電力量を測定した。
- ②サーバー室は主幹ブレーカーにおいて電力量を 1 ヶ月程度測定した。

検証結果を表 2、図 2、図 3 に示す。

表 2 PC 教室の検証結果 (週間積算電力)

教室名	リプレース前	リプレース後	削減効果
PC 教室 1	633 kWh	310 kWh	51.0%
PC 教室 2	617 kWh	296 kWh	52.0%
PC 教室 3	641 kWh	317 kWh	50.5%
PC 教室 4	637 kWh	314 kWh	50.7%
PC 教室 5	645 kWh	321 kWh	50.2%
PC 教室 6	641 kWh	317 kWh	50.5%

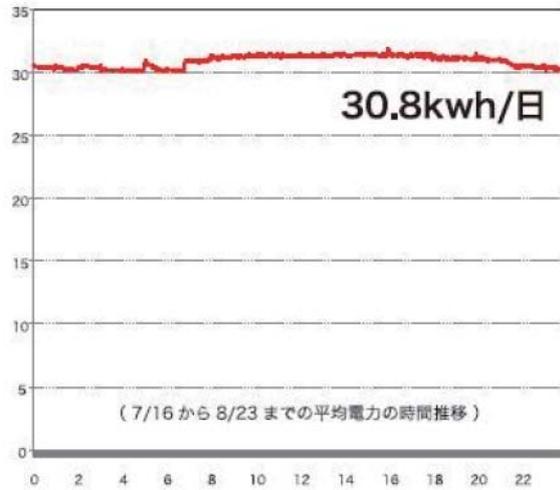


図 2 サーバー室の検証結果 (リプレース前)

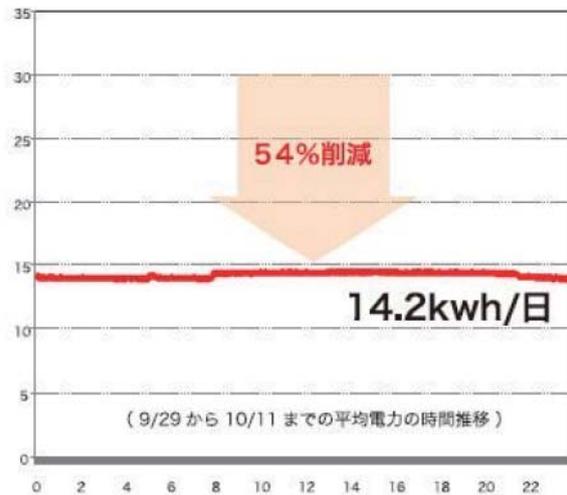


図 3 サーバー室の検証結果 (リプレース後)

5. まとめ

今回、PC 教室では省電力 PC と中間モニタの電源回路の見直しにより平均 50.8%の省エネ効果があった。また、サーバー室では、53.9%の省エネ効果があった。

特に、電力使用量から見た削減効果について、サーバー室での電力削減量は非常に大きなものであった。

客先を始め、サーバー資源の有効活用・省スペース化の観点から、今後仮想化技術によるサーバーの高密度化は進むものと思われる。

6. 文献

- 1) 日本マイクロソフト株式会社著：Windows PC を節電して使う術 p.6～7 (2011.5)

## %電力量を用いた出力低下診断法に関する基礎研究

○真田英和 (名城大学), 山中三四郎 (名城大学)  
西戸雄輝 (トーエネック), 小林浩 (トーエネック)

Basic study on output lowering diagnosis using the % electric energy  
HIDEKAZU Sanada (Meijo University), SANSHIRO Yamanaka (Meijo University)  
YUKI Nishido (Toenec Corporation) and HIROSHI Kobayashi (Toenec Corporation)

キーワード: %電力量, 太陽光発電システム, 標準発電量, モジュール温度, 傾斜面日射

### 1. まえがき

7月に本格的にスタートした固定価格買取制度(FIT制度)によって、今後太陽光発電システム(以降PVシステムと呼ぶ)の家庭や事業所への導入量の増加が予想される。しかし、PVシステムは面的な広がりを持っており、その一部で故障や出力が低下したときの診断方法が問題となっている。筆者らは、%電力量を用いた出力低下診断の研究を行っており、今回は、名城大学に設置されているPVシステムを用いて、%電力量を用いた出力低下診断法の基礎研究を行ったので、その結果を報告する。

### 2. %電力量

今回診断に用いた%電力量は、式(1)によって求めることが出来る。

$$\%電力量 = \frac{\text{1日の発電量}}{\text{1日の標準発電量}} \times 100[\%] \dots(1)$$

ここで、重要となるのが標準発電量の評価である。標準発電量は式(2)のように、モジュール温度と傾斜面日射強度から求めることが出来る。

$$\int P_m dt = \int P_0 \times \frac{G}{G_0} [1 + \alpha(T_{PA} - 25)] dt \dots(2)$$

$P_m$ : 発電電力	$P_0$ : 公称電力(2.7kW)
$G$ : 傾斜面日射強度	$G_0$ : 標準日射強度(1[kW/m <sup>2</sup> ])
$\alpha$ : 温度係数	$T_{PA}$ : モジュール温度[°C]

しかし、実際には各サイトでこの2つのデータを同時に計測しているケースは少ない。その場合、一般のサイトで計測されている気象データから、この2つのデータを推定する必要があり、しかも精度の高いものでなければならない。また、気象データそのものを計測していないサイトもある。筆者らはこの場合、そのサイトから最短距離にある AMeDAS の気象データを用いて、標準発電量を評価し診断を行うことを検討している<sup>2)</sup>。今回は、2010年の快晴日について名城大学に設置しているPVシステムで実測している傾斜面日射強度とモジュール温度

を基準とし、名城大学に設置している気象センサー(気温、風速、水平面日射強度)で計測している気象データと名城大学から最短距離にある AMeDAS の気象データ(気温、風速、日照時間)を用いて、モジュール温度と傾斜面日射強度、標準発電量、そして%電力量の比較を行った。

### 3. 比較結果

筆者らのこれまでの経験では、直接傾斜面日射強度を測定していないサイトを見かけることが多い。この場合、そのサイトで水平面日射強度を計測していれば、そのデータから傾斜面日射強度を推定することが出来る<sup>3)</sup>。また、水平面日射強度も計測していないサイトでは最寄りの AMeDAS で計測している日照時間から推定することが出来る。

そこで、図1に名城大学で計測している傾斜面日射強度から求めた傾斜面日射量を基準として、水平面日射強度から求めた傾斜面日射量、名城大学から最短距離にある AMeDAS の日照時間から求めた傾斜面日射量の基準との差を比較した結果を示す。

実測値との差は気象センサーによる傾斜面日射量が平均約2[kWh/m<sup>2</sup>]、AMeDASによる傾斜面日射量が平均約10[kWh/m<sup>2</sup>]となった。また、気象センサーによる傾斜面日射量の結果がほぼプラスに、AMeDASによる傾斜面日射量の結果がほぼマイナスとなっていることが分かる。

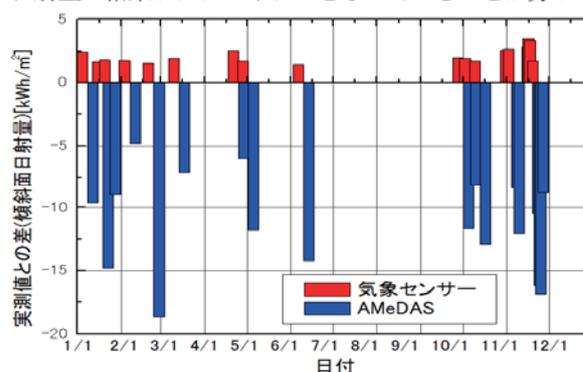


図1.傾斜面日射量の比較結果

Fig.1. Comparison result of the amount of solar radiation inclined surface

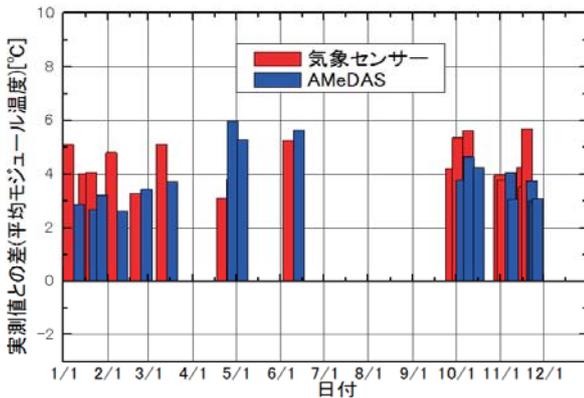


図 2.モジュール温度の比較結果

Fig.2. Comparison result of the module temperature  
次に、モジュール温度について述べる。モジュール温度を評価する際は式(3)を使用する。

$$T_{PA} = T_A + \left( \frac{46}{0.41 \times V^{0.8} + 1} + 2 \right) \times G - 2 \dots (3)$$

$T_{PA}$ :モジュール温度	$T_A$ :気温
$V$ :風速	$G$ :傾斜面日射強度
[式中の 46 と 0.41 はパネルの設置方式により異なる]	

モジュール温度についての比較結果を図 2 に示す。実測値との差を見ると、それぞれ平均で約 4.3[°C]および 3.8[°C]と高温側にずれるということが分かる。

次に、標準発電量についての比較結果を図 3 に示す。標準発電量は、モジュール温度と傾斜面日射強度を用いて式(2)から評価した値が基準となる。ここでは、それぞれ平均約 0.1[kWh]および約 2.1[kWh]と AMeDAS の気象データを用いた場合の差が大きく出るといった結果となった。

最後に、%電力量の比較結果を図 4 に示す。こちらはモジュール温度と傾斜面日射強度から評価した標準発電量を用いて算出した%電力量が基準となる。結果は、それぞれ平均約 -0.62[%]および約 10.3[%]と気象センサーを用いて評価した%電力量の差が小さく、AMeDAS を用いて評価した%電力量の差が大きくなった。

AMeDAS で差が大きく出るといった原因としては日照時間から水平面日射強度を推定するときの問題に加えて、サイトから AMeDAS の設置地点までの距離が長く、微妙な気象変化が現れることが考えられる。

#### 4. まとめ

本報告ではサイトで計測した気象データと AMeDAS の気象データから%電力量を評価し、精度の比較を行っ

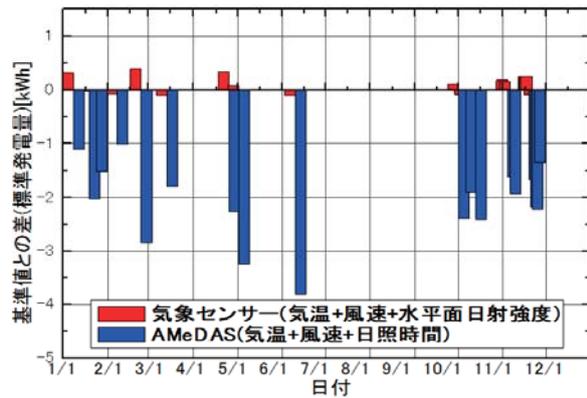


図 3.標準発電量の比較結果

Fig.3. Comparison result of the standard power

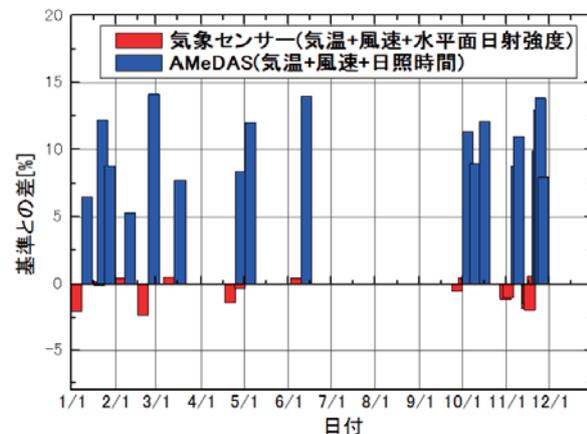


図 4.%電力量の比較結果

Fig.4 Comparison result of the % electric energy

た。その結果、サイトで計測した気象データから評価した%電力量は十分な精度が得られること、AMeDAS から得られた%電力量は誤差が大きいたことが判明した。この結果から、最低でも PV システムの設置場所で気温と風速、そして水平面日射強度を計測していれば、精度良くシステムの診断を行えるのではないかと考える。

PV システムの実用的な診断を実施するためには AMeDAS から評価した%電力量の精度を上げることも必要であり、今後検討を続けていく予定である。

#### 参考文献

- 1)樋口, 他「PV アレイの出力評価に関する検討Ⅱ」太陽/風力エネルギー講演論文集, 42(2010-11)
- 2)三山, 他「気象データを利用した PV システムの発電量推定とならし効果の検証」太陽/風力エネルギー講演論文集, 144 (2010-11)
- 3)大竹, 他「傾斜面間接日射強度の推定」太陽/風力エネルギー講演論文集, 405 (2008-11)

E-1

## 電気機器の消費電力の実態と節電への提言（第1報）

- 調査・研究の動機と実測結果まとめ -

○小田島範幸（清水建設）、小林浩（トーエネック）、留目真行（関電工）、滝澤総（日建設計）

森 明（日本照明器具工業会）、内野博道（電気設備学会）、木下信之（東京電力）、

尾瀬淳（パナソニック）、平田哲人（国土交通省）、福本剛司（東芝）

Actual Power Consumption of Electrical Equipment and Proposal for Saving Power (Part1)

Noriyuki Odajima (Shimizu Corporation), Hiroshi Kobayashi (Toenec Corporation),

Masayuki Todome (Kandenko Co., Ltd.), So Takizawa (Nikken Sekkei Ltd),

Akira Mori (Japan Luminaires Association), Hiromichi Uchino (Institute of Electrical Installation Engineers), Nobuyuki Kinoshita (Tokyo Electric Power Company Inc),

Atsushi Ose (Panasonic Corporation), Tetsuto Hirata (Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Tourism), Tsuyoshi Fukumoto (Toshiba Corporation)

キーワード：節電 消費電力 実測

## 1. はじめに

本調査は、具体的な建物内電気機器の実測を通して電力消費シミュレーションを行い、節電・省エネルギーのための具体的かつ新しい施策案を検討した事例の報告である。

第一報では、通常のオフィスで利用されている実機器の電力値を一週間実測し、機器の使い方と実際に消費する電力の双方の観点から実態を洗い出した。

東日本大震災以降、エネルギーの需給状況自体が大きく変わってきた。従来の省エネは化石燃料の使用量を減らすということであり、そのことは、オイルショック以来の流れの中で大きな意義があった。

しかし昨今の電力事情では、エネルギー需給の新たな課題として、ピーク電力への対処がにわかにクローズアップされてきている。昨年夏に続き、本年もまた「電力ピークカット（以下、「節電」と称する）」が重要かつ喫緊の課題といえる。そこで地球環境委員会 WG において、節電のための具体的施策について検討を行うこととした。

平均的なオフィスにおけるピーク時の電力消費の内訳は、空調 約 48%、照明 約 24%、OA 機器 約 16%<sup>1)</sup> であり、合計すると約 88% を占めている。よって、これらの機器の節電対策は特に効果的である。これらの機器の中でも、空調や照明については既に当 WG でも分析済みであり、また既往の検討結果も多い。

そこで本稿では、オフィスビルにおける電力ピークカット施策のうち、これまで詳しく検討されていなかったコンセント部分に着目し、OA 機器の電力消費の実態を実測により調査した。

## 2. 実測調査方法

## 2-1. 実測対象

実測対象は、一般的なオフィスで使用している電気機器とした。実測対象機器の一覧を表1に示す。また、実測を行ったオフィスの様子を図1に示す。

表1 実測対象一覧

測定対象機器	記号	製造年	消費電力表示値 [W]	
			機器毎	種類毎
デスクトップ パソコン	DPC1	2009	58	121
	DPC2	2006	102	
	DPC3	2006	84	
	DPC4	2011	240	
液晶 ディスプレイ	LCD1	2008	45	46
	LCD2	2006	52	
	LCD3	2006	42	
ノート パソコン	NPC1	2011	11	18
	NPC2	2007	25	
プリンタ	PRN	2010	550	550
コピー機	CPY1	2008	1,450	1,488
	CPY2	2009	1,500	
複合機	FXC1	2009	1,500	1,488
	FXC2		1,500	
自販機	VDM1		601	384
	VDM2	2011	202	
	VDM3		350	
冷蔵庫	RFG	2010	175	175
シュレツダ	SRD	2004	180	180
洗浄便座	WSH	2008	353	353
ポット	POT	2005	-	-



図1 実測を行ったオフィスの様子

### 2-2. 実測方法

測定器には日置電機製クランプオンパワーハイテスタ 3168 と 3169 を使用した。各機器の消費電力を、1分間隔で1週間程度測定した。

### 2-3. 実測結果

#### (1) ロードカーブ

代表的な機器のロードカーブの例を図2～図5に示す。細線が1日の1分毎データを示し、太線は同データの30分平均を示している。

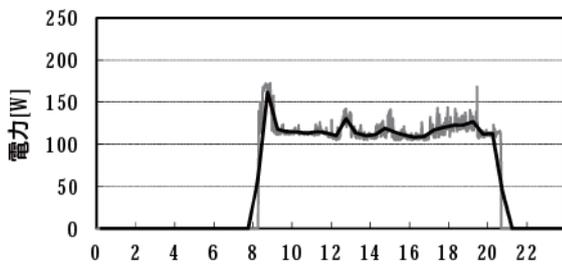


図2 1日のロードカーブ例  
(デスクトップパソコン・DPC3)

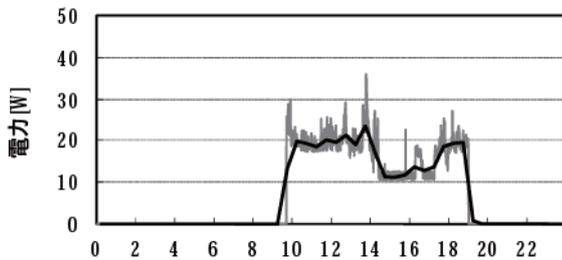


図3 1日のロードカーブ例  
(ノートパソコン・NPC1)

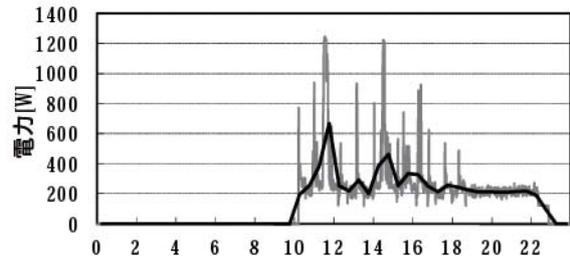


図4 1日のロードカーブ例 (コピー機・CPY1)

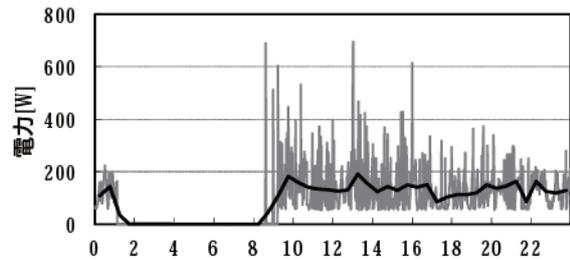


図5 1日のロードカーブ例 (複合機・FXC1)

#### (2) 最大電力

機器毎の最大電力を図6に示す。コピー機、複合機、ポットの最大電力が1,000W程度以上であり、比較的大きい。また、パソコン類は20～200W程度である。デスクトップパソコンは4種類あり、DPC1とDPC4が比較的省エネ型で、DPC2とDPC3は6年程前の旧型である。実測した最大電力が2倍程度異なっている実態が分かる。

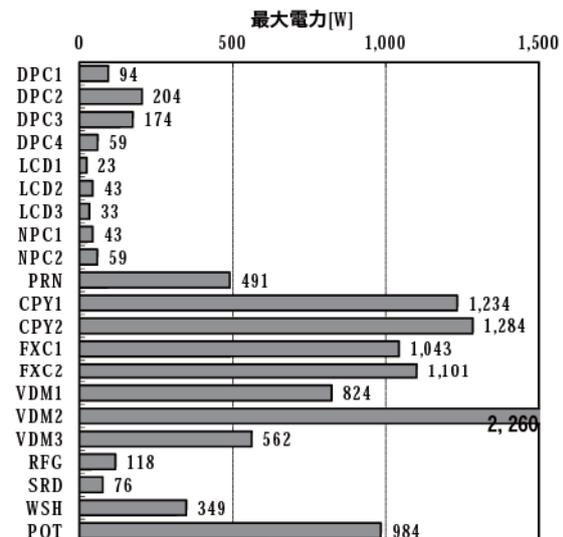


図6 機器毎の最大電力 (1分値)

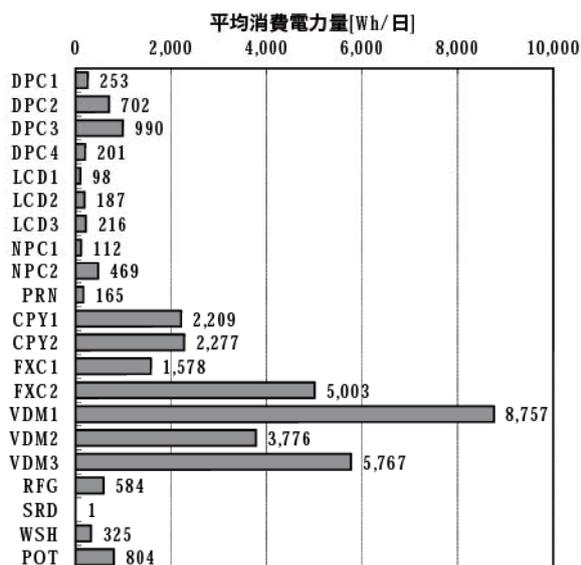


図7 機器毎の平均消費電力量 (1日あたり)

(3) 平均消費電力量

機器毎の平日1日の平均消費電力量を図7に示す。自販機(VDM)が最も大きく、続いてコピー機(CPY)・複合機(FXC)が大きいことが分かる。デスクトップパソコンも、従来型(DPC2,3)と省エネ型(DPC1,4)では倍以上の差がある。

表2に機器種類毎の最大電力と平均消費電力量及び各々の平均値を示す。この中で最大電力に着目し、節電を目標とした場合、

- ①パソコンは省エネ型又はノートパソコンとする。
- ②パソコンはオフィス内の設置台数が多いので、商用電源以外の電源活用を考える。
- ③コピー機、複合機は消費電力値が大きいので、電力ピーク時間帯には使用を制限する。

などの具体的施策が考えられる。それらについての定量的シミュレーションを第2報にて報告する。

(4) 最大電力と平均消費電力量の関係

図4に最大電力と平均消費電力量の関係を示す。「自販機(VDM)」の最大電力、平均消費電力量が大きいことがわかる。

自販機は昼夜を問わず電力を消費している。本散布図からも分かる通り、今後は夜間のタイマーによる制御なども視野に入れ節電・省エネ施策を検討すべきかもしれない。

表2 機器種類毎の最大電力と平均消費電力量

測定対象機器	記号	最大電力 [W]		平均消費電力量 [Wh/日]	
		機器毎	種類毎	機器毎	種類毎
デスクトップパソコン	DPC1	94		253	
	DPC2	204		702	
	DPC3	174		990	
	DPC4	59	133	201	536
液晶ディスプレイ	LCD1	23		98	
	LCD2	43		187	
	LCD3	33	33	216	167
ノートパソコン	NPC1	43		112	
	NPC2	59	51	469	291
プリンタ	PRN	491	491	165	165
コピー機	CPY1	1,234		2,209	
	CPY2	1,284		2,277	
複合機	FXC1	1,043		1,578	
	FXC2	1,101	1,166	5,003	2,767
自販機	VDM1	824		8,757	
	VDM2	2,260		3,776	
	VDM3	562	1,215	5,767	6,100
冷蔵庫	RFG	118	118	584	584
シュレッダ	SRD	76	76	1	1
洗浄便座	WSH	349	349	325	325
ポット	POT	984	984	804	804

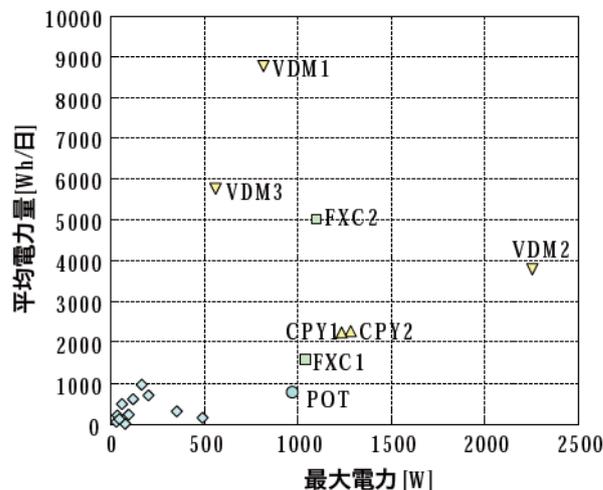


図8 最大電力と平均消費電力量の関係

3. デュレーションカーブ

3-1. デュレーションカーブの例

実測データのグラフ化だけでは、消費電力値のピークや平均的消費値などの時間的比率がわかりにくかった。そこで縦軸に消費電力値を、横軸に各消費電力の出現頻度をデュレーションカーブとして描画してみた。以下がそのグラフである。

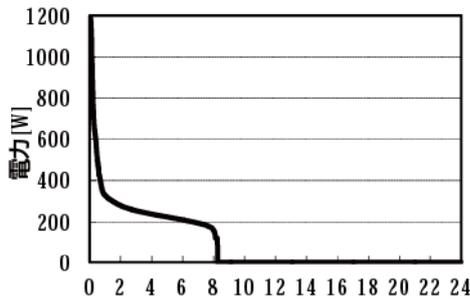


図9 デュレーションカーブの例1  
(コピー機・CPY1)

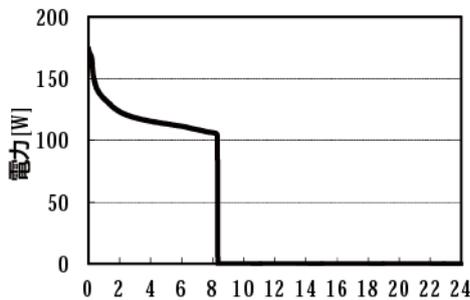


図10 デュレーションカーブの例  
(デスクトップパソコン・DPC3)

### 3-2. デュレーションカーブを用いた考察

各電気機器の消費電力をデュレーションカーブを用いて分析することで、グラフ形状が以下の2つに大別できたため、形状に応じた節電対策案を考察した。

#### (1) ピーク型

##### ① 特徴

比較的消費電力は大きいですが、最大電力値の頻度は少ない。パルス状の鋭いピーク形状となる。

(コピー機、複合機)

##### ② 節電対策案

- ・ピークをシフトする。
- ・短時間なので、運用工夫によるシフトを検討。  
例) コピー使用時間を制限するなど。

#### (2) 丘型

##### ① 特徴

ほぼ一定の電力消費値となる。ピーク型のような大きい変動がない。丘のような平坦な形状となる。

(パソコン、ディスプレイ、自販機など)

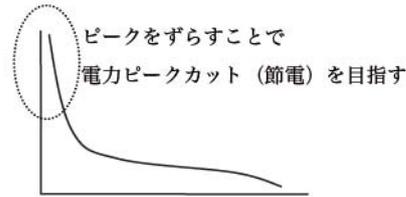


図11 ピーク型デュレーションカーブ

#### ② 節電対策案

- ・高効率機器を使う等して丘の高さを低くする。
- ・パソコン類はノート型PCに置換える。  
(例: DPC1:94[W]→LCD1: 23[W]の場合、最大電力が75%削減される)

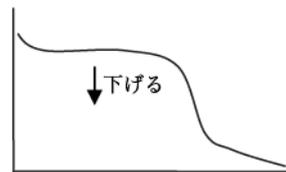


図12 丘型デュレーションカーブ

### 4. まとめ

消費電力データを実測したことで、オフィスにおける代表的な機器類の消費電力の実態値を知ることができた。

さらにデュレーションカーブ分析を行うことで電力負荷の振る舞い方の特性まで踏み込んで解析し、具体的な節電施策を提言できたと考えている。やみくもに節電・省エネを行うのではなく電気機器の実態値や使われ方の特性を知ったうえで、その活用方法を工夫することで効果的な節電が期待できるのではないだろうか。

第2報では、上記のデュレーションカーブからわかった節電対策案をベースとした定量的シミュレーションについて報告する。

上記の実測・解析結果は居住者に対して効果的な動機づけ・説明材料に生かせる考えられるので、広く活用し節電・省エネに役立てていただければ幸いである。

#### 参考文献

- 1) 事業者向け節電アクション (資源エネルギー庁)  
<http://www.meti.go.jp/setsuden/pdf/east02.pdf>

## E-11

## 自端情報のみを用いた SVR と単相 SC の協調による配電系統の電圧制御

○花田裕一, 青木睦, 鶴飼裕之, 小寺孝典 (名古屋工業大学), 小林浩 ((株)トーエネック)

Voltage Control in the Distribution System by Cooperative Operation of Step Voltage Regulator and Single-phase Static Capacitor Which Uses Only Local Information

HANADA Yuichi, AOKI Mutsumi, UKAI Hiroyuki, KODERA Takanori (Nagoya Institute of Technology), KOBAYASHI Hiroshi (Tobenec Corporation)

キーワード: SVR, SC, LDC, 協調制御

## 1. まえがき

配電系統では、線路途中にある自動電圧調整器(Step Voltage Regulator: SVR)によって電圧が適正範囲内に保たれている。しかし、現状の SVR は、一相のみ監視して制御が行われているため、電圧不平衡が大きい系統では監視相以外の相で電圧が適正範囲を逸脱する可能性がある。また、電圧の監視箇所が SVR の二次側のみであることから、系統の末端で電圧が適正範囲を逸脱する可能性がある。一方、筆者らはこれまでに、SVR と単相コンデンサ(Static Capacitor: SC)を協調的に制御することによって、電圧不平衡が発生している系統においても電圧を適正に維持できる手法を提案してきた<sup>1)</sup>。しかし、この手法は、SVR の制御に系統末端の電圧情報を用いたものであるため、通信方法などに課題が残されていた。そこで本稿では、SVR の制御方式の一つとして用いられている線路電圧降下補償器(Line voltage Drop Compensator: LDC)を用いて、系統末端の電圧を推定し、その推定値を用いて、SVR の制御を行う方法について検討を行った。

## 2. SVR 提案法と SVR, SC 協調制御法

2.1 SVR の改良型制御法<sup>1)</sup>

SVR の改良型制御法の概要について述べる。改良型制御法は、SVR が電圧を監視する相を増やすことと不感帯幅を拡大するというものである。まず、電圧監視箇所については SVR の二次側に加え、系統末端の電圧も監視するとともに、三相すべての相の電圧を監視する。そして、不感帯を 6370~6705V まで拡大する。これは、系統末端電圧の推定誤差および SVR の整定時間中の電圧変動を考慮して、電圧適正範囲 6350~6725V の上下限から 20V ずつ縮小させた値として設定した。表 1 に現状の SVR と提案する SVR の制御手法の比較を示す。なお、タップ幅はどちらも 150V とし、整定時間を 60 秒とした。

## 2.2 系統末端電圧推定手法

系統末端電圧の推定には、LDC を用いた。図 1 に LDC

表 1 SVR の制御法の比較

	現状	改良型制御法
電圧適正範囲	6350~6725V	6350~6725V
不感帯	6500~6700V	6370~6705V
電圧監視箇所	SVR 二次側電圧	SVR 二次側および系統末端推定電圧
電圧監視相	一相のみ	三相全て

の回路図を示す。LDC の原理は、SVR の二次側母線から配電線の負荷重心点までの等価インピーダンスを設け、負荷電流から電圧降下を推測するものである。具体的には、SVR の送り出し電圧を  $V_S$ 、LDC に流れる電流を  $I_{LDC}$ 、LDC の等価インピーダンスを  $R_{set} + jX_{set}$  とすると、電圧降下  $\Delta V$  および  $V_F$  の推定値  $V_{LDC}$  は以下の式で求められる。

$$\Delta V = I_{LDC}(R_{set} + jX_{set}) \quad (1)$$

$$V_{LDC} = V_S - \Delta V \quad (2)$$

なお、今回は、等価インピーダンスの値として、電圧降下が一番大きくなる、最重負荷時の 13 時のデータをもとに設定した。

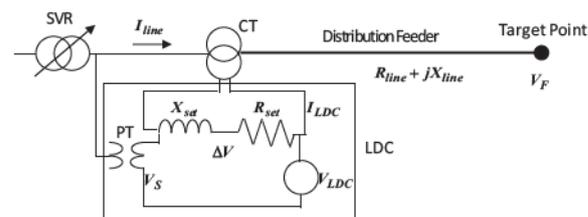


図 1 LDC の回路図

## 2.3 単相 SC の制御

SVR は三相一括で制御を行うため、電圧不平衡が大きい場合には、いずれかの相で電圧逸脱が生じやすくなる。そこで、末端需要家に設置された単相 SC を投入あるいは開放することにより、相毎に電圧を制御する。具体的には、系統末端に設置された単相 SC は自端の電圧を監視し、電圧の大きさが最大となる相の電圧の値と最小となる相の電圧の値の差が 200V 以下になるように単相

SCの投入台数を決定する。電圧差を200V以下に制御することにより、電圧不平衡率が約2%以下に抑制できる。

### 2.4 SVRとSCの協調制御法

監視電圧であるSVR二次側および末端需要家の三相の合計6つの電圧のいずれかが不感帯の上限を逸脱した場合、SVRにより150V(=タップ幅)降圧させる。降圧後、下限を逸脱した場合、その逸脱した相にSCを投入する。また、6つの監視電圧のいずれかが不感帯の下限を逸脱した場合、他の5つの監視電圧の全てが不感帯の上限より全て150V以上低ければ、SVRのタップを切替え、150V昇圧させる。全てではない場合は、SVRは動作を行わず、SCの整定時間後、下限を逸脱した相の末端需要家にSCが投入される。なお、SVRとSCが同時に動作することを防ぐため、SCの整定時間を180秒とした。

### 3. シミュレーション結果

SVR、SC協調制御法の有効性を確認するために、図2の配電系統モデルを用いてシミュレーションを行った。高圧需要家として、最大電力200~320kWの店舗、事務所、工場を想定した。C4、C9は住宅が集中して連系されていると想定し、それぞれ最大電力500kWとした。C4はab相、C9はbc相に接続されているものとし、単相負荷の接続相の偏りにより電圧不平衡が大きくなる場合を想定している。また、高圧需要家の負荷は各相の不平衡を考慮しており、需要家のロードカーブおよび負荷の不平衡条件は、重負荷時の実測データもとに設定した。また、高圧需要家には力率改善用のSCが設置されており、変圧器の需要率を考慮して、最大負荷の2/3の容量としている。シミュレーションは、以下の2つのケースについて行った。

[Case1]:現状のSVR制御(監視電圧相は $V_{ca}$ のみ)、C10のコンデンサは固定投入

[Case2]:SVR自端情報による推定値を用いたSVR、SC協調制御法

このモデルは、三相のうち電圧が一番高い相が $V_{ab}$ 、一番低い相が $V_{bc}$ であったため、シミュレーション結果は、この二つの相を示している。図3は、SVRの二次側電圧の一日の時間変化を示したものである。図4は、系統末端電圧の時間変化である。図3および図4より、Case1はSVRの監視電圧がSVRの二次側電圧で一相のみ( $V_{bc}$ )であるため、SVRの二次側および系統末端のどちらも $V_{ab}$ が適正範囲から逸脱している。一方、Case2はSVRとSCの協調制御法により、SVR二次側および系統末端のどちらの電圧も適正範囲に維持できている。図5は、系

統末端電圧不平衡率である。この図より提案の制御法により電圧不平衡率が2%以下に抑制できていることが分かる。

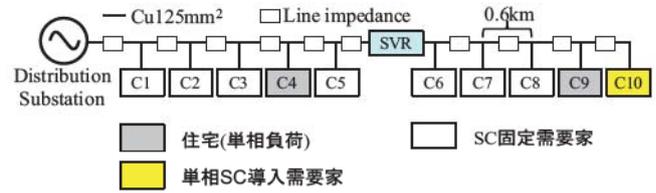


図2 シミュレーションモデル

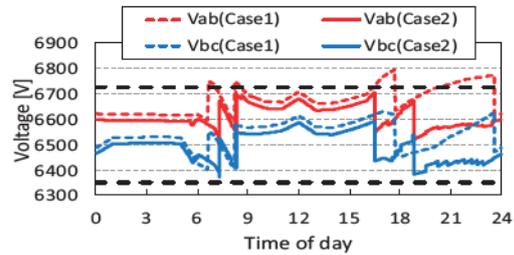


図3 SVR二次側電圧

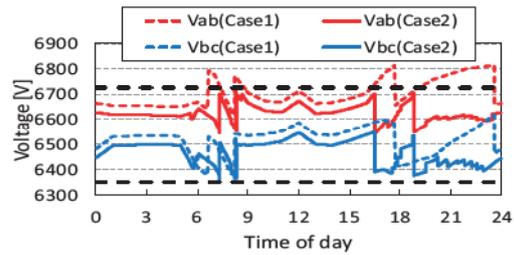


図4 系統末端電圧

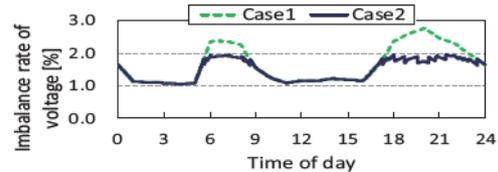


図5 系統末端電圧不平衡率

### 4. あとがき

本稿では、SVR、SC協調制御法を系統末端電圧の推定値を用いてシミュレーションを行った。自端情報のみでSVRとSCを協調制御した場合でも電圧を適正範囲に維持できると同時に電圧不平衡を抑制できることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 花田裕一, 青木睦, 鶴飼裕之, 小寺孝典, 小林浩:「SVRとSCの協調による配電系統の電圧制御に関する研究」, 平成24年電気学会電力・エネルギー部門大会

## 誘導電動機内部の固定子巻線短絡診断

中村 久栄 (株式会社トーエネック)

Diagnosis of Short-Circuit Faults in Stator Winding inside Induction Motor

NAKAMURA Hisahide (Toenec Corporation)

キーワード：診断，短絡，誘導電動機

## 1. はじめに

巻線の良否を診断する技術としては、インパルス電圧を用いた試験法（以下、インパルス試験）が有効である<sup>(1)</sup>。この手法は、診断対象巻線の両端にインパルス電圧を印加した際に巻線両端で観測される電圧波形が巻線正常と異常時で異なる点に着目し、両者のずれた部分の面積値に基づいて診断するものである。しかしながら、回転子を取り付けられた電動機では、固定子巻線に変化がみられない場合であっても回転子の位置によって観測される電圧波形は変化するため、面積値に基づいた手法を一般の電動機の内部固定子巻線の診断として適用することは難しい。

本研究は、誘導電動機において、回転子を取り付けられた場合であってもその内部の固定子巻線で発生した短絡の有無をインパルス試験を用いて簡単に判定できる診断手法を提案し、いくつかの電動機を用いた試験により、その有用性を検証する。

## 2. インパルス試験

かご型誘導電動機（2.2kW, 200V, 8.6A）の固定子巻線 W 相において 1 ターン短絡を有するものを準備する。そして、回転子を任意の位置で停止させた状態で各相間（U-V, W-U, V-W）にインパルス電圧を印加して、そのとき相間巻線の両端で観測される電圧を計測し、この電圧を基に特徴量を算出する。インパルス電圧発生部と回転子の影響を受ける固定子巻線から構成される電氣的等価回路が持つ抵抗、インダクタンス、キャパシタンス成分をそれぞれ R, L, C とし、その等価回路は RLC の直列回路として表現できるものとする。このときの LC と RC は、等価回路の差分方程式から擬似逆行列を用いることで算出できる。今回はこの LC と RC を特徴量とする。

固定子巻線 W 相に 1 ターン短絡が存在するときに、各相間で観測される電圧波形から得られた LC と RC の特徴量分布を Fig. 1 に示す。ここでは回転子を 150 通りの任意の位置で停止させた状態毎にインパルス試験を実施して、このとき求めた(LC,RC)を 2 次元プロットしている。Fig. 1 より、各相間の巻線から得

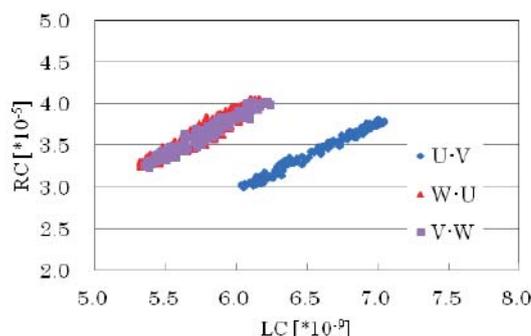


Fig.1. Feature distribution of LC and RC (1-turn short-circuit fault).

られる LC と RC の特徴量はほぼ直線状に分布することがわかる。そしてこの図より、短絡相である W 相を含む相間（V-W, W-U）から得られる特徴量分布は、健全相から成る U-V の特徴量分布の直線より離れることが確認できるが、それらは U-V の直線とほぼ平行となる。

このように、回転子を取り付けられた状態の電動機に対してインパルス試験を実施して得られる LC と RC の特徴量は、回転子の停止位置に依存せず直線状に分布する。そして、短絡のような巻線状態が変化した場合、特徴量分布の直線が存在する領域が異なるが、その直線の傾きは正常時のものとほとんど変化しない。この特性を診断に活用する。

## 3. 診断手法

診断手法について説明する。実際の診断を行う際には大きく前処理部と診断部の 2 つのフェーズに分けることができる。

前処理部では、複数台の正常な電動機において、その回転子を様々な位置で停止させた状態を作り、その停止位置毎に各相間巻線に対してインパルス試験を実施し、特徴量(LC,RC)を同定する。これらの特徴量の 2 次元分布から巻線正常時の特徴量分布の直線式を予め求めておく。これ以降、LC と RC の特徴量分布が

描くこの直線のことを、便宜上、特徴量分布直線と呼ぶことにする。

次に、実際に診断を行う。診断対象とする電動機の相間に対してインパルス試験を実施して、このとき得られる特徴量 $(x_d, y_d)$ をD点とする。このD点と巻線正常時の特徴量分布直線との距離 $d$ を求める。こうして求めた距離 $d$ の値の大きさに基づいて固定子巻線の短絡の有無を判定する。

#### 4. 検証

提案手法の有用性を実験により検証する。まず前処理部では、第2章と同じ型番で正常な2台の電動機から得られた特徴量分布において、LCをx軸、RCをy軸に取り、特徴量分布直線の式を求める。直線の式は最小二乗法を用いることで容易に求めることができる。今回求めた特徴量分布直線の式は

$$0.789x - y - 1.786 = 0 \quad \dots (1)$$

となる。ただし、ここでは直線式を簡略化するためにLCを $10^9$ 倍、RCを $10^5$ 倍している。次に診断部では、診断対象とする電動機の相間巻線に対してインパルス試験を実施する。このとき得られる特徴量のD点と(1)式で表わされる直線との距離 $d$ を求める。その距離 $d$ の大きさにより、固定子内の巻線に対して短絡の有無の判定を行う。

はじめに、正常状態にある電動機を診断する。回転子が100通りの任意の位置で停止したときに得られる特徴量の点と、(1)式で表わされる巻線正常時の特徴量分布直線との距離 $d$ をFig.2に示す。Fig.2において、横軸は試験回数、縦軸はそのときの距離 $d$ を示す。この結果からわかるように、電動機内部の固定子巻線が正常な場合には、その電動機から得られる特徴量の点と直線との距離 $d$ は回転子の停止位置によらず小さな値となる。

次に、U相において1ターン短絡を有する電動機の特徴量分布直線診断を行う。回転子の100通りの任意の停止位置で得られる特徴量の点と(1)式との距離 $d$ をFig.3に示す。Fig.3もFig.2と同様に、横軸は試験回数、縦軸は(1)式の直線との距離 $d$ を表す。健全相であるV-W間巻線に対しては、最も大きいものでも0.076であり、100通りの停止位置に対する距離 $d$ の平均値は0.024と低い値を取る。その一方で、短絡相を含む相間(U-V、W-U)の巻線に対する距離 $d$ は、その値を健全相V-W間のものと比較すると、明らかに大きくなる。

さらに、同型番で固定子巻線が様々な状態のものを追加で準備して、計7台の電動機に対して診断した結果をまとめてTable1に示す。固定子巻線が正常な場合には、距離はいずれも低い値となる。その一方で、短絡を有する場合には、距離は大きな値となる。そしてこの距離の値が大きくなった2つの相間のどちらにも

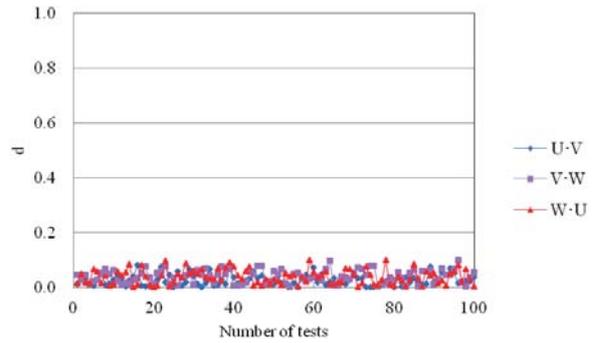


Fig.2. Value of  $d$  (healthy).

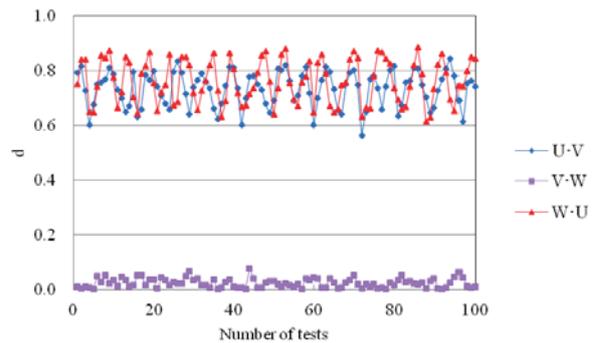


Fig.3. Value of  $d$  (1-turn short-circuit fault).

Table 1 Distance  $d$ .

Motor (status)	Probability of short-circuit		
	U-V	V-W	W-U
Healthy (No.1)	0.028	0.041	0.039
Healthy (No.2)	0.088	0.079	0.093
Healthy (No.3)	0.045	0.038	0.040
Healthy (No.4)	0.036	0.033	0.042
1-turn short (U-phase)	0.735	0.024	0.761
2-turn short (V-phase)	0.545	0.557	0.031
2-turn short (W-phase)	0.029	0.647	0.661

含まれる相に注目することで、短絡相を正しく判定することができる。

#### 5. おわりに

本研究では、停止状態にある誘導電動機において、回転子が取り付けられた状態でも回転子の停止位置に関係なく固定子巻線での短絡等の故障の有無を簡単に診断できる手法を提案した。そして、いくつかの電動機を用いた試験により、その有用性を検証することができた。

#### 文献

- (1) Wiedenbrug, G. Frey, and J. Wilson : "Early Intervention", IEEE Industry Applications Mag., Vol.10, No.5, pp.34-40, 2004..

## スクエア・メータを用いた概算見積り手法の一考察

○村田 和徳, 小林 浩 (トーエネック)

Consideration of the Rough Estimating Technique using the Square-meter

Kazunori Murata, Hiroshi Kobayashi (Toenec Corporation)

キーワード: スクエア・メータ, 概算見積り, 幹線設備, 延床面積

## 1. はじめに

概算見積りとは、積算をするための条件が不足しているときにおおよその金額を算出する見積りのことをいう。特に設計図を作成する過程において、計画と予算が現実的であるかを確認するために概算見積りが利用される。一般的な概算手法は、以下の二つに大別できる。

①過去の類似物件の工事費を参考にする方法

②概略設計をして積算する方法

いずれも短期間での作業であり、如何に概算見積りの精度を上げるかが課題でもある。

一般的に、電気設備工事原価のうち材料費では、特注機器が50%近く占めるが、次に、一般材料のウェイトが高く、その中でも電線ケーブルが多くを占める。この電線ケーブルの概算見積りの精度向上を目的に、スクエア・メータという指標を用いた概算見積り手法の有効性を考察した。

## 2. スクエア・メータの定義

建物内にふ設するケーブル導体の体積  $Q[\text{mm}^3 \cdot \text{m}]$  は、ケーブル公称断面積  $S[\text{mm}^2]$  とケーブル巨長  $L[\text{m}]$  を用いて、次の式で表すことができる。

$$Q[\text{mm}^3 \cdot \text{m}] = \Sigma (S[\text{mm}^2] \times L[\text{m}]) \quad (1)$$

そして、 $Q$  を建物の延床面積  $A [\text{m}^2]$  で除したものをスクエア・メータ (以下、sqm という。) と定義する。

$$\text{sqm} = Q[\text{mm}^3 \cdot \text{m}] / A [\text{m}^2] = Q / A [\text{mm}^3/\text{m}] \quad (2)$$

## 3. 延床面積とスクエア・メータの関係

図1から図4は、最近の店舗・事務所の当社積算実績50件における設備項目別のsqmと延床面積の関係を示したものである。各点は、各建物のsqmを表している。

幹線設備 (図1) のsqmは、延床面積に対して正の相関がある。一方で、動力設備 (図2) と電灯コンセント設備 (図3) では、sqmと延床面積との相関は低く、幹線設備と比較すると延床面積に無関係におおむね一定であるともいえる。

図4は、図1の建物用途 (店舗・事務所) を分け

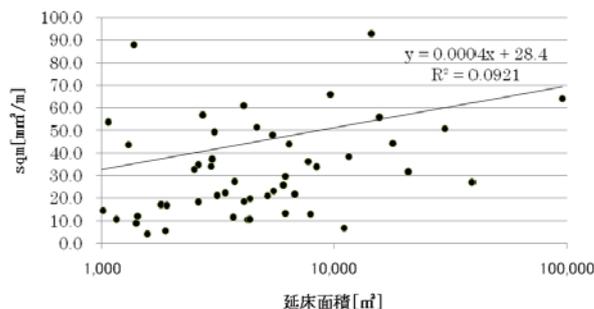


図1 sqmと延床面積 (幹線設備)

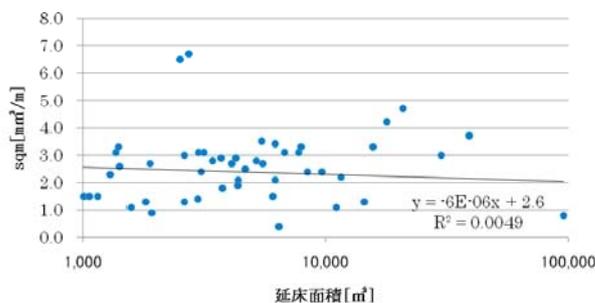


図2 sqmと延床面積 (動力設備)

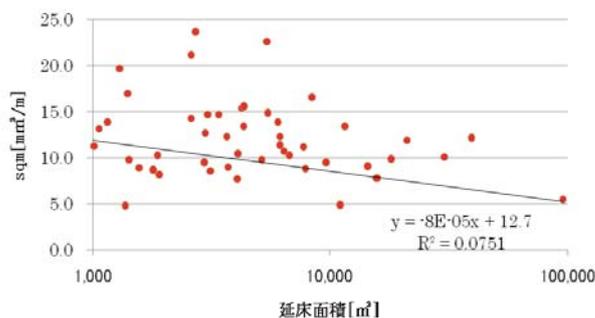


図3 sqmと延床面積 (電灯コンセント設備)

てプロットしたものであり、建物用途別のsqmの近似式は次のとおりである。

$$\text{事務所} : \text{sqm} = 0.0006 \times A + 20.0 \quad (3)$$

$$\text{店舗} : \text{sqm} = 0.0003 \times A + 38.5 \quad (4)$$

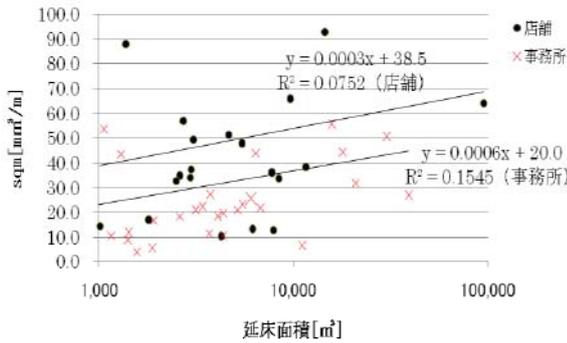


図4 建物用途別の sqm と延床面積

特徴は、同じ延床面積の場合に、事務所と比較して店舗の sqm の方が大きいことである。

幹線設備では、延床面積が大きいほど受変電設備と負荷機器との距離が長くなるため、sqm も延床面積が大きいほど大きくなると考えられる。また、事務所と店舗を比較すると、面積あたりの設備容量(電力密度)は店舗の方が大きく、電流値も大きくなる。そのため使用銅量が多く、店舗の sqm が大きくなると考えられる。このように建物用途によっても sqm の値は異なるため、sqm の精度をより向上させるには、建物用途毎に分類したデータが必要となる。

#### 4. sqm を用いた概算見積りの例

sqm を用いて幹線設備の概算見積もりを行った例を述べる。

##### (1) 算出条件

- ・建物用途：ショッピングセンター（店舗）
- ・延床面積：3,000 m<sup>2</sup>
- ・sqm：(3)式より次のとおりである。  
sqm = 0.0003 × 3,000 + 38.5 = 39.4 [mm<sup>2</sup>・m]
- ・ケーブル単価：表1のとおりとする。

表1 CVT ケーブル単価（複合単価C地区）<sup>1)</sup>

サイズ	ラック配線単価 [円/m]
14 mm <sup>2</sup>	1,370
22 mm <sup>2</sup>	1,800
38 mm <sup>2</sup>	2,540
60 mm <sup>2</sup>	3,550
100 mm <sup>2</sup>	5,260
150 mm <sup>2</sup>	7,110
200 mm <sup>2</sup>	8,940

##### (2) 算出手順と結果

ケーブル導体の体積を、次のとおり求める。

$$\begin{aligned} \text{ケーブル導体の体積} &= \text{sqm} [\text{mm}^2/\text{m}] \times \text{延床面積} [\text{m}^2] \\ &= 39.4 [\text{mm}^2/\text{m}] \times 3,000 [\text{m}^2] = 118,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

##### (a) 幹線サイズを CVT38 mm<sup>2</sup> とした場合

$$\begin{aligned} \text{ケーブル亘長} &= 118,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \div 38 [\text{mm}^2] \\ &= 3,110 [\text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ケーブル金額} &= 2,540 [\text{円}/\text{m}] \times 3,110 [\text{m}] \\ &= 7,899,400 [\text{円}] \end{aligned}$$

##### (b) 幹線サイズを CVT60 mm<sup>2</sup> とした場合

$$\begin{aligned} \text{ケーブル亘長} &= 118,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \div 60 [\text{mm}^2] \\ &= 1,970 [\text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ケーブル金額} &= 3,550 [\text{円}/\text{m}] \times 1,970 [\text{m}] \\ &= 6,993,500 [\text{円}] \end{aligned}$$

##### (c) 幹線サイズを 38 mm<sup>2</sup> と 60 mm<sup>2</sup> の2種類とし、

38 mm<sup>2</sup> の亘長を 2,000m とした場合

$$\begin{aligned} 38 \text{ mm}^2 \text{ の導体の体積} &= 38 [\text{mm}^2] \times 2,000 [\text{m}] \\ &= 76,000 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

60 mm<sup>2</sup> の導体の体積

$$\begin{aligned} &= 118,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] - 76,000 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \\ &= 42,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 60 \text{ mm}^2 \text{ の亘長} &= 42,200 [\text{mm}^2 \cdot \text{m}] \div 60 [\text{mm}^2] \\ &= 703 [\text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ケーブル金額} &= 2,540 [\text{円}/\text{m}] \times 2,000 [\text{m}] \\ &\quad + 3,550 [\text{円}/\text{m}] \times 703 [\text{m}] \\ &= 7,575,650 [\text{円}] \end{aligned}$$

以上のように、ケーブル導体の体積は同一であっても、ケーブルサイズの選定方法によって金額に相違が発生する。よって、実務では、建物用途及び延床面積などを考慮し、設計図に実際に反映するサイズを選定し、概算金額を算出する。

#### 5. おわりに

sqm を用いた概算見積り手法は、簡易的な計算であるが、過去の実績に基づき平均的な見積額を算出する手法として有効であると考えられる。しかしながら、実際の建物用途は千差万別であり、平均的な sqm では対応できない場合もある。なお、特殊な建物については別途考慮が必要であるため、今後もデータを蓄積して概算見積りの精度を上げていきたい。

#### 参考文献

- 1] (有) 全日出版社：電気設備工事積算実務マニュアル平成 21 年度版 PP.166 2009.7 発行

## 鑄造工場における溶解設備構築支援ツールの開発

○水野誠 (株トーエネック), 佐藤進, 大田智一 (富士電機株)

Development of Construction supportive tool for melting furnace in casting factory  
MIZUNO Makoto (TOENEC Corporation), SATO Susumu and OOTA Tomoichi (Fuji Electric Co., Ltd.)

キーワード: 誘導炉, CO2削減, シミュレーション

### 1. まえがき

鑄造工場ではコークス燃焼式溶解設備 (以下、「キューボラ炉」と呼ぶ。) または誘導加熱方式による電気式溶解炉 (以下、「誘導炉」と呼ぶ。) 等の溶解設備を用いて、鉄などのスクラップ金属材料を溶解し、「溶湯」と呼ばれる熔融金属を製作する。溶解作業と並行して、砂等を原材料として造型機により作製した鑄型に溶湯を流し込んだ後、冷却して製品を取り出すという工程で鑄物製造を行っている。

近年、多品種少量生産へ操業形態が変化しつつあり、生産品ごとに異なる溶湯成分 (品質) が要求されることが多くなってきている。この場合、キューボラ炉のような連続式溶解設備よりも誘導炉のようなバッチ式溶解設備のほうが溶湯成分の切り替えに対応しやすいため、誘導炉導入事例が増えてきている。また、誘導炉はキューボラ炉よりもCO2排出量が少ないため、地球温暖化防止の面でも有効な設備である。

上記の理由により、誘導炉の導入を検討する鑄造工場が増えてきているが、誘導炉の設備仕様や誘導炉による操業方法の検討などに多くの時間を必要とするため、作業の省力化が必要となっている。

このような背景により、誘導炉の導入に際し、最適な設備構成の検討や操業シミュレーションを行う溶解設備構築支援ツールを共同開発した。本稿では溶解設備構築支援ツールについて紹介する。

### 2. ソフトウェア概要

本ソフトウェアは、現状のキューボラ炉による操業状態と誘導炉への更新後の操業状態を入力するだけで、自動的に誘導炉の台数、容量を決定し、誘導炉による操業状態のシミュレーションを行えるようにした。また、この結果に基づき溶解設備や受変電設備のインシヤルコストとランニングコストを算出し、これらの結果が記載された比較表を自動作成することが可能である。

#### 2.1 データベース

本ソフトウェアでは、以下の5項目について予めデータベース化されており、これらのデータはいずれも任意に変更できるようにしている。

- ① 誘導炉仕様: 定格容量, 定格出力, 電力原単位など
- ② CO2排出係数
- ③ 誘導炉概算費用: 炉別概算費用
- ④ 電気料金契約メニュー: 基本料金, 時間帯別料金
- ⑤ 受変電設備概算費用: kVA別受変電設備費用

#### 2.2 入力項目

図1に示す操業条件などの入力画面により、誘導炉の操業シミュレーションに必要な項目の入力・選定を行う。ここでは特に重要な項目について述べる。

図1 入力画面 (操業条件)

#### ① 溶解量の算出

溶解量の算出方法には以下の2つがある。

- 1) 必要溶解量による算出方法  
1 か月あたりの必要溶解量から日単位の溶解量を算出する。
- 2) 鑄込み量による算出方法  
1)の必要溶解量が不明な場合には、以下の式(1)により溶解量を算出する。ここで平均鑄込み量とは、鑄型に流し込む溶湯量の平均値、平均タクトタイムとは、1つの鑄型へ溶湯を注ぎ込む時間のことである。

$$\text{溶解量} = \frac{\text{平均鑄込み量} \times 60}{\text{平均タクトタイム}} \times \text{炉稼働日数} \times \text{操業時間} \cdots (1)$$

#### ② 誘導炉操業方法の選択

図2に示す2種類の操業方法から選択する。

- 1) 連続方式  
溶湯を注湯工程へ連続的に供給する方法であり、注湯工程では鑄込み作業を停止せずに操業可能と

なるため、作業ロス時間が少ない。

- 2) バッチ方式  
 溶湯を注湯工程へ断続的に供給する方式であり、誘導炉のピーク電力を抑制することが可能となるが、注湯工程の生産効率が低下することがある。

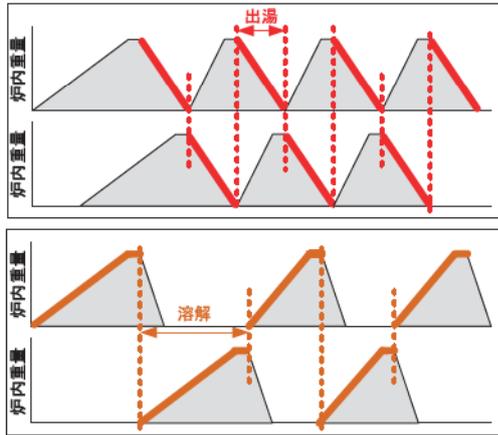


図2 誘導炉操作方式 (上:連続方式, 下:バッチ方式)

### 3. 作業シミュレーション

#### 3.1 アルゴリズム

図3にて誘導炉の作業シミュレーションのアルゴリズムを説明する。

- ① 溶解量の算出  
 2.2で示したいずれかの方法により溶解量を算出。
- ② 溶解可能量の算出  
 登録誘導炉の全組合せについて溶解可能量を算出。
- ③ 設備仕様判定  
 必要量と各溶解可能量を比較し、溶解可能量が溶解量以上となる組合せを判定。
- ④ 操業可否判定  
 抽出した全ての誘導炉の組合せについて、操業シミュレーションを実行し、操業可否について判定。

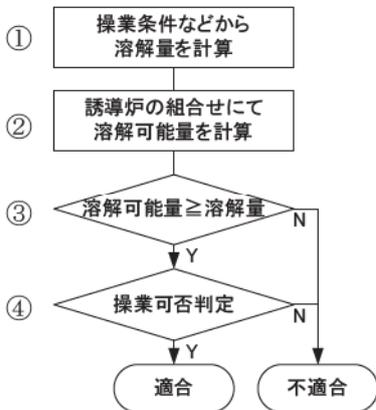


図3 シミュレーションアルゴリズム図

#### 3.2 シミュレーション結果

シミュレーションの実行結果は、図4に示すように、誘導炉の台数・容量、インシヤル・ランニングコスト、契約電力などが一覧表として表示される。この表示結果から有効と思われる3種類を選定し、提案書に出力することが可能である。提案書には以下の内容が記載され、熱源転換前と転換後の費用などを比較できる。

- ① 誘導炉仕様：炉台数、定格容量、定格出力
- ② 年間エネルギー費用：コークス費用、基本および従量料金
- ③ CO2 排出量
- ④ その他費用：炉本体補修費用など。

また、提案書では図5に示すように、各誘導炉の操業シミュレーション結果と時間帯別電力量などが示される。また、選定した誘導炉のレイアウト図なども表示される。

No	溶解炉	初期費用	年間電気代	契約電力	CO2排出量	備考
1	連続 1500kg(1200kW)×3台	363,400千円	40,976千円	1,874kW	1,874t/年	未選択
2	連続 2000kg(1200kW)×3台	366,400千円	46,169千円	2,165kW	1,904t/年	未選択
7	連続 3000kg(2400kW)×2台	361,000千円	48,243千円	2,323kW	1,861t/年	未選択
3	連続 2000kg(1500kW)×3台	389,500千円	49,505千円	2,429kW	1,872t/年	未選択
4	連続 3000kg(1200kW)×3台	370,000千円	54,099千円	2,586kW	1,971t/年	未選択
5	連続 3000kg(1500kW)×3台	392,800千円	58,330千円	2,930kW	1,926t/年	未選択
10	連続 5000kg(2400kW)×2台	379,000千円	60,202千円	2,984kW	1,968t/年	未選択
6	連続 3000kg(1800kW)×3台	419,600千円	62,073千円	3,223kW	1,901t/年	未選択
12	連続 5000kg(3500kW)×2台	408,000千円	68,765千円	3,635kW	1,907t/年	未選択
8	連続 3000kg(2400kW)×3台	456,500千円	68,814千円	3,744kW	1,866t/年	未選択
9	連続 5000kg(1800kW)×3台	443,000千円	76,752千円	3,980kW	2,042t/年	未選択
14	連続 6000kg(4000kW)×2台	452,000千円	78,091千円	4,223kW	1,940t/年	未選択
11	連続 5000kg(2400kW)×3台	301,500千円	86,673千円	4,749kW	1,996t/年	未選択

図4 操業シミュレーション結果一覧表

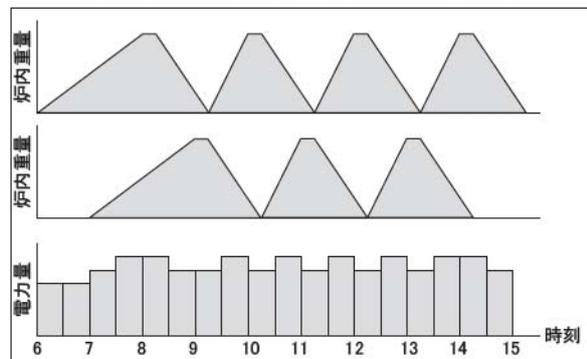


図5 操業シミュレーション結果(詳細)

#### 4. 今後

本ツールは溶解設備にキュポラ炉を利用する鋳造工場のお客さまが、誘導炉の導入検討する際の溶解設備構成最適化をサポートするツールとして開発した。現在、1軒の工場において、シミュレーション結果の妥当性などを確認している。今後は、本ツールを活用し鋳造工場におけるCO2排出量削減等への貢献に努めていく。

F-3

## コンプレッサの突入電流を考慮した保護協調の検討事例

○牧 秀幸 (㈱トーエネック)

An examination of protection coordination considering inrush current of the compressor  
MAKI Hideyuki (Toenec Corporation)

キーワード：コンプレッサ、突入電流、Y-Δ始動、保護協調

### 1. はじめに

コンプレッサは、工場等における生産設備の動力源およびブローなどの用途で多用されている。エネルギー使用量は、工場全体の数割を占めることもあり、単機容量では、電源電圧が低圧の場合では、100kWを超えるものもある。

このような大きな容量のコンプレッサは、一般に始動時の電流を低減する回路が設けられ、Y-Δ始動などの始動回路による方法やインバータによる始動が行われる。

Y-Δ始動においては、Y回路からΔ回路に切り替わる際、大きな励磁突入電流が流れることがあり、この電流により上位の過電流遮断器がトリップすることがある。

本稿では、コンプレッサをY-Δ始動する場合の保護協調への影響を検討した事例について報告する。

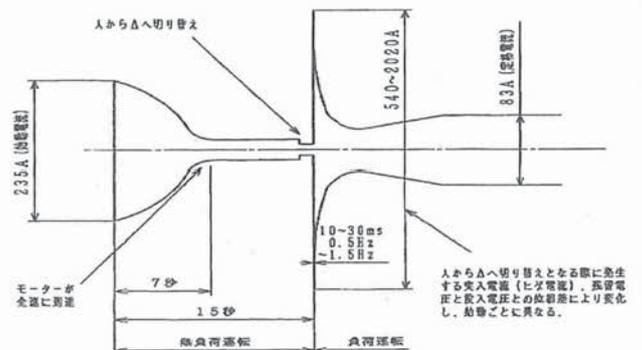


図1 コンプレッサの始動電流

### 2. 検討対象コンプレッサの仕様および特性

#### (1) コンプレッサの仕様

定格出力：45kW

定格電流：83A

電源電圧：3相 440V, 60Hz

始動方法：Y-Δ始動

#### (2) 始動電流

図1に、当該コンプレッサをY-Δ始動した場合の電流の時間変化の一例を示す。励磁突入電流の大きさは、電圧の投入位相や変圧器の残留磁束等で変化し、今回の例では、最大で2020Aに達する。ただし、このような大きな電流が流れる時間は30ms以下と短い。

### 3. 保護協調の検討

#### (1) 電源系統の単線結線図

コンプレッサの接続される電源系統の単線結線図を図2に示す。過電流遮断器、PF (パワーヒューズ) などが設置されており、これらに対する保護協調およびCTや変圧器への許容電流への影響について、検討を行う必要がある。

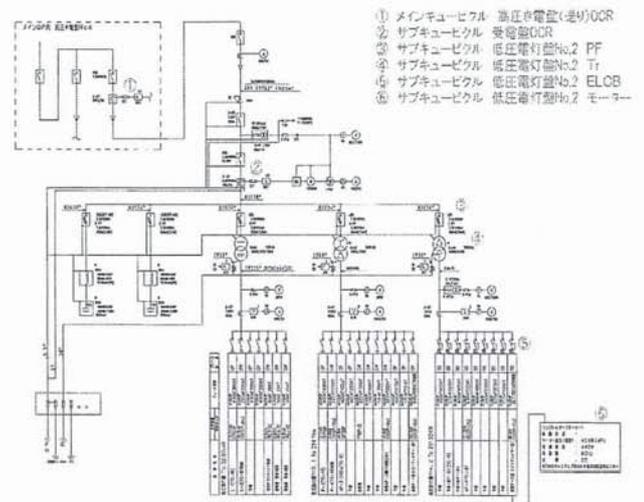


図2 電源系統の単線結線図

(2) CTの許容電流に対する影響の確認

CTの許容電流は、次式で表される。

$$\text{許容電流[A]} = \text{過電流倍率} \times \text{定格電流[A]}$$

各CTの許容電流を計算した結果を表1に示す。これらの計算値に対し、突入電流の最大値は、低圧側で2020A、高圧(6.6kV)側で135[A]であるため、問題はない。

表1 CTの許容電流

CT設置場所	過電流倍率	定格電流 [A]	許容電流 [A]
低圧動力盤	40	1000	40000
高圧受電盤	40	100	4000
高圧き電盤	40	100	4000

(3) 変圧器の許容電流に対する影響の確認

変圧器の短時間許容電流は、次式で表される。

$$\text{短時間許容電流[A]} = \text{短時間過電流倍率 (30ms)} \times \text{定格電流[A]}$$

変圧器は、500kVAであり、高圧側定格電流は43.7[A]である。また、短時間過電流倍率(30ms)は25倍である。したがって、短時間許容電流は、 $25 \times 43.7[A] = 1093[A]$ となり、突入電流の最大値135[A]に対して余裕があり、問題はない。

(4) 保護協調の検討

高圧き電盤OCR、高圧受電盤OCR、PF、低圧動力盤ELCBの保護協調曲線を図3に示す。

同図には、コンプレッサの突入電流の値も記載しており、たとえ同容量のコンプレッサが2台同時に始動したとしても、保護協調の問題は無いことがわかる。

4. おわりに

本稿では、比較的大容量のコンプレッサが始動する際の突入電流により、保護協調や機器耐量への影響について検討した結果を示した。

このような検討は、極めて基本的な内容であるが、事前に十分な検討がされないために保護協調がうまくいかず、お客さまから相談を受けることがある。

本稿が、電気設備設計の一助となれば幸いである。

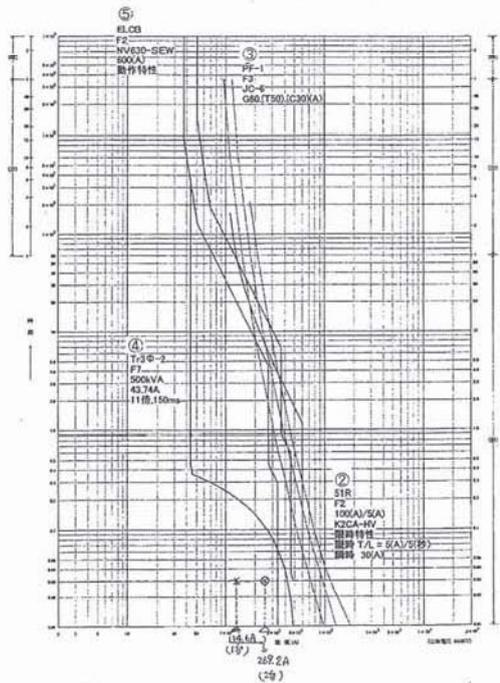
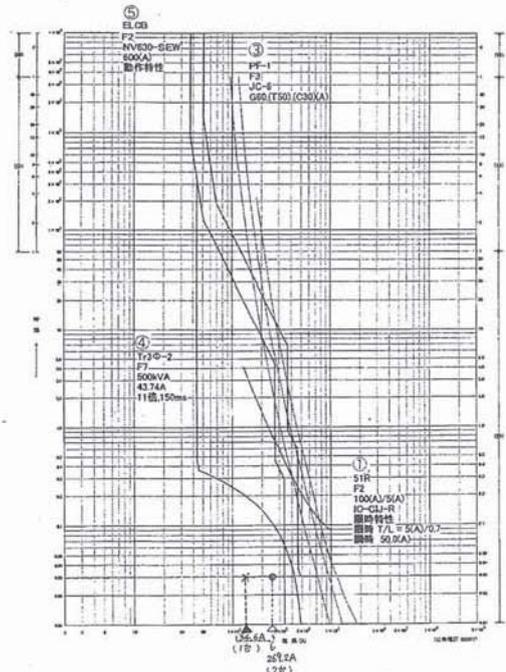


図3 保護協調曲線

## 免震構造建築物の免震層における幹線施工の一事例

○安藤 重人 (トーエネック), 柳瀬 貴志 (トーエネック),  
伊藤 公一 (トーエネック), 鈴木 大介 (トーエネック)

The Construction of Trunk Lines on the Quake-absorbing Layer  
in a Quake-absorbing Structure Building

ANDO Shigeto(Toenec Corporation), YANASE Takashi(Toenec Corporation),  
and ITO Koichi(Toenec Corporation), SUZUKI Daisuke (Toenec Corporation)

キーワード：地震，免震構造，ケーブル余長，多条ふ設，バスダクト

## 1. はじめに

日本は、世界でも有数の地震常襲国であり、2011年東日本大震災では被害の大きさや影響を改めて実感させられた。そして、このような経験を通して事業継続性への認識が高まり、重要性や公共性の高い建物に対する地震災害を最小限に抑える為、免震構造建築物への注目が高くなってきている。

本文では、免震構造建築物において電気設備施工を行う場合に、特に注意が必要となる免震層における幹線施工の一事例について紹介する。

## 2. 免震層における幹線施工事例

## 2.1 幹線ルート

屋外キュービクルより建物内免震層を通り、各階の東西 EPS 内各分電盤へ幹線をふ設する。

## 2.2 ふ設方法の検討

## (1)免震層内の配線方法

免震層内は、変位吸収の為の設備スペースや免震ゴムおよび設備免震システムの点検、取替えの動線確保が必要である。

本物件では、幹線にケーブルを使用する場合、条数が多くなり、ケーブルラックの多段化が必要となる。しかし、上記理由により免震層ではスペースの確保が難しい。したがって、バスダクト配線が有効である。本物件での事例においても、免震層ではバスダクトを計画した。

## (2)屋外キュービクルから免震層内バスダクトへの配線方法

地震発生時には、免震層上部と免震層下部は水平に変位する。今回検討した建築物は、地下ピットに積層ゴムを使用した免震構造となっており、免震クリアランスはX・Y方向へ600mmである(図1参照)。

したがって、屋外キュービクルからの配線と免震層のバスダクトへの接続部は、水平変位のどの位置に下部構造が動いても追従できるように、可動や変形できるように計画する必要がある。よって、この要件を満足するには、ケーブルを選択することが最適であり、ケーブル余長を検討する必要がある。

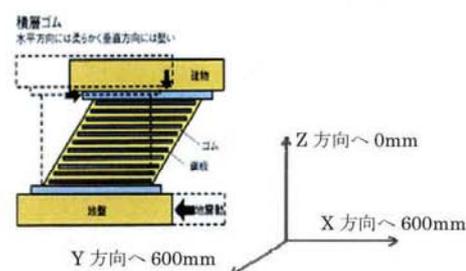


図1 免震クリアランス参考図

## 2.3 ケーブル余長の検討

ケーブル余長の取り方を図2に示す状況で検討した。図2において、バスダクトの位置を梁まで上げている理由は、ケーブルとの接続位置を出来るだけ高くし、作業性を向上させるためである。

ケーブル余長の算出方法を以下に示す。

ケーブル余長Lは、式(1)により算出した。式(1)の第1項は $\ell/2$  (700mm)を半径とする半円の長さを表しており、これに $\ell$ を加算してケーブル余長とした。計算の結果、 $L=2600\text{mm}$ となった。

ここで、 $\ell/2$  (700mm)は、ケーブルの許容曲げ半径以上にする必要がある。本物件で使用したケーブルはCVT325sqであるが、 $\ell$ 2部分において単芯ケーブルに解いている。許容曲げ半径は、仕上げ外径(31mm)の8倍であり、最小248mmとなる。本物件は700mmなので、これを超える十分な曲げ半径

となっている。

また、ケーブル余長 L は、式(2)で求められる地震時において A 点のケーブルが C 点(最大変位点)まで動いた際の B 点から C 点までの直線距離 D より大きくしなければならない。

ケーブル余長：

$$L[\text{mm}] = 2\pi(\ell_2/2)/2 + \ell_1 \dots (1)$$

地震時において A 点のケーブルが C 点(最大変位点)まで動いた際の B 点から C 点までの直線距離：

$$D[\text{mm}] = (\ell_2^2 + (\ell_1 + AC + 300)^2)^{0.5} \dots (2)$$

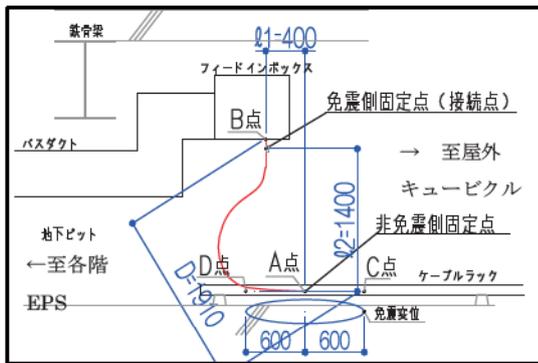


図2 施工案

本物件は、計算の結果 D=1910mm となり、L (2600mm) は D より十分長い問題はない。なお、式(2)において、AC+300 とした理由は、免震変位 600mm に対して 300mm の余裕を見込んだことによる。

### 2.4 ケーブルの不均衡電流の検証

屋外キュービクルから免震層内バスダクトまでの配線はケーブルを複数並列接続する同相多条布設を行っている。したがって、各ケーブルの配置によっては、電流に不平衡が生じる恐れがある。そこで、ケーブル各相に流れる電流値をクランプメーターにて測定した。

ただし、測定時における負荷の状況は不明である。そこで、以下の式(3)により最大負荷時における各ケーブルの電流を推定した。

各ケーブルの電流[A]

$$\begin{aligned} &= \text{設計最大負荷電流 (1460A)} \\ &\times \text{各相における各ケーブルの実測電流値} \\ &\div \text{各相の合計実測電流値} \dots (3) \end{aligned}$$

表1の上段に実測値を、下段に最大負荷時を想定した場合の推定値を示す。

表1 各ケーブルの電流

一般動力	幹線No	電流値(A)			
		R相	S相	T相	
実測値 CVT325*5	1-201-1	1	73.1	69.1	73.5
		2	67.6	78.0	70.6
		3	66.3	77.9	71.0
		4	71.4	63.6	60.3
		5	74.3	65.2	61.6
	計		352.7	353.8	337.0
推定値 CVT325*5	1-201-1	1	303.0	285.0	318.0
		2	280.0	322.0	306.0
		3	274.0	321.0	308.0
		4	296.0	263.0	261.0
		5	307.0	269.0	267.0
	計		1460.0	1460.0	1460.0

以上より、最大負荷容量を想定した場合においても、十分許容電流値(日立電線カタログ参照：356A)の範囲内に納まっていることがわかる。

### 3. おわりに

本文は、免震構造建築物の免震層における幹線施工事例を紹介した。免震構造建築物における電気設備計画は、免震層変位への対応においてケーブル配線が主となり、ケーブルの十分な余長を検討することが重要となる。

また、同時に幹線ケーブルを多条ふ設する際には、不平衡電流の影響を考慮する必要がある。

### 参考文献

- 1) 免震ビルで引込みや幹線の振れに対する施工方法は？ 電設技術 (2008年2月号)
- 2) 電線・ケーブル総合ガイドブック 日立電線株式会社 (2011年8月)
- 3) 積層ゴムの特徴 横浜ゴム株式会社 Web 掲載資料

G-2

## 高圧受電設備におけるオイルミスト対策

○市川 孝二(トーエネック), 中村 久栄(トーエネック)

Planning and Construction to Protect a High-voltage Substation Facility from Oil Mist  
Koji Ichikawa , Hisahide Nakamura (Toenec Corporation)

キーワード：高圧受電設備，オイルミスト対策

### 1. はじめに

切削油を大量に使用する工作機械等の金属加工工場では、多くのオイルミストが発生する。これらのオイルミストが電気設備に付着すると、動作不良、絶縁性能の低下等の原因となり、設備の期待耐用年数を低下させてしまう。

本研究では、工場内の開放型受変電設備をキュービクル式にリニューアルする際のオイルミスト対策の施工法について紹介する。

### 2. オイルミスト対策

#### 2.1 施工法

本工事概要は、開放型受変電設備(4,300kVA)をキュービクル式受変電設備(4,250kVA)に更新するものである。

図1に示すように換気扇が動作した時に工場内の空気が吸気口からキュービクル内に取り込まれる。キュービクル内の機器をオイルミストから保護するには、この流れを防ぐことが効果的である。このためには、キュービクルを壁と天井で囲い、電気室にすることが望ましいが、放熱の為に空調機を設置する必要が生じることや、電気容量が1,000kVA超のため、特殊消火設備が必要となり、イニシャルコスト及びランニングコストが高額になってしまうなど問題点がある。

そこで、図2のように吸気口のある側のみ天井を貼り、キュービクルと天井と壁に囲われた空間に天井から外気を供給することにより、工場内の空気が当該部分に侵入するのを防ぐ施工法を提案した。ここでは有圧扇を工場の外壁面に取り付け、キュービクル側へ外気を供給する。このときのダクト図を図3に示す。本提案は、外気を供給するための有圧扇と移動式の特殊消火設備で済むことから、電気室にする場合よりもイニシャルコストを抑えることができるといった利点がある。

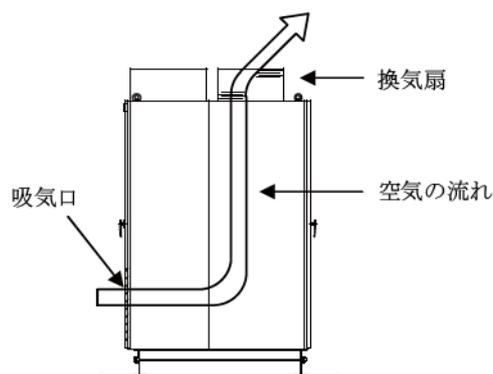


図1 キュービクル内の空気の流れ

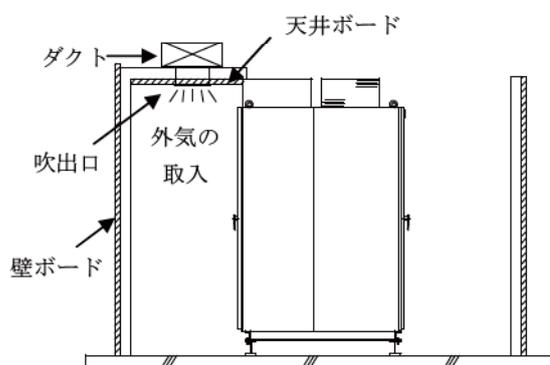


図2 対策概要図

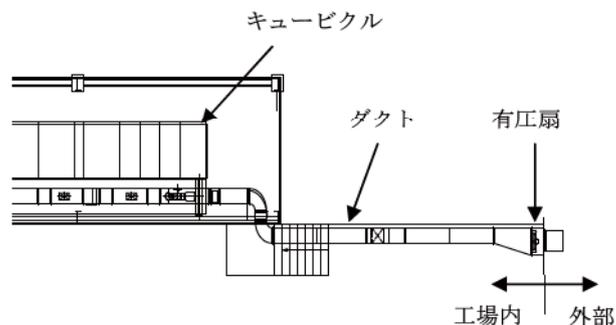


図3 ダクト図

## 2. 2 有圧扇の選定

キュービクルの総換気風量は、 $(1,980[\text{m}^3/\text{h}] \times 6 [\text{台}] = 11,880[\text{m}^3/\text{h}])$ 以上の能力が設置されているため、有圧扇の風量も  $11,880[\text{m}^3/\text{h}]$ 超の機器を選ぶことが望ましい。しかしながら、本工場と同風量を確保するには、設置場所に制限があることや、騒音が近隣に影響を与えてしまうなどの問題が生じる。これらを考慮して、3相3線200V750W、風量  $5,030[\text{m}^3/\text{h}]$ の有圧扇を選定することとした。

また、有圧扇の電源に周波数制御を行い、キュービクルの換気扇が全て停止している時に限り有圧扇の周波数を下げて、消費電力を抑制する措置を施した。

表1 有圧扇の性能比較

風量	11,880[m <sup>3</sup> /h]	5,030[m <sup>3</sup> /h]
容量	750W×2台	750W
騒音	61.5[dB]	58.5[dB]
大きさ	620×620×2台[mm]	620×620[mm]

## 3. 検証結果

本施工は、2008年6月に行なったものだが、その後4年を経過し、2012年5月に撮影したキュービクル内の変圧器と床の様子をそれぞれ写真1、2に示す。キュービクル内の機器や床の状況を確認した結果、オイルミストの付着は殆ど認められず、竣工後にキュービクル内の清掃を行なった事例が無いことを踏まえると、今回の対策が効果的であったことが言える。



写真1 変圧器の状況



写真2 キュービクル内の床の状況

## 4. おわりに

本事例は、金属加工工場における工場内オイルミスト対策について、有圧扇により外気をキュービクルへ供給する施工法を提案し、4年後の検証結果は、期待通りの効果を得ることができた。

今後の改善点として、ダクトのルート及び系統を工夫して、有圧扇を複数台分散して設置する等の検討を行って、理想的な風量を確保する事により、さらに信頼性のある設備を構築できるように努めたい。

## 参考文献

- 1) 消防用設備等技術基準(通則・運用・特例基準編 2008)名古屋市消防局予防部指導課推薦

## 破碎機に起因する電圧変動とフリッカの測定事例

○小倉友和, 山下絢也, 小林 浩 (トーエネック)

Measurement of Variation and Flicker of Voltage Caused by Crushers  
Tomokazu Ogura, Junya Yamashita, Hiroshi Kobayashi (Toenec Corporation)

キーワード：フリッカ，電圧変動，瞬時電圧低下，破碎機

### 1. はじめに

需要家で使用される負荷機器の中でも，容量が大きく，起動・停止を繰り返すものは，しばしば「フリッカ」の発生原因になることがある。今回，高圧受電の某工場において操業中に水銀灯が消灯する障害が度々発生した。その原因調査と対策検討の事例を紹介する。

### 2. 原因調査

#### 2. 1. 調査内容

需要家への聴き取り調査により，工場稼働中に複数台の破碎機が起動した時に，水銀灯が消灯する現象が集中して発生していることがわかった。そのため，図1のように，受電点および対象破碎機（複数台ある内の最大容量のもの）での起動時の電圧・電流波形測定，及び受電点での電圧実効値，電圧フリッカ（ $\Delta V_{10}$ ）値の時系列測定を行った。

#### 2. 2. 測定方法

##### (1) 使用機器

- ・日置電機製 電源品質アナライザ 3196
- ・日置電機製 メモリハイコーダ 8808-50

##### (2) 測定条件

- ・波形測定：破碎機起動時
- ・時系列測定：連続2週間（データ間隔：1分）

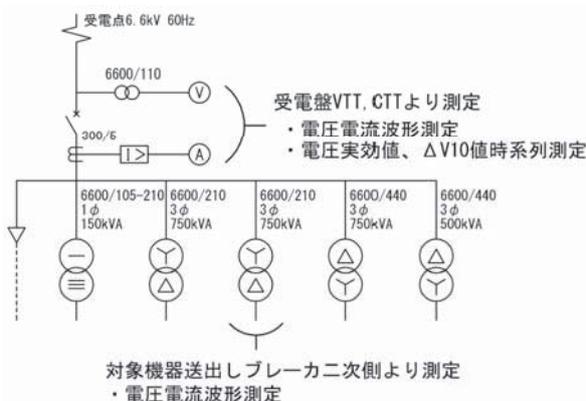


図1 測定箇所

### 2. 3. 測定結果

#### (1) 破碎機起動時の電圧・電流波形

図2と図3に破碎機起動時の受電点及び破碎機の電圧・電流波形を示す。図2と図3の時間軸は同期している。破碎機はY-Δ起動方式を採用している。このため，図3から分かるように，破碎機の起動時（0sec）とYからΔ結線に変わった際（5sec）に始動電流が流れ，それに伴う電圧低下が確認された。また，図2の受電点の電圧を見ると，低圧側に設置された破碎機の起動と同じ時間に，約3.8%の電圧低下が発生していることが分かる。この値は，始動電流の測定値と，配電系統インピーダンスから計算される電圧低下率とおおむね等しい値である。

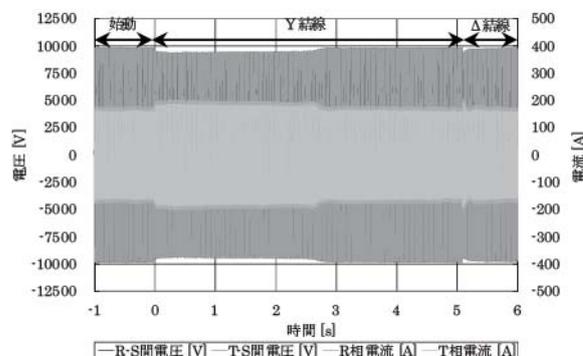


図2 受電点(高圧)の電圧・電流波形

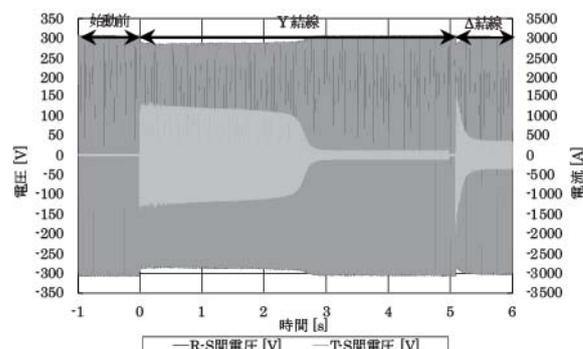


図3 破碎機(低圧)の電圧・電流波形

(2) 受電点での時系列測定

図4に電圧フリッカの指標である $\Delta V_{10}$ の時系列変化を示す。 $\Delta V_{10}$ の最大値は0.708Vであった。表1は、電気協同研究 第60巻 第2号に掲載された電圧フリッカに関する電力会社管理値(目標値)である。当該工場の $\Delta V_{10}$ の管理値は0.45V以下であり、測定された $\Delta V_{10}$ は管理値を複数回にわたり超過していた。

図5に電圧実効値の変化量の時系列変化を示す。ここで、電圧実効値の変化量とは、1分間の電圧波形(3600周期)に対して、半波長(8.33ms)毎に求めた実効値の最大値と最小値の差である。変化量の最大値は、約1020V(瞬時値)であった。

図4と図5より電圧実効値の変化量と電圧フリッカの変化量はよく似た変動をしていることが見て取れる。これは電圧フリッカの発生原因が電圧変動であることを示唆している。

表1. 電力会社管理値(目標値)<sup>1)</sup>

電力品質事象	電力会社管理値(目標値)
電圧フリッカ	$\Delta V_{10} \leq 0.45V$
	(ただし、需要家1軒につき
	$\Delta V_{10} \leq 0.32V$ (同一系統に2軒)
	$\Delta V_{10} \leq 0.23V$ (同一系統に4軒) を上限とすることがある)

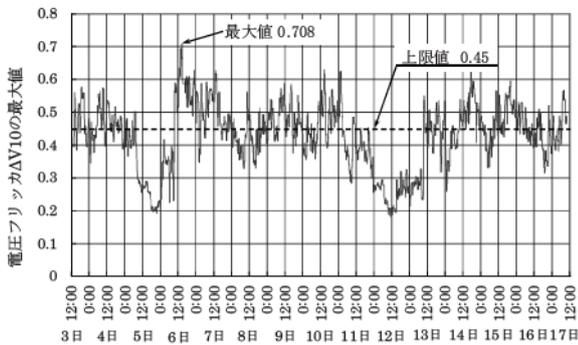


図4  $\Delta V_{10}$ の時系列測定結果

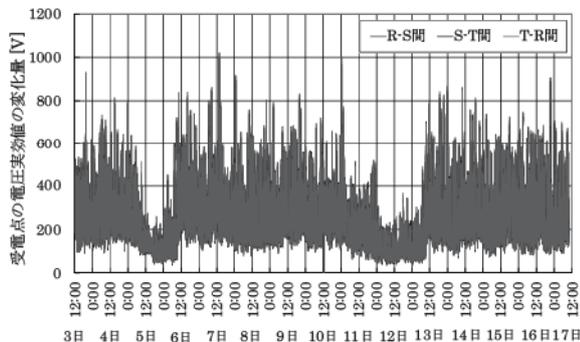


図5 電圧実効値の時系列測定結果

3. 対策検討

(1) 運用での対策

$\Delta V_{10}$ が管理値を超える一つの要因は、電圧変動の発生源である破砕機が複数台あり、各破砕機の起動が重なっているためであると考えられる。そこで、各破砕機の起動が重ならないように制御シーケンサーロックをとれば、ある程度の改善が可能である。

(2) 補償装置での対策

需要家側での電圧フリッカ低減対策としては、主に下記の対策がある。

- ・静止型無効電力補償装置(TCR方式)
- ・静止型無効電力補償装置(TSC方式)
- ・自励式無効電力補償装置

これらのうち、当該工場には静止型無効電力補償装置(TCR方式)の設置を提案した。その概略図を図7に示す。静止型無効電力補償装置を高圧母線に接続し、受電点のVTより電圧要素、CTより電流要素を補償装置に入力している。これにより、受電点の電圧変動を抑制することで、 $\Delta V_{10}$ の低減が可能となる。

4. おわりに

本稿では、破砕機の始動電流に起因する電圧変動および電圧フリッカの測定事例と対策の検討事例を紹介した。配電系統インピーダンスが大きい系統において、容量が大きく、起動・停止を繰り返す負荷機器を使用する場合には、電圧フリッカによる障害発生が懸念されるため、あらかじめ対策要否を検討しておくことが望ましい。

参考文献

- 1) 配電系統電力品質技術専門委員会:「配電系統における電力品質の現状と対応技術」, 電気協同研究 第60巻 第2号, p.18 (2005)

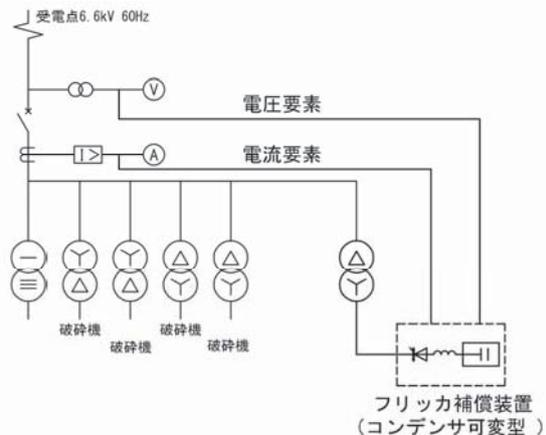


図6 静止型無効電力補償装置(TCR方式)による対策

## G-12

## 同相多条ふ設ケーブルの許容電流計算ソフトの作成と評価

○河合 茂晴（株式会社トーエネック）、中村 久栄（株式会社トーエネック）

## Development of Cable Ampacity Calculation Software of Multiple Spread Inphase and Assessment

KAWAI Shigeharu, NAKAMURA Hisahide (Toenec Corporation)

キーワード：電流不平衡，多条ふ設，電力ケーブル，許容電流

## 1. はじめに

一般的に、施工上及び運搬上の取り扱いの容易性などから、使用される電力ケーブルの上限サイズは $250\text{mm}^2$ 程度と言われており、これを超える場合はバスダクトを使用することが多い。しかし、特別高圧変圧器から高圧配電盤までのように、容量が大きくこう長が短い場合は、コスト面からバスダクトを使用せず、電力ケーブルを複数並列接続する「同相多条ふ設」を選択する場合がある。

同相多条ふ設を行う場合、こう長の違いによるインピーダンスの違いはもとより、各相に接続されるケーブルの配置や離隔によってケーブル間の相互リアクタンスが不平衡となり、各ケーブルに流れる電流の不平衡が発生する。この不平衡を考慮せず、ケーブルサイズを単にケーブル技術資料の許容電流表を参照し決定した場合では、先述した電流不平衡が発生し、許容電流以上の電流が流れ、焼損に至る可能性がある。またこの許容電流を算出するためには、多岐にわたる計算が必要となる。

このような不具合を防止するため、同相多条ふ設を行う場合のケーブル許容電流を算出するソフトを作成し、その有用性の実験を行い比較検証したので報告する。

## 2. 許容電流計算ソフト

許容電流計算ソフトの画面を図1に示す。数値入力以外のケーブルの条数（2条～4条）やケーブルの配列（平置き、段積み、俵積み）、相順（順列：U-V-W-U-V-W、逆列：U-V-W-W-V-U）は、ソフトの操作性を考慮して画面上での選択式とする。

計算結果は、各ケーブルの許容電流値だけでなく、その他情報も同時に出力して、PDF形式での印刷も可能である。

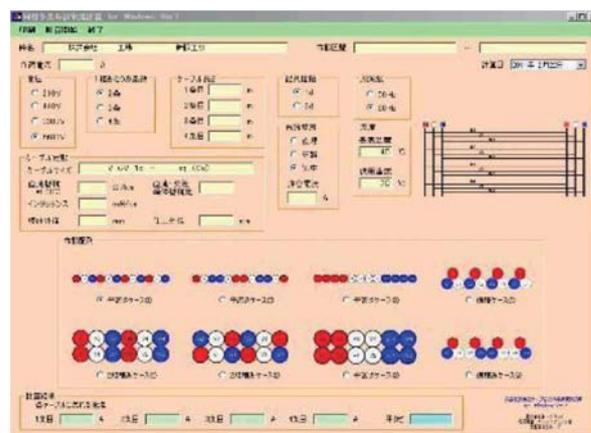


図1 許容電流計算ソフトの画面

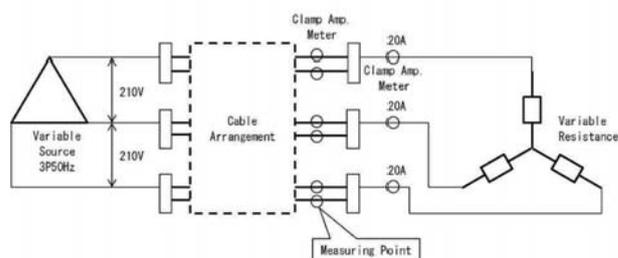


図2 試験回路簡易図

## 3. 実証試験

計算ソフトの妥当性を検証するため、ケーブルを実際に同相多条ふ設したときに流れる許容電流を計測し、このときの実測値と計算ソフトによる算出値とを比較した。

試験回路の簡易図を図2に示す。多条ふ設したケーブルに三相電源（線間電圧 $210\text{V}$ 、 $50\text{Hz}$ ）を接続し、負荷に一定の電流 $20\text{A}$ を流すことができる回路を構成し、ふ設したケーブルを1条ずつ測定した。

ケーブルには、単心 600V CV ケーブル 60mm<sup>2</sup> を供する。ケーブルの配列パターンとしては、代表的なものを3つ選択する。配列パターンを図3に示す。

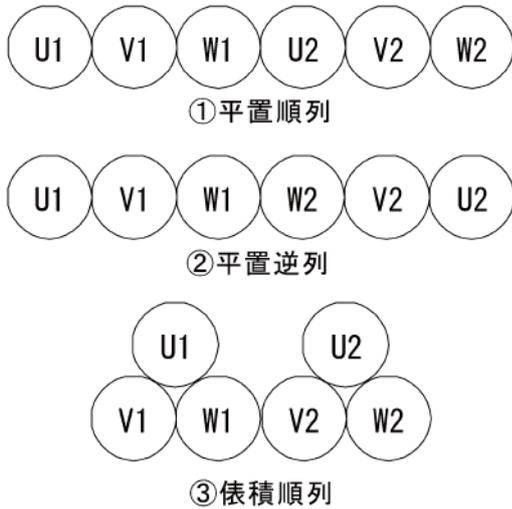


図3 ケーブルの配列パターン

ここではインピーダンスの違いによる不平衡をなくすために、ケーブルの長さは各条、各相とも30mに固定し、各ケーブルの間隔とケーブル外径を全て同じとする。また、試験回路におけるその他の配線には、8mm<sup>2</sup>のKIV電線を使用した。

#### 4. 検証

実測値とソフトによる算出値をそれぞれ図4に示す。

①平置順列では、実測値と算出値の数値に差はあるものの、ケーブル群の中心は電流密度が大きくなっている。

②平置逆列では、同相内不平衡のない代表的な例であり<sup>1)</sup>、結果から見ると、平置逆列の実測値及びソフト算出値においても不平衡はない。この結果から、文献と整合性はあると言える。

③俵積順列では、算出値の不平衡がわずかであり判別は難しいが、各相同士を対に見たときの傾向は同じと見られる。

次に、実測値を基準としたソフト算出値との誤差を表1に示す。結果は、それぞれ大差はなく、最大5.8%でおさまった。この状態であれば、ソフトによる算出電流値が実際に使用できる誤差範囲

と思われる。

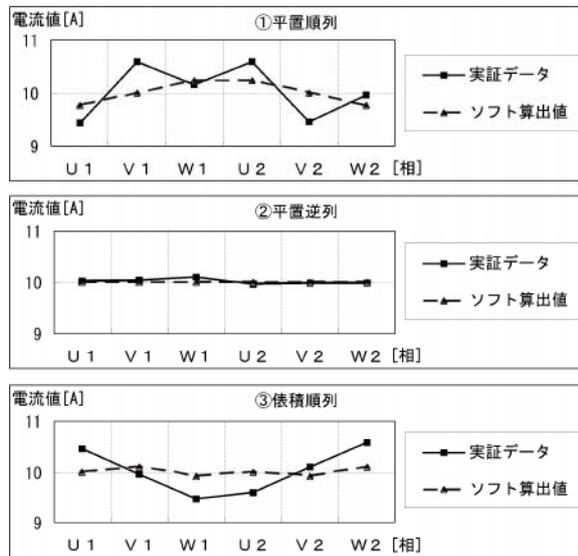


図4 実測値とソフト算出値の傾向

表1 実測値とソフト算出値の誤差

		U1	V1	W1	U2	V2	W2
ソフト計算値 と実証値の誤差 [%]	①	3.5	5.5	0.7	3.4	5.8	2.0
	②	0.3	0.4	1.0	0.4	0.2	0.1
	③	4.3	1.4	4.6	4.3	1.9	4.6

#### 5. おわりに

同相多条ふ設を行い場合の許容電流計算ソフトを作成し、実証試験結果との比較によってその有用性の検証を行った。その結果、誤差は最大5.8%であり、この程度であれば実用上問題ないと考えられる。

今後は、誤差の要因を分析することで、計算ソフトの算出精度向上について検討するとともに、実証試験のパターンを増やし、より多様な配列などに対応できるように、適用配列パターンの拡大を図る予定である。

#### 参考文献

- 1) 「電気設備技術計算ハンドブック」電気書院

## 高圧から特高変電所へのリニューアル事例

○森永 弘昭 (㈱トーエネック), 平田 祐二 (㈱トーエネック)  
中村 厚志 (㈱トーエネック), 伊藤 公一 (㈱トーエネック)

Renewal of the substation to extra-high-voltage power incoming from high-voltage.  
MORINAGA Hiroaki (Toenec Corporation), HIRATA Yuji (Toenec Corporation),  
and NAKAMURA Atsushi (Toenec Corporation), ITO Kouichi (Toenec Corporation)

キーワード：リニューアル，変電所，特高，高圧

### 1. はじめに

某工場では、これまでコージェネレーション設備（以下、コジェネ）を利用し、排熱利用やピークカットによるエネルギーコストの削減を行ってきた。しかし、昨今の石油価格の高騰により燃料費が増加し、コストメリットが得られなくなってきた。このため、コジェネを停止することが計画されていた。

また、当該工場では、生産増強のために生産設備を増設する計画もある。

コジェネの停止と将来の負荷増加分を考慮すると、高圧受電は不可能となる。このため、特高受電へリニューアルを行うこととなった。

本稿では、この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

#### 2. 1 建物概要

場所：愛知県碧南市  
主用途：工場  
構造・棟数：RC造，全5工場

#### 2. 2 電気設備概要

##### (1) リニューアル前の電源設備容量

契約電力：高圧 1,730kW  
コジェネ発電電力：1,500kW  
受変電設備容量：1φ 425kVA  
3φ 6,100kVA

※生産設備の増強計画あり

##### (2) リニューアル後の電源設備容量

受変電設備容量：1φ 725kVA  
3φ 10,100kVA  
特高トランス容量：7,500kVA

### 3. リニューアル前の問題点

#### (1) コジェネ

石油価格の高騰による燃料費の増加

#### (2) 受電変電設備

コジェネ停止と生産設備増設の場合に、高圧受電が不可能となる。

#### (3) 電源品質

通常の高圧1回線受電では系統の異常により停電が発生する恐れがある。当該工場には電気炉が存在し、停電の場合、生産ができなくなる他、対応が遅れると溶融が固まり、炉が破損する恐れもある。

### 4. 解決策

上記問題点を解決するために、コジェネを停止し、高圧受電から特高受電へリニューアルを行うこととした。

### 5. 特高受電への変電設備リニューアル計画

特高受変電設備の導入にあたり、以下の項目について検討し、計画を行った。

#### (1) 特高受変電設備の設置場所

特高受変電設備の設置場所は、工場敷地内の生産設備や運送用トラックの搬出入レークの障害にならないことが優先となる。その上で、電力会社からの特高送電が可能な位置である場所の選定が必要である。当該工場では、工場敷地には設置できないため、西側駐車場の一部に摂津することを計画した。写真1に竣工後の設置状況を示す。



写真1 特高受変電設備の設置状況

## (2) 特高回線引込ルート

電力会社からの特高回線引込ルートは、周囲環境等に配慮して決定する必要がある。今回は、引込用の鉄塔を建てるスペースが無いため、地中化を行う計画とした。

## (3) 高圧（二次）側埋設ルート

西側駐車場エリアの特高受変電設備から工場への高圧（二次側）ルートは、従業員通路及び市道を横断する必要が生じたため、地中化を計画した。

市道には排水溝が埋設されており、高圧配管の有効埋設深さ（1200mm）を確保できなかった。このため、市道横断部分には、コンクリート製の耐压板を施設した（図1）。

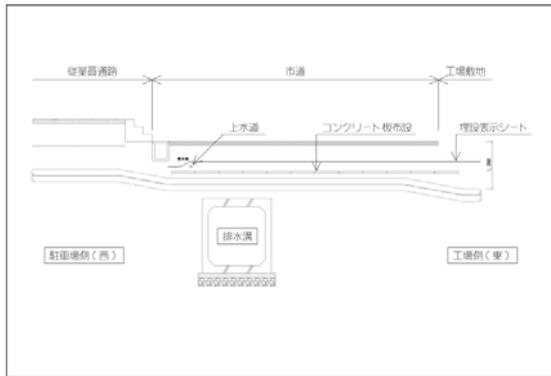


図1 市道横断部の高圧配管側埋設ルート（市道横断部）

## (4) 特高監視装置の設置

既存駐車場に特高監視室を設置する場合、用途外使用となるため地方公共団体（建築課）への許可申請が必要となるが、このような建屋を建設することは認められていない。このため、特高受変電設備と一体のキュービクル式特高監視装置の設置を計画した。

キュービクル内の監視装置は、外気温 38℃を想定し、室温 25℃、湿度 40%以下に保つように空調設備を設置して温湿度の管理を計画した。

## (5) 特高受変電設備完成までの電源設備計画

特高受変電設備の計画から完成までには、通常2年以上の時間が必要となる。この間もコジェネを停止したいという客先の要望があった。

しかし、現状の高圧1回線受電では、3.(3)で述べたように停電のリスクが高い。

そこで、特高受変電設備が完成するまでの処置として、同一敷地内で高圧2回線受電を行うことを電力会社に要望し、認められた。

## 6. 高圧受電から特高受電への切替計画

電力会社からの電気使用契約は、同一敷地内で高圧受電と特高受電の同時受電ができない。このため、切替作業は停電を伴うことになる。しかし、客先からは、停電による生産ラインの停止はできる限り短くしてほしい、という要望があった。このため、客先と協議し、24時間以内に切替ができるように計画を行った。以下に、作業手順を示す。

- (1) 特高受変電設備の試験、ケーブル等の耐压試験、新規高圧ケーブルのふ設、高圧ケーブル端末処理作業は、停電前の事前作業とする。
- (2) 高圧受変電設備停電後は、各キュービクルの受電盤にて新規高圧ケーブルの入線と高圧ケーブル端末処理作業を実施する。作業は場内6か所で行うため、3班の施工体制で実施することとした。
- (3) 新規高圧ケーブルの耐压試験は、高圧ケーブル端末処理作業の終わったものより順次実施する。また、耐压試験は、ケーブルこう長が長く直流電圧を印可することとした。

## 7. おわりに

当該計画を実施し、事故もなく、計画通りに竣工することができた。

本事例が、同類の施工計画の参考となれば幸いである。本施工にあたり、関係各社の多大なご指導、ご協力に深く感謝いたします。

## 高圧受電設備における励磁突入電流のシミュレーションに関する研究 (第1報)

— 変圧器励磁突入電流の実測と分析結果 —

○小林 浩 (トーエネック)

上嶋 宏明, 青木 睦 (名古屋工大) 今枝 大和, 松村 年郎 (名古屋大)

深江 隆之, 塚腰 浩章 (中部電力), 梅村 正人 (中部電気保安協会)

Research for inrush current of transformer in high voltage receiving facilities

Hiroshi Kobayashi (Toenec Corporation)

Hiroaki Uejima, Mutsumi Aoki (Nagoya Institute of Technology)

Yamato Imaeda, Toshiro Matsumura (Nagoya University)

Takayuki Fukae, Hiroaki Tsukagoshi (Chubu Electric Power Co, Inc)

Masahito Umemura (Chubu Electrical Safety Inspection Association)

キーワード: 励磁突入電流, 第1波波高値, 波高値倍率, 空心インダクタンス, 誤差

### 1. まえがき

本研究は高圧受電設備の変圧器励磁突入電流の実態を実測により把握するとともに, 励磁突入電流が高圧受電設備や配電系統に与える影響を評価することを目的としている。平成22年度までに, 合計64回の変圧器励磁突入電流の測定を行い, 第1波波高値の発生頻度を分析するとともに, 励磁突入電流のシミュレーションに必要な空心インダクタンスの値の算出を行った。本報では, 平成23年度の追加測定結果も追加した上での各種分析結果を示すとともに, 課題であった空心インダクタンスの算出時の誤差要因について考察を行った結果を述べる。

### 2. 変圧器励磁突入電流測定の概要

平成22年度と23年度の2年間で, 主遮断装置の形式がCB型の高圧需要家を41軒選定し, 各需要家にて三相変圧器300kVA, 500kVA, 750kVAを対象に励磁突入電流を実測した。23年度は, 変圧器1台毎のみの測定の他に, 2台の変圧器の組合せや, 変圧器とSCとの組合せも測定した。測定回数の一覧を表1に示す。

測定器には日置電機製メモリハイコーダを用い, 変圧器の開放時と投入時における, 三相すべての高圧側電圧, 電流, 低圧側電圧を測定した。

表1 測定内容と測定回数

測定内容	測定回数
変圧器1台(300, 500, 750 kVA)	8, 27, 9
変圧器2台(300kVAと500kVA)	6
変圧器とSC(Lなし, Lあり)	6
その他の組み合わせ	42
合計	98

### 3. 変圧器励磁突入電流値の分析

図1に励磁突入電流の第1波波高値と波高値倍率の測定回数の分布を変圧器容量別に示す。また, 表2に各平均値と最大値を示す。第1波波高値は変圧器容量が大きいほど大きく, 波高値倍率は変圧器容量が大きいほど小さくなる傾向がある。また, 測定された波高値倍率の最大値は, 文献値の範囲内であることが確認できた。

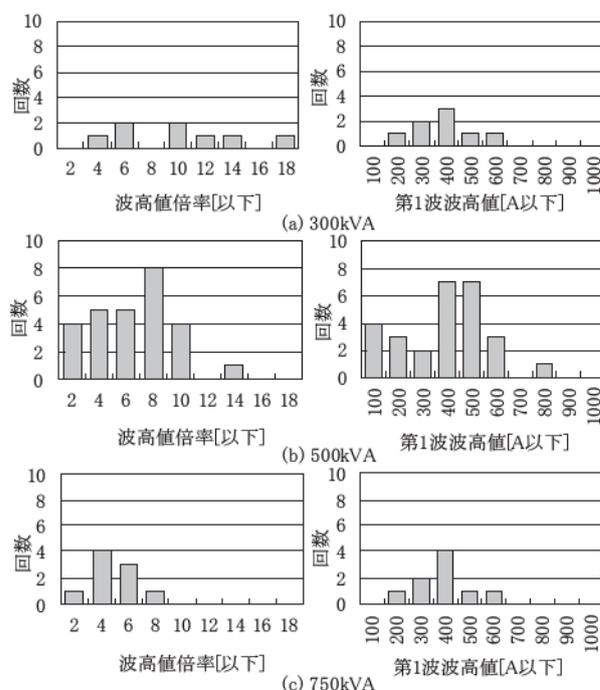


図1 第1波波高値と波高値倍率の分布 (三相変圧器単独投入時)

表2 第1波波高値と波高値倍率の  
平均値と最大値

容量 [kVA]	第1波波高値		波高値倍率		
	平均	最大	平均	最大	文献値 <sup>1)</sup>
300	321.7	594.0	8.7	16.0	10.0~20.0
500	333.1	778.5	5.4	12.6	8.7~18.0
750	349.4	559.2	3.8	6.0	—

4. 変圧器磁気飽和特性の分析

次に、変圧器励磁突入電流のシミュレーションモデル構築を目的とし、変圧器磁気飽和特性のうち空心インダクタンスを算出した結果を示す。

図2に、変圧器1台および変圧器2台の組合せの実測のうち、空心インダクタンスの算出が可能であった42回分の励磁突入電流波形から求めた、変圧器容量毎の空心インダクタンスを示す。

空心インダクタンスは、容量が大きくなるほど値が小さくなる傾向にあることが分かる。図中の折れ線は、文献2による簡易式での計算値である。本研究で得られた値の最大値は計算値と同程度の値であった。なお、同じ変圧器容量でも空心インダクタンスのばらつきは大きい。特に300kVAのばらつきが顕著である。この要因として、測定誤差と個々の変圧器の構造や構成材料による違いが考えられる。

5. 空心インダクタンス算出誤差の考察

そこで、要因の1つである測定誤差の影響を考察する。本研究では、励磁突入電流波形と電圧波形を積分して得られる磁束波形から、図3に示すような電流-磁束曲線を求め、磁束が飽和した後の曲線の傾きを空心インダクタンスとして算出している。このとき、実際には磁束が増加する方向と減少する方向で曲線に差異が生じるため、どの部分で傾きを求めるかが、空心インダクタンスの算出値に影響を及ぼす。そこで、異なる部分から算出した空心インダクタンスを比較し、測定誤差の定量評価を行った。

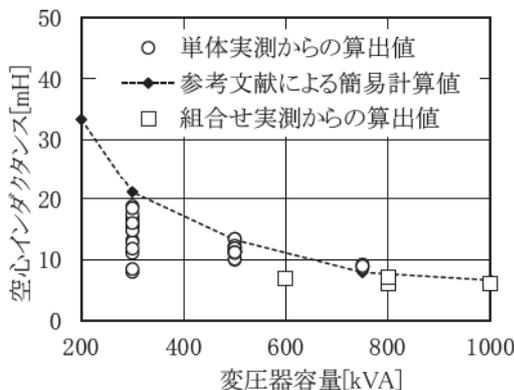


図2 変圧器容量と空心インダクタンスの関係

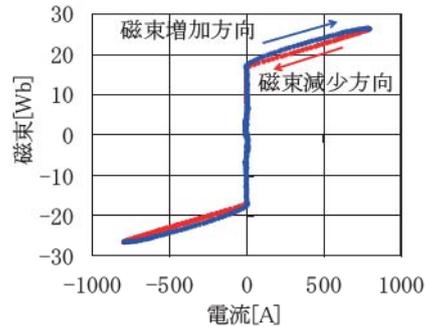


図3 変圧器鉄心飽和時の電流-磁束特性の例

表3 算出箇所による空心インダクタンスの違い

算出箇所	実測例1 [mH]	実測例2 [mH]
No.1	12.76	10.99
No.2	12.44	11.88
No.3	11.81	10.50
No.4	11.97	11.89
No.5	11.21	10.26
ばらつき	1.55	1.63
誤差率[%]	12.83	14.65

表3は、2軒の実測データ(変圧器容量300kVA)において、曲線上の異なる5箇所から算出した空心インダクタンスとそのばらつきを評価した結果である。最大値と最小値の差であるばらつきは1.5~1.6mHであり、平均値に対するばらつきとして求めた誤差率は12~15%であった。これより、図2に示した変圧器容量毎の空心インダクタンスのばらつきの要因は、特に300kVAにおいては、個々の変圧器の構造や構成材料による違いのほうが支配的であるといえる。

6. あとがき

本報告では41軒の高圧需要家における変圧器励磁突入電流の測定結果の一部をまとめた。

なお本研究は、(社)電気設備学会中部支部が中部電力(株)からの委託により実施した「高圧受電設備における励磁突入電流のシミュレーションに関する研究」として実施されたものであり、関係者の皆様に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本電気協会需要設備専門部会：「高圧受電設備規程」, JEAC 8011(2008)
- 2) 菅原他：「配電系変圧器加圧時の電圧低下率簡易計算支援ツールの開発」;電気学会電力技術研究会資料, PE-10-147(2010)

H-22

## パンザーマストの柱上組立・解体工具の開発

○二之タ 弘 野田 康剛 (株トーエネック)

Development of the tools for assembling and disassembling of the Panzer Mast on the pole.  
 NINOYU Hiromu, NODA Yasunori (Toenec Corporation)

キーワード：パンザーマスト，柱上，組立，解体

## 1. はじめに

配電線を支持する電柱は、コンクリート柱を基本としているが、山間部等で建柱車が使用できない時は、鋼板を材料とした管状の構成部材（以下、部材という）を継ぎ合わせて1本の柱にするパンザーマストを使用している。

パンザーマストは、長さ2mの部材を5～11本使用し、部材の重量は10kgから58kgと重く、人力での組立・解体作業は大きな労力を要する。

従来使用しているパンザーマストの柱上組立・解体工具では、「重量が重い」「工具の取付け・取外しが困難」等の理由から作業者にかかる負担が大きい。

このような背景から、作業者負担の軽減と作業の効率化を目的に、新たな工具を開発したので以下に報告する。

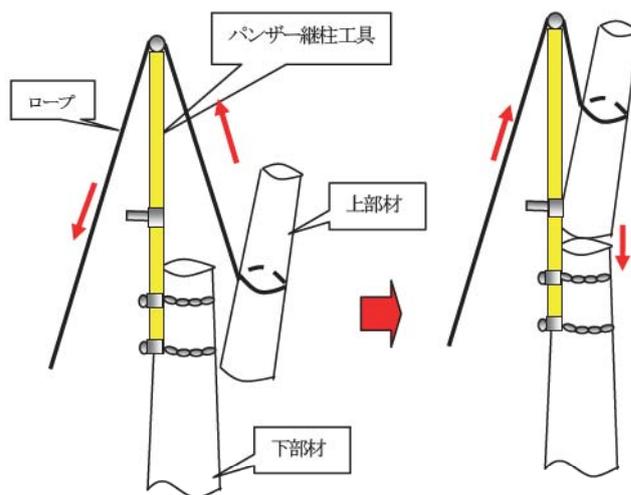


図1 組立作業

## 2. 現状および問題点

## 2. 1 現用工具による柱上組立・解体作業

## (1) 組立作業

部材にパンザー継柱工具（写真1）を取付け、上部材をロープで吊り上げ下部材にかぶせて連結させる。部材を連結させた後、工具を付け替え同様の作業を繰り返す行い、パンザーマストを完成させる。（図1）

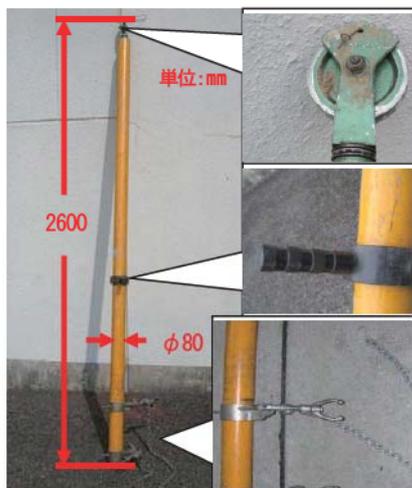


写真1 現用のパンザー継柱工具

## (2) 解体作業

下部材にパンザー解体工具（写真2）を取付け、上部材の継ぎ目を金具で押上げ解体し、パンザー継柱工具を使用して上部材をロープで吊り降ろす。上部材を解体した後、工具を付け替え同様の作業を繰り返す行い、全ての部材を解体する。（図2）

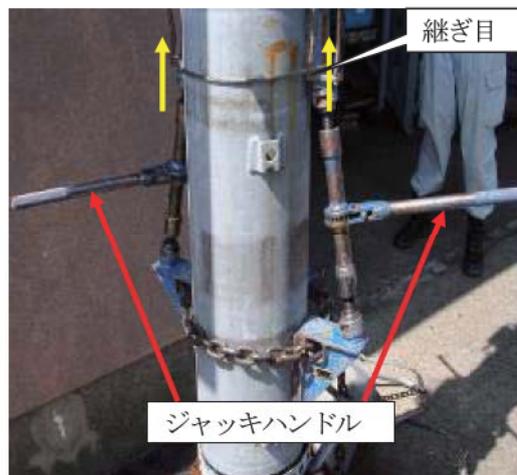


写真2 現用のパンザー解体工具（機械式）

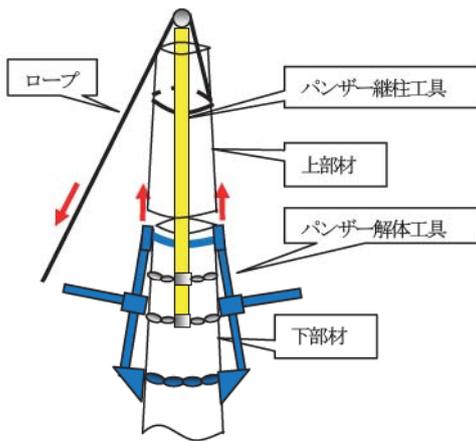


図2 解体作業

## 2.2 現用工具の問題点

### (1) パンザー継柱工具

工具全体の重量が14kgと重く、支柱の直径が80mmと太く持ちづらいことから運搬が困難である。また、支柱と金属チェーンが一体になっているため、柱上での取付け・取外しが困難である。

### (2) パンザー解体工具

油圧式、機械式ジャッキの2種類の解体工具を使用しているが、ともに工具自体が16kgと重く、柱上での取付け・取外しが困難である。また、パンザーマストは、長い年月により、部材の連結部分が固く締まっている。このため、上部材を解体する際、継ぎ目に当てる金具が滑り外れる場合があり、苦慮している。

## 3. 開発の概要

### 3.1 パンザー継柱工具の開発

現用工具の支柱は、絶縁性のグラスファイバーだけでできていたが、軽量で高強度なカーボンファイバーをグラスファイバーの間に挟んだ複合パイプ(写真3)とした。また、外径は持ち易く、かつ現在の支柱と同程度の強度を有する太さである56mm(現在80mm)とし、支柱単体の重量は、現在の6.0kgから4.6kgになり25%の軽量化を図ることができた。

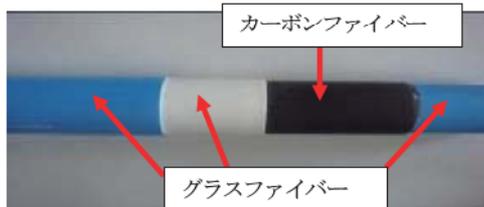


写真3 複合パイプの構造

※強度の低下による交換基準を明確にするため、グラスファイバーの表面(青い層)が削れて白い層が現れた時点で使用禁止とした。

次に、支柱と固定金具を分割して、柱上で組み立てることとし、さらに固定金具に仮止め用のマグネットを取付け、ベルトで固定する方式としたことでパンザー継柱工具の取付けが容易になり、1人でも取付けが可能になった。(写真4)

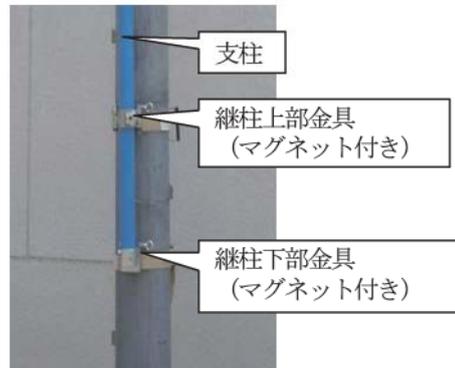


写真4 パンザー継柱工具の取付け

また、取付け易く、かつ軽量化するために、現在のチェーンからベルトによる固定に変更した。

ベルトについては、当初、一般的なポリエステルを検討していたが、ベルトの伸びにより工具がずれることから、伸びが少なく強度のあるアラミドのベルトとした。しかし、パンザーマストとの摩擦により表面に傷が付き易く劣化が早いことがわかった。このため、ベルトの内側(パンザーマスト接触面)にポリエステル、外側にアラミドを張り合わせたもの(写真5)を製作し検証した。その結果、ベルトの耐久性が向上したため、これを採用することとした。

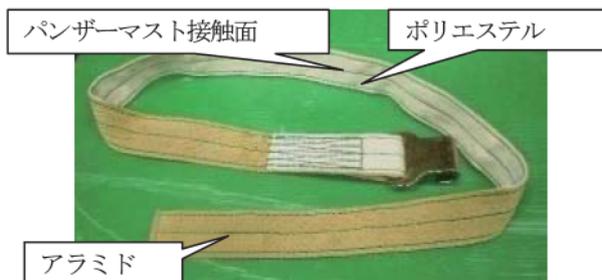


写真5 金具固定ベルト

### 3.2 パンザー解体工具の開発

機械式の工具をベースに、人力操作によってジャッキシリンダを伸長させ、パンザーマストの上部材を押し上げて解体することを検討した。

解体工具の取付けは、継柱工具と同様に工具を分割し別々に柱上に上げ、固定金具に仮止め用のマグネットを取付け、ベルトで固定する方式としたことで柱上での取

付けが容易になり、1人でも取付けが可能になった。  
(写真6)



写真6 開発当初のパンザー解体工具

ジャッキ操作の検証を行った結果、ジャッキシリンダ固定位置がパンザーマストから100mm離れると解体下部金具でへこませてしまい、また、ジャッキシリンダ固定位置がパンザーマストに70mmと近すぎると解体下部金具が下にずれてしまい、ジャッキシリンダ固定位置がパンザーマストから85mm離れた位置のとき、へこみやずれの影響が少なく、この位置で検討を進めた。(写真7)

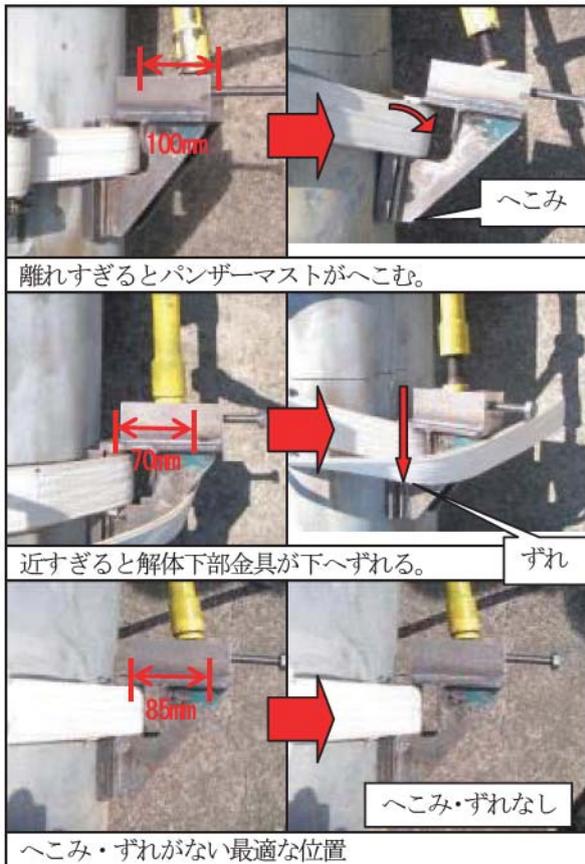


写真7 ジャッキ操作の検証

また、上部材を押上げる際、パンザーマストは上部に行くほど細くなり径が小さくなるため、解体上部金具の接触面が、パンザーマストに密着せず、安定した力が伝わらないため解体上部金具が継ぎ目から外れてしまうことがあることがわかった。この対策として、金具の接触面を丸くするのではなく、角度を付け(図3)どの径の部材に対しても解体することが可能となった。

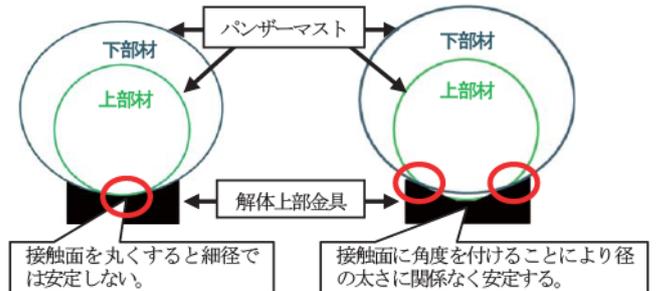


図3 解体上部金具とパンザーマストとの接触面

パンザーマストは長い年月により部材の継ぎ目が固く締まっており、人力によるジャッキ操作ではハンドル操作が重く大きな労力を要し、作業者に負担がかかる。このことから、充電ドリルドライバーの駆動力を利用したジャッキ操作を検討した。充電ドリルドライバーを左右に取り付け、ギアを介することで約5トンの出力(実測値)を発生させてパンザーマストの部材を押上げることにより、労力を少なくして容易に解体が可能になった。

ジャッキシリンダにギアボックスを取付けたことでジャッキシリンダ固定位置が120mmに変わり解体下部金具でパンザーマストをへこませてしまうため、解体下部金具の接触面を大きくし上下2箇所をベルトで固定する方式とした。(写真8)

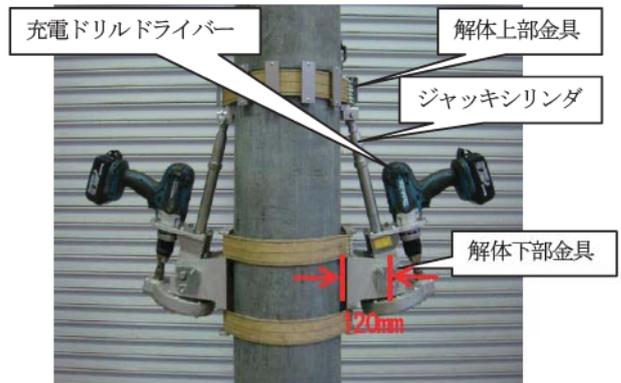


写真8 駆動源を充電ドリルドライバーに変更

なお、新工具の重量は現用工具 16 kg に対し、充電ドリルドライバーを含めた重量は約 30 kg となったが、工具を分割して、柱上で組み立てる方式としたことで容易に取付けが可能となった。

#### 4. 工具の使用方法

##### 4.1 パンザー継柱工具の使用方法

パンザー継柱工具の滑車にロープを取付け、パンザーマストの上部材を吊上げ下部材と連結する。(写真9)



写真9 パンザーマストの組立

##### 4.2 パンザー解体工具の使用方法

- ①充電ドリルドライバーを作動させてジャッキシリンダを伸長させパンザーマストの上部材を押し上げる。(写真10)
- ②パンザー継柱工具を使用してパンザーマストの上部材を吊降ろす。(写真11)



写真10 ジャッキシリンダの伸長



写真11 パンザーマストの解体

#### 5. 開発の効果

作業検証結果および実現現場での試行結果から、パンザー継柱工具については、軽量化・細径化・工具の取付け易さにより安全性・作業性が向上した。

また、パンザー解体工具については、充電ドリルドライバーを使用したことで重くなったが、工具の分割化による取付け易さと、ジャッキ操作の電動化により労力が軽減された。実際に工具を使用した作業員からも作業負担の軽減に繋がるという回答を得た。安全性・作業性の向上とともに品質面においてもパンザーマストの解体時、へこみを極力抑えることができることから、撤去したパンザーマストを有効活用できる。

#### 6. おわりに

昨年度、山間部の多い営業所へ配備し、実際に使用した作業員から「工具の分割や電動化により作業が楽になった」「パンザーマストをへこませることなく、再利用できる状態で解体ができる」など配備を喜ぶ声が寄せられている。

今後も、魅力ある作業環境作りを目指し、現場と一体となった技術開発を推進し、作業員の負担軽減、安全・品質の確保および作業の効率化・省力化に取り組んで行く。

## 低圧進相コンデンサ用自動力率制御装置の開発

小林 浩, ○藤田 悠 (トーエネック) 松田 勝弘, 二上 貴文 (東北電力)  
高野 富裕 (三菱電機) 片岡 義則 (指月電機製作所)

Development of Automatic Power Factor Controller for Low Voltage Static Capacitors

Hiroshi Kobayashi, Yu Fujita (TOENEC Corporation)

Katsuhiro Matsuda, Takafumi Futakami (Tohoku Electric Power Co.,Inc)

Tomihiko Takano (Mitsubishi Electric Corporation), Yoshinori Kataoka (Shizuki Electric Co.,Inc)

キーワード：進相コンデンサ，過剰設置，電圧上昇，自動力率制御装置

### 1. まえがき

高圧需要家の受電設備には、受電点の力率改善を目的に進相コンデンサ（以下、SC）が設置される。しかし、現行の電力料金の力率割引制度では、進み力率であっても最大限の割引を受けることができるため、自動力率制御装置（以下、APFC）が設置されず、SCが過剰気味となることで、一部の配電系統にフェラランチ現象による電圧上昇が発生し問題となっている。

この問題を解決するには、高圧需要家にAPFCを普及させる必要があるが、導入コストが高いのが課題である。そこで、筆者らは高圧需要家への導入メリットを最大限に引き出すとともに、低コスト化を狙った新たなAPFCを開発している。本報告では、その概要を紹介する。

### 2. 提案する力率調整方式

#### 2. 1. 従来の力率調整の課題

従来の力率調整は、高圧側に設置したSCをAPFCにて自動制御することが多く、次のような課題があった。

- ・直列リアクトル（SR）および高圧電磁接触器が高価であり設置スペースが必要である。
- ・変圧器電流の力率は改善されていないため、変圧器損失の削減効果が見込めない。
- ・高圧配電系統に直接SCを設置することになるため、需要家からの高調波流出電流の低減効果が小さい。

#### 2. 2. 提案する力率調整方式の特徴

提案する力率調整方式の特徴は、以下のとおりである。

##### (1) SCの低圧側設置

SCは高圧側ではなく低圧側に設置する。これにより、SRや電磁接触器を含めた設備機器の低コスト化を図る。特に、変圧器設置台数が少ない小規模高圧需要家では、大きなメリットが期待できる。

##### (2) 計測の簡素化

従来のAPFCでは、力率調整箇所の無効電力や力率を計測するため、電圧と電流の両方を計測していた。これに対し、電圧の計測を省略し電流のみの計測によりSC

を制御する方式を開発した。

##### (3) 昼夜別のSC適正制御

現行の力率割引制度では、夜間（22～8時）の力率は割引には無関係であるため、SC容量を小さめにしても高圧需要家に不利益は生じない。そこで、昼間（8～22時）は力率100%を維持し、夜間は昼間よりも若干SC投入容量を減らすように、昼夜別の制御を行う。

##### (4) 機能の絞込み

従来のAPFCの多くは大規模需要家を対象としており、制御可能なSC台数が6～12台等の高性能である。そのため小規模需要家にとっては、機能が過剰である。そこで小規模需要家への普及促進を狙い、SC接続台数は最大2台とし、設定を簡素化する等の低コスト化を図る。

### 2. 3. 提案する力率調整方式の概要

#### (1) システム構成

提案する力率調整方式の概略図を示す。SCを変圧器二次側の低圧母線へ接続し、力率改善による変圧器損失の削減と、高調波流出電流の低減を狙っている。計測は代表相の電流のみでありCTは1個設置すればよい。

#### (2) SCの制御方式

SC制御方式の概略手順は、次のとおりである。

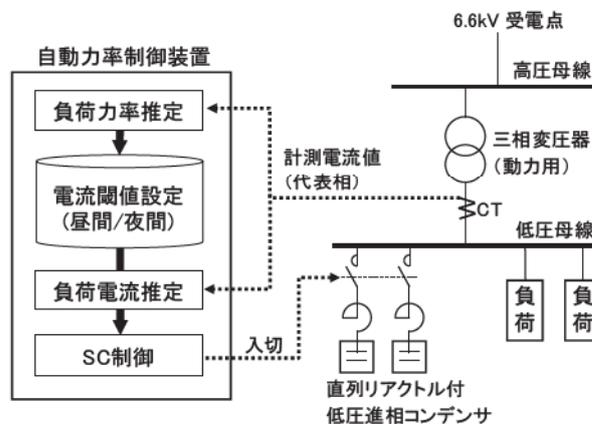


図1 提案する力率調整方式

- ① SC 制御前後の電流変化から、負荷力率を推定
- ② 推定した負荷力率と設置する SC 容量の組合せから、SC の開閉を判断する電流の閾値を決定
- ③ CT で計測される変圧器電流から、負荷電流を推定
- ④ 推定した負荷電流と設定した電流閾値を用いて、SC の開閉を制御

(3) 負荷力率の推定方式

負荷力率の推定方式の概要を、図2のSC投入前後の三相変圧器電流ベクトル図を用いて説明する。図2で、SC投入前、SC投入後、投入するSCの電流の大きさが既知となると、電流ベクトルで構成される三角形の3辺が固定されるため、SC投入前の電流ベクトルの角度が決まる。この原理を用いて負荷力率を算出する。

具体的な計算式は次のとおりである。SC投入前の電流を  $I_a$ 、有効分からの角度を  $\theta$ 、投入後の電流を  $I_b$ 、投入SC容量に相当する電流を  $I_c$  とすると、次式が成り立つ。

$$(I_c - I_a \cdot \sin \theta)^2 + (I_a \cdot \cos \theta)^2 = I_b^2 \quad \dots(1)$$

(1)式を  $\sin \theta$  について解くことで、負荷力率  $PF_L (= \cos \theta)$  は次式で求めることができる。

$$PF_L = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} = \sqrt{1 - \left( \frac{I_a^2 + I_c^2 - I_b^2}{2 \cdot I_a \cdot I_c} \right)^2} \quad \dots(2)$$

(4) 電流閾値の設定

SCの開閉を判断するための電流閾値は、昼間には力率100%よりも進み側を維持するように設定し、それ以外の時間帯の22時から翌朝8時(夜間)には、進み/遅れにかかわらず、力率を100%に最も近づけるように、昼間よりやや高め値に設定している。

$$\text{昼間の N 段目閾値} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \Delta Q_{ci}}{\sqrt{3V} \cdot \sqrt{1 - PF_L^2}} \quad \dots(3)$$

$$\text{夜間の N 段目閾値} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \Delta Q_{ci} + \frac{1}{2} \Delta Q_{cN}}{\sqrt{3V} \cdot \sqrt{1 - PF_L^2}} \quad \dots(4)$$

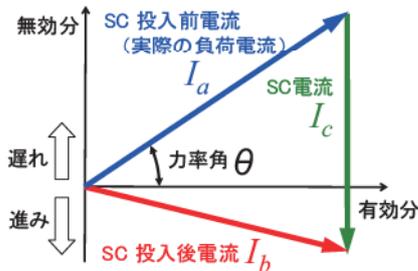


図2 SC投入前後の電流ベクトル図

ここで、 $N=2,3,\dots$

$\Delta Q_{ci}$ :  $i$ 段目と $(i-1)$ 段目とのSC容量差  
 $V$ : 基準電圧,  $PF_L$ : 推定負荷力率

3. 自動力率制御装置の仕様

実際に製作したAPFCの外観を図3に示す。また、設定、表示項目の概要を表1に示す。

4. 実証試験による効果検証

製作したAPFCを、実際に小規模高圧需要家(工場、三相変圧器150kVA1台)に設置して検証した結果を表2に示す。変圧器損失の低減とともに、昼間は力率割引を最大限受け、夜間は過剰な進み力率を抑制できていることが分かる。

5. おわりに

引き続き、実証試験により導入効果を確認する等、製品化に向けた取り組みを行っていく予定である。

参考文献

- 1) 松田他:「電流計測による進相コンデンサ制御装置の開発と評価」,平成23年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.265 (2011)



図3 自動力率制御装置の外観

表1 自動力率制御装置の仕様

項目	内容 (設定範囲)
本体パネルからの設定	①SC形式 (容量固定型/容量切替型)
	②SC台数 (1台/2台)
	③SC容量 (1~999kvar)
	④SC放電時間 (2分/3分)
	⑤CT比 (1~999)
	⑥想定力率 (遅れ1~99%)
	⑦制御ディレイ時間 (1~20分)
パネル表示	改善後力率値

表2 提案する力率調整方式の導入効果

内容	評価
変圧器損失の低減	年間 1,264kWh/年
受電点力率の適正化	昼間:遅れ96.4%→遅れ99.54% 終日:進み77.9%→100%

# 発表者と連名者

営業本部 技術統括部  
技術総括グループ  
／山下 絢也



大阪本部 情報通信部  
技術グループ  
／柴田 充



営業本部 内線部  
工事第二グループ  
／市川 孝二



営業本部 内線部  
工事第二グループ  
／岸 早人



技術開発室  
研究開発グループ  
／中村 久栄



岐阜支店 営業部  
工事グループ  
／小倉 友和



営業本部 技術統括部  
技術総括グループ  
／山田 啓太



営業本部 設計部  
積算グループ  
／村田 和徳



営業本部 エコソリューション部  
特高プラントグループ  
／河合 茂晴



技術開発室  
研究開発グループ  
／西村 叔介



技術開発室  
研究開発グループ  
／水野 誠



岡崎支店 刈谷営業所  
工事グループ  
／森永 弘昭



技術開発室  
研究開発グループ  
／高橋 和宏



静岡支店 浜松営業所  
工事グループ  
／牧 秀幸



岡崎支店 刈谷営業所  
工事グループ  
／平田 祐二



技術開発室  
研究開発グループ  
／千葉 理恵



営業本部 設計部  
設計グループ  
／安藤 重人



岡崎支店 営業部  
設計技術グループ  
／中村 厚志



技術開発室  
研究開発グループ  
／西戸 雄輝



東京本部  
茨城支社  
／柳瀬 貴志



配電本部 配電統括部  
技術グループ  
／二之タ 弘



技術開発室  
研究開発グループ  
／小林 浩



技術開発室  
研究開発グループ  
／伊藤 公一



三重支店 伊勢営業所  
配電グループ  
／野田 康剛



営業本部 内線部  
工事第一グループ  
／丸山 靖之



教育センター  
営業研修グループ  
／鈴木 大介



技術開発室  
研究開発グループ  
／藤田 悠



# 一般講演の聴講報告

一般講演を聴講した方のうち、他社の発表について6人の方から報告をいただいたので、以下に掲載する。会場の雰囲気を感じていただきたい。

なお、文中の写真は当社の発表者であり、聴講報告の内容とは一致していません。

## <A会場：高調波、EMC/EMI、接地、絶縁>

### (1)建築構造体測定のための簡易接地抵抗計の検討

発表者：(株)きんでん 森田祐志

#### (概要及び質疑の状況)

建築構造体の接地抵抗測定は、測定線が誘導の影響を受けても誤差が少なくなるように20A以上の測定電流を流すことが求められる。しかしながら機器が大掛かりになり、電流補助極の接地抵抗値を10Ω以下にすることが求められるので非常に手間がかかる。そこで本研究では、電流補助極の接地抵抗値が100Ω程度でも測定可能な簡易接地抵抗計を検討した。

この接地抵抗計は、印加電流0.5Aを45～65Hzの範囲において1Hz刻みで印加することが可能。出てきた波形をバンドパスフィルタでピックアップする。

実験の結果、電流補助極C極が150Ωでも測定可能であった。測定の際、補助極を打ち込む間隔が確保できない場合については検討中。

**Q**：印加電流の周波数が商用周波数に近いのはなぜか

**A**：地絡に対しての抵抗ということで商用周波帯を選んだ

#### (筆者の感想)

商用周波数に近い信号周波数を選択したのは、商用周波数における接地抵抗値を求めたいため、とのことであったが、商用周波数に近い場合フィルタリングが困難という課題が残るようである。現在JISで定められている携帯型接地抵抗計は500Hzが使用されている。この理由は、500Hz程度までは商用周波数の接地抵抗と差異はないためと推測されるので、フィルタリングを容易にするため信号周波数をもう少し高く（例えば、100Hz程度）してもよい、と考えられる。

## <B会場：雷>

### (2)落雷の地電流はどのように地中を流れるのか？

発表者：名古屋大学 堀井憲爾名誉教授

#### (概要及び質疑の状況)

雷が地面に落ちた時、大地の中を雷電流はどのように流れるか？ 従来、雷電流は大地の奥深く浸透していくという考えが主流であったが、当発表では落雷点を中心にして地表を這うように集まってくるということである。

**Q1**：落雷前、電荷はどのように分布していると考ええるか？

**A1**：雷雲の下部に負極電荷があり、対面する地表上には誘導により正極電荷が分布している。

**Q2**：落雷の後、電荷はどのように移動すると考えるか？

**A2**：落雷直前に雷雲から地表近くに降りてきたステップリーダと地表からのストリーマと結合しリターンストローク（主雷撃）が生じる。その際、雷雲の負極電荷と地表面の正極電荷は、結合点で中和する。

**Q3**：地表面に正電荷が誘導されることには異論はないが、主雷撃の際、結合点において雷雲の負極電荷は地表面の正極電荷にスイッチされると思う。

**A3**：極性の異なる電荷は互いに引き合って結合点へ移動し、中和されると思う。

#### (筆者の感想)

雷現象には未解明の部分が多い。今回の考えは従来理論を全く変えるものであり、検証が待たれるところである。なお、発表者はもとより質問者も我が国の雷研究の第一人者であり、白熱した討論であった。



丸山 靖之

### (3)風力発電用雷保護システムの実績

発表者：小沼設計 小沼 満

#### (概要及び質疑の状況)

青森県の日本海沿岸地域にある地上高75m、出

力750kWの風力発電所において深刻な冬季雷被害が続出したため、2本の支柱と架空地線からなる避雷設備を設けた。従来は80mの独立避雷塔があったが防ぎきれなかった。新しい形式の避雷設備では被害が激減した。

Q 1：独立避雷塔がありながら、なぜ新しい避雷設備を設けたのか？

A 1：雷害によって年間発電量が激減し建設・維持費が支払えなくなったこと、また当風力発電所は町おこしのエネルギーパークの中核をなして物産館等の施設もあり、雇用問題もあって是が非でも対策が必要であった。

Q 2：架空地線は必要か？ 避雷針だけではどうか？

A 2：試験的に架空地線を外し、避雷針だけにした時期もあったが、見事に被害がでた。ブレードから発生する上向き放電の進展を架空地線が妨害するのではないかと推定している。

**(筆者の感想)**

雷害対策に関しては対策前の被害と対策内容について説明する事例は多いが、対策後の効果を検証したケースは極めて少ない。本件では10年間の観測比較に拠って、新しい対策方法は顕著な効果があることが証明された。間違いなく、風力発電所の雷害対策に一石を投じたと思われる。



山下 絢也

**<F会場：計画、基礎>**

**(4)特高受電設備の高圧非接地系統における地絡時異常電圧の抑制対策事例**

発表者：(株)きんでん 西村鉄平

**(概要および質疑の状況)**

本発表は、高圧非接地系統において、間欠アーク地絡発生時の過渡異常電圧を防止するための設備設計事例に関する報告である。

具体的には、電気書院「電気設備技術計算ハンド

ブック」に記載されている有効電流比に基づいて、EVT（接地形計器用変圧器）の抵抗値を算出した例が示された。

Q 1：間欠アーク地絡とはどのような現象か？

A 1：電路が樹木に触れる程度の地絡の場合はアークを伴うことが多い。このアークは、電圧と電流の位相関係によって点弧、消弧を繰り返すため、間欠的な地絡が生じる。このような現象を間欠アーク地絡という。

Q 2：なぜ、高い異常電圧が発生するのか？

A 2：アークの点弧、消弧の際に、電路の対地静電容量に蓄積される電荷が増加することに起因する。

**(筆者の感想)**

間欠アーク地絡現象は、古くから知られた現象であるが、通常の電気設備設計で考慮する機会が少ないためか、意外に知られていない。

電気設備学会全国大会では、研究開発のみでなく、設計事例や施工事例といった、設計者、現場担当者にとって有意義な発表が多い。



市川 孝二

**(5)東京電機大東京千住キャンパスにおける電気設備と情報インフラ設備その1、その2、その3**

発表者：(株)日建設計 関根雅文、島崎敏樹

**(概要)**

近年、大学の開設が地方都市から都下に回帰する中、大型開発である千住キャンパスを紹介している。開かれた大学として、敷地周囲に柵などを設けず、“環境にやさしいまちづくり”をコンセプトとしている。

また、地震など大規模災害に対し、非常電源の確保、蓄熱用水利用の便所洗浄水の確保、炊き出し場所など防災拠点の確保も計画されている。

電気設備では、水深5mに冠水する地区としての電力計画、情報システムを活用した省CO<sub>2</sub>技術の採用、BEMSによる『どこでも見える化』、太陽

光発電システムからの直流送電設備（負荷LED照明）、照明制御、オープンネットワーク技術を用いたマルチベンダBACS（電力、空調、照明、セキュリティ、防災、駐車管制、ITV）の採用、情報インフラ（情報管理、情報通信、講義AV、情報提示、電話、大学法人共通・教学系システムなど）の採用。

#### （筆者の感想）

本件は、国土交通省「住宅・建築物省CO<sub>2</sub>先導事業」に採択され、先進的環境技術を導入した意欲的なプロジェクトである。また、大学における利用者の安全確保・利便を図るシステム、大規模・維持管理が容易なシステムとして参考にすべき発表であった。



柴田 充

#### （6）直流配電の電圧発振現象と負性抵抗負荷

発表者：(株)関電工 酒井重嘉

##### （概要および質疑の状況）

本発表は、お客さま設備で発生した、直流配電時における発振現象に関する報告である。

現象解明のため、試験設備によって再現実験を行っている。DC16Vの安定化電源にDC16Vのパソコンを接続し、電圧発振現象を再現した。その結果、電圧は17Vを中心として±2V程度、電流は2Aを中心として±2A程度、周波数は3kHzの発振現象を再現している。そして、パソコンの充電率毎に負性抵抗特性を明らかにするとともに試験設備の等価回路を検討し、発振を防止するための回路条件について考察を行っている。

Q 1：3種類のパソコンで実験を行っているが、いずれも発振したのか？

A 1：機種によって差はあるが、全てのパソコンで発振した。

Q 2：充電率によって発振のしやすさが変わるといことだが、実験結果からもそのような傾向が見られたか？

A 2：充電率が小さいほど発振しやすい。

#### （筆者の感想）

本発表では、当該現象のメカニズムについて、線路のLとパソコン内部のCによる発振現象と結論づけており、線間にコンデンサを接続して発振条件を回避することが有効と結論づけている。しかし、再現実験時の実測による発振周波数と等価回路から求められる発振周波数は大きく異なるため、この仮説には疑問が残る。

太陽光発電設備の普及などに伴い、今後、直流配電はオフィスビルなどにも普及すると思われる。(株)関電工では、既にこのような施工事例を持ち、障害対応を行う中でノウハウを蓄積している。



小倉 友和

#### <G会場：施工>

#### （7）低圧配電設備における開閉サージ

発表者：(株)関電工 上原幸二

##### （概要および質疑の状況）

本発表は、某医療施設の電気設備における障害事例の報告である。

障害は、低圧系統で発生した。当該低圧系統では、高低圧変圧器等の異常時や点検時に、変圧器2次側に設置された隣接変圧器との連絡用遮断器を投入することで、隣接変圧器から当該負荷設備への電源供給が可能となっている。また、各変圧器の2次側には、対地間にSPD（Surge Protective Device:ギャップタイプ）が設置されている。障害は、連絡用遮断器を操作した際にSPD保護用の過電流遮断器がトリップしてしまった、というものである。本発表では、この原因を、連絡用遮断器の開閉時に発生する開閉サージによりSPDが動作し過電流遮断器が動作したものと仮説をたて、これを裏付けるための基礎検討として、模擬負荷

を用いた遮断器開閉サージの再現試験結果が報告された。

Q 1 : 今回の障害は、開閉サージによりSPDが動作するまでは正常動作であり、何らかの理由で過電流遮断器が動作したことが問題と言う理解でよいか？

A 1 : その通りである。

Q 2 : SPDがギャップタイプであることから続流が流れたと考えられるが、1線地絡電流は何Aぐらい流れたと想定されるか、また、過電流遮断器は何ATのものを使用していたのか？

A 2 : 過電流遮断器は225ATである。1線地絡電流は把握していない。

**(筆者の感想)**

当該障害の原因は、まだ基礎検討段階であり結論を得ていないが、発表者の仮説は正しいものと考えている。

(株)関電工では、毎年、自社において対応した障害事例を積極的に報告しており、電気設備の課題を知る上で大変参考になっている。



森永 弘昭

**(8)高経年マンションの修繕計画と電気設備改修事例**

発表者：(株)中電工 久岡佑矢

**(概要及び質疑の状況)**

老朽化が進んだマンションにおける修繕計画を、平成20年に国土交通省が発刊したガイドライン「長期修繕計画作成ガイドライン」を基本として立てた。なお、計画の際には、生活習慣の変化・ライフスタイルの多様化などに伴う機能面の向上を図るべく、エネルギー使用量の増加も加味されている。また、計画だけでなく、改修事例も併せて発表している。

Q 1 : 改修事例において、改修前の幹線14[mm<sup>2</sup>]

を改修後は38[mm<sup>2</sup>]としているが、その技術的根拠はなにか？

A 1 : 内線規定の「一般住宅における裕度ある配線設計」では、90[m<sup>2</sup>]の1戸あたり6kVAとあるが、居住者が高齢者であり火の使用を避ける可能性があることと、IHクッキングヒータの利用が考えられることを加味し7kVAとした。この結果、幹線の太さが14[mm<sup>2</sup>]から38[mm<sup>2</sup>]となった。

Q 2 : 計画から施工までのなかで、大変であったことは何か？

A 2 : マンション理事会と居住者に対して、今回の工事が必要であることの説明と、理解を得ることに最も苦労した。

**(筆者の感想)**

マンションの老朽化に伴う改修において、実際の苦労した内容をはじめとして、改修計画・停電・住居人への説明など、有意義な内容のある発表であった。本講演と同様の工事は、今後も多数あり参考になると考える。



二之タ 弘

**(9)限られたスペース内への受変電設備事例**

発表者：東光電気工事(株) 竹林 一騎

**(概要および質疑の状況)**

病院設備の老朽化に伴う受変電設備更新の施工事例紹介。電気室を旧発電機室に移動した。旧発電機室は既設電気室の面積はおよそ半分だが天井高さが4.95mと高いことから、受変電設備を2段積とした。下段は変圧器を含めた高圧系、上段はMCCBを収めた低圧配電盤とし、メンテナンス通路設置を検討したことが紹介された。

Q 1 : キュービクルを2段積みとしていることから、地震時に倒れやすいと想像するが、耐震上の計算は行ったのか？また、防災拠点病院とのことであるが、耐震クラスは何か？

- A 1 : 耐震クラスはSクラス。また、耐震計算は、電気設備機器の中で重量の大きな変圧器を下段に設置することで、その重心を下げて計算した。また、下段と上段を接続する部分の耐震（ボルト等）についても耐震計算を行った。
- Q 2 : 2段目の低圧配電盤の間に点検歩廊（縞鋼板）があり、人が歩き埃が溜まると思われるがその埃をどのようにして取り除くのか。
- A 3 : 縞鋼板にしたので、埃はあまり溜まらない。1段目の受電盤には、埃の影響はない。
- Q 3 : 2段目の低圧配電盤の背面に取っ手があり、取り外しが出来ると思われるが、その際、1段目の受電盤の前に脚立を立てるとスイッチを触るおそれがある。事故に繋がる可能性はないか。
- A 3 : 2段目の低圧配電盤の背面は、儉鈍式（ケンドン式）になっているので、落下する可能性があり危険。次回は、下から上への開き型が良いと考えている。

#### （筆者の感想）

諸規定に配慮したうえで受変電設備を2段積みにし、限られたスペースを有効に使う、という発想に感心した。低圧配電盤の背面、昇降階段など問題点も残ったので今後に期待したい。



牧 秀幸

### < I 会場：照明、防災・防犯、音響 >

#### (10) 震災による受変電設備への被害調査報告

発表者：(株)関電工 大原宏行

#### （概要及び質疑の状況）

東日本大震災で被災した電気設備の実態調査を行い、その中で、変圧器についての課題に関して発表している。

茨城県内の被災事例を集約し、被災の度合いを設備ごとにまとめている（1位：照明器具、2位：

変圧器）。この結果から、電源供給機器として影響の大きな変圧器についてさらに調査している。特にモールド変圧器について検討されており、その問題点をまとめるとともに課題を抽出している。

Q 1 : モールド変圧器に関する検討であるが、油入変圧器の被災や問題点はないのか？

A 1 : 調査結果からは油入変圧器の被災があったが、油入変圧器多端子部での短絡などの被災事例はほとんどなく、モールド変圧器ばかりであったため、今回、モールド変圧器を取り上げた。

Q 2 : 柱上の変圧器への揺れの影響は？

A 2 : 柱上変圧器は今回の調査結果対象外であり、データがないので、申し上げることができない。

Q 3 : モールド変圧器の被害統計結果で、メーカー別の特色はあったか？

A 3 : 被災したモールド変圧器にはメーカー別の特色があったが、メーカー別の被災割合をこの場で申し上げることが差し控えたい。

#### （筆者の感想）

モールド変圧器のみに特化した被災内容であったが、その被災により、長時間の停電が強要されることは簡単に予想できる内容であり、BCP（事業継続計画）を考える上では、電気設備に関わる者は知っておきたい内容であると考えます。

#### 寄稿者

- (1) 技術開発室 研究開発G 大島誠一郎
- (2)、(3) 教育センター 営業研修G 三辻重賢
- (4)、(6)、(7) 技術開発室 研究開発G 伊藤公一
- (5) 教育センター 営業研修G 鈴木大介
- (8)、(10) 営業本部 技術統括部 技術総括G 山田啓太
- (9) 教育センター 営業研修G 工藤徹也

# 技術開発室だより

## 平成24年度技術開発室研究開発テーマ

技術開発委員会では、平成23年度に研究開発計画書の策定方法を見直した。特に多年度にわたる件名で、研究開発着手から成果に至るまで最終目標の一貫性を重視し、当該年度の計画とその開発全体との関係を理解し易い形に改めた。

また、研究開発段階での部門間の連携および成果の円滑な展開のため、協調推進部署、調整済み部署を明らかにすることとした。

「協調推進部署」とは、情報交換を行ない、協力しながら研究を進める部署であり、「調整済み部署」とは、研究開発の成果を移転する相手部署である。技術開発委員会では、成果引受け予定部門の委員は、次年度計画を審議する委員会(1月)までに、自部門が調整済み部署となることへの了解を部門内で得ておくことを申し合わせた。

表1 平成24年度技術開発室研究開発テーマ

テーマの分野	研究開発テーマ名
省エネ	ダイカスト工場におけるエネルギー最適化手法構築に関する研究
	蒸気設備における省エネ余地診断と課題調査
	空圧設備の運転制御・管理手法の開発
	工場における各種生産設備の課題調査
	ビル用マルチパッケージ型空調機の性能評価手法に関する研究
	遠隔監視データを用いた空調異常検知システムの開発
	ジャストインタイム生産方式への対応を目的としたMIELCASTの改良
環境	冷却塔のシリカスケール対策手法の調査
	生物学的排水処理システムの開発
	塗装排水処理手法の調査
	環境技術の調査
	洗浄機室の作業環境改善手法の検討
	含油排水の処理技術に関する調査
	脱臭装置の開発
電力	低コスト型自動力率調整装置 (APFC) の開発
	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究
	太陽光発電システムの劣化・故障診断に関する研究
	電気設備の劣化診断技術に関する調査
	非接地電路用常時絶縁監視装置の開発
	対地静電容量測定装置の開発
	電源非接続時における低圧電動機の巻線診断装置の開発
	低圧電動機駆動時の固定子巻線短絡診断システムの開発



表2 技術開発室担当者の担当分野

担当者		内線	担当分野（業 務）	
		702-		
研究開発グループ	グループ長	伊 藤	3101	電気理論全般 電気回路保護 TLDシステム 接地システム EMC ノイズ対策
	研究主幹	小 林	3102	電気理論全般 高調波対策 省エネ対策 ライフサイクルCO2 評価 エネルギー計測
	研究主査	河 路	3108	空調異常検知 省エネ対策 空調用省エネ検討ソフト 性能検証 水蓄熱
	研究主査	中 井	3105	水蓄熱 空調計測 空調異常検知
	研究主査	水 野	3107	電化厨房 大量調理施設 エネルギー計測 高調波対策 瞬低対策 MiELCAST
	研究副主査	千 葉	3109	空調計画支援ソフト 住宅エネルギー 空調異常検知 空圧設備
	研究副主査	高 橋	3110	エネルギー管理 エネルギー遠隔監視システム 空圧設備
	研究副主査	中 村	3112	故障劣化診断システム
	研究副主査	眞玉橋	3111	コンピュータシステム ソフト開発 省エネ対策 エネルギー遠隔監視システム
	研究副主査	山 本	3113	低圧用地絡方向継電器（DGR） TLDシステム 電気回路シミュレーション
	研 究 員	加 藤	3117	排水処理 有害物質処理 脱臭
	研 究 員	西 戸	3118	太陽光発電 低圧用地絡方向継電器（DGR） TLDシステム 電気回路シミュレーション ノイズ対策 雷被害対策 接地システム
	研 究 員	西 村	3119	省エネ対策 エネルギー遠隔監視システム
	研 究 員	仲 道	3121	空調設備 省エネ対策
	研 究 員	高 石	3120	排水処理 有害物質処理
	研 究 員	藤 田	3123	故障診断システム 高調波対策
研 究 員	大 島	3122	電気設備劣化診断	
研 究 員	井 上	3106	太陽光発電	
技術企画グループ	担当部長	飯 塚	3002	（一社）電気設備学会 中部支部 事務局 技術開発委員会 事務局
	担当課長	田 中	3005	総務・経理事務全般 技術開発委員会 事務局 TDレポート 全社技術研究発表会
		光 田	3007	HP管理更新 研究開発G支援 総務事務 TDレポート 全社技術研究発表会
		鈴 木	3006	特許関係 稟議関係 経理事務

## 第21回全社技術研究発表会

研究テーマと発表者

発表内容	発表者所属	発表者	受賞名
地下街における特高受変電設備更新計画	営業本部 内線部 工事第三グループ	大熊 直純	
近畿大学 情報処理教育棟 ICTシステム更改に伴う省エネ測定	情報通信本部 ネットワークエンジニアリング部 ソリューショングループ	谷口 直也 斎藤 誠造	
鑄造工場向けエネルギー利用最適化システム「MIELCAST」の開発	技術開発室 研究開発グループ	水野 誠	社長賞
アルミ溶解プロセスにおける省エネ余地診断事例	技術開発室 研究開発グループ	西村 叔介	
空圧設備における当社台数制御盤を活用した省エネルギー手法	営業本部 エコソリューション部 技術提案グループ	菰田 善剛	奨励賞
金属加工工場におけるオイルミスト対策の取り組み	営業本部 設計部 設計グループ	村松 弘文	審査員賞
大高・名南営業所における太陽光発電システムの設計と施工	営業本部 エコソリューション部 技術提案グループ	後藤 浩史	
パンザーマストの柱上組立・解体作業の改善に関する研究	配電本部 配電統括部 技術グループ	二之タ 弘	奨励賞

### 審査の基準について

審査項目は以下の5項目とし、それぞれ5点法で審査している。

- ①発表の態度と発表時間の順守
- ②説明の分かりやすさ
- ③成果の社会貢献度または当社での有益性
- ④着眼点またはアイデア
- ⑤努力度(プロセス)

### 賞の種類について(平成24年度予定)

社長賞 1名 審査員全員の合計点が最も高い者  
 奨励賞 1~2名 社長賞に準ずる者。3位と僅差の場合は3位にも授与する  
 審査員賞 1名 獲得点数に関わりなく、主に社外審査員の意見により選ぶ  
 ただし、奨励賞と審査員賞は、技術開発室以外の発表から選考する。



## 社外講師・セミナー講師

演 題	担当者所属	講 師	講演先・日付
建築設備士 総合講習 ー電気設備の新技术と事例ー	技術開発室 研究開発グループ	伊藤 公一	社)建築設備技術者協会 2011.10.20
需要家電気設備の電力品質 ースマートグリッドの実現に向けてー	技術開発室 研究開発グループ	小林 浩	名城大学理工談話会 2011.10.29
「スマートパワーシステム特論」のうち事例解 説	技術開発室 研究開発グループ	小林 浩	名古屋工業大学非常勤講師 2012.6.13 2012.6.20
蓄熱技術研修会 水蓄熱・修得コース「蓄熱 槽の最適設計シミュレーション(TESEP-W) の活用」、「システムの比較評価、評価プログラ ム(TES_ECO)の活用」	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)ヒートポンプ・蓄熱センター 2011.11.15-16
第34回エネルギー管理研修 VI電力応用(空 気調和)	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)省エネルギーセンター 2011.12.17
蓄熱技術研修会 蓄熱システム・リニューアルコース「蓄熱シ ステムの概要と高効率化の方策」	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)ヒートポンプ・蓄熱センター 2012.1.11
BEST講習会【中級】蓄熱	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)建築環境・省エネルギー機構 2012.1.16
蓄熱技術研修会 水蓄熱・設計コース「水蓄 熱システム設計支援プログラム(TESEP-W) の解説」	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)ヒートポンプ・蓄熱センター 2012.1.17
蓄熱システムの現状と今後の展望ー東日本大 震災から考えるー「水蓄熱システムの設計と 運用における留意点」	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	公社)日本冷凍空調学会 2012.1.27
蓄熱技術研修会 水蓄熱・設計コース「水蓄 熱及び複合熱源システム評価ツールの活用 ー エネルギー・コストシミュレーションツール」	技術開発室 研究開発グループ	河路 友也	一財)ヒートポンプ・蓄熱センター 2012.8.28
「鋳造工場向けエネルギー利用最適化システ ム(MiELCAST)」	技術開発室 研究開発グループ	水野 誠	中部大口電力需要家協議会 平成 23年度 電力技術分科会・電力コス ト分科会 講演会 2011.10.17
鋳造工場向けエネルギー利用最適化システム 「MiELCAST(みえるキャスト)」の紹介	技術開発室 研究開発グループ	水野 誠	三重県鋳造技術研究会(第82回 鋳造技術研究会) 2011.11.7
省エネルギー技術 みえるキャスト	技術開発室 研究開発グループ	水野 誠	社)静岡県設備協会 中部支部 技術講習会 2012.02.10
エネルギー監視と見える化について	技術開発室 研究開発グループ	西村 叔介	福田工業団地内工場従業員 2012.7.10



## 技術開発室成果報告会

技術開発室では、前年度における研究開発成果の報告会を毎年4月下旬に半日ずつ3日間に分けて行なっている。この報告会は、一年間の研究開発に区切りを付けるとともに、技術開発室の研究員同士が互いの研究開発内容を理解しあい、意見評価を述べあうことを目的とした室内行事としていたが、現在は開発テーマに関連する部署には開催をお知らせし、参加していただいている。

技術開発室にとって、「現場との距離」は重要なキーワードであり、他部署からの聴講者を得て、現場を熟知した方々から厳しいあるいは励みになる言葉が得られることは重要である。

この報告会では発表時間が30分あることから、説明も質疑も踏み込んだものとなる。質問の内容は細かい技術的な疑問から成果の市場性まで自由で幅が広く、双方が納得するまで意見を交わせる。

このため、参加された他部門の方から、「この報告会では技術開発室の開発目的や成果がよく理解できる。技術開発室の成果を知りたい使いたいと思っている社員のために、報告会の開催を広く知らせるべきだ」とのご意見をこの二年ほど続けていただいた。

技術開発室にとって、より広く社内に成果を報告しご意見をいただくことは最も望むことであり、24年度の報告会は社内へ広く告知して行なうべく検討している。

報告件名と報告者

月 日	発表者	発表タイトル
4月25日(水)	小林 浩 研究主幹	進相コンデンサを活用した電力品質改善装置の研究 －低コストAPFCおよび高付加価値APFCの開発－
	藤田 悠 研究員	進相コンデンサを活用した電力品質改善装置の研究 －低コストAPFCの導入促進手法の検討－
	中村 久栄 研究副主査	低圧電動機固定子巻線の短絡診断手法の研究開発
	山本 達也 研究副主査	非接地電路用常時絶縁監視装置の開発
	大島誠一郎 研究員	電気設備の劣化診断技術に関する調査
	西戸 雄輝 研究員	太陽光発電システムに関する研究
4月26日(木)	西村 叔介 研究員	アルミ溶解工場における省エネルギー技術に関する研究
	水野 誠 研究主査	鋳鉄製造プロセスにおける省エネルギー技術に関する研究
	高橋 和宏 研究副主査 眞玉橋剛志 研究副主査	工場等における省エネ余地診断と課題調査(空圧)
	水野 誠 研究主査 眞玉橋剛志 研究副主査	工場等における省エネ余地診断と課題調査(蒸気)
	水野 誠 研究主査	工場等における省エネ余地診断と課題調査(射出成形機)
	高橋 和宏 研究副主査	空圧設備の運転制御・管理手法の開発 －能力診断とエア漏れ診断機能の開発－
	千葉 理恵 研究副主査	空圧設備の運転制御・管理手法の開発 －異常検知機能の開発－
4月27日(金)	高石有希子 研究員	冷却水中のシリカ除去技術の検討 事業系排水処理手法の研究
	加藤 勇治 研究員	脱臭装置の開発に向けた応用研究
	中井 一夫 研究主査	環境技術の調査
	河路 友也 研究主査	空調設備の異常検知システムの開発
	仲道 真也 研究員	空調設備の劣化診断手法に関する調査



## 「学」との交流

### 平成23年度 共同研究報告会

月 日	タイトル	報告会においていただいた共同研究先の先生
5月14日(月)	電力品質を考慮した進相コンデンサ制御手法の実用化研究	名古屋工業大学 鶴飼裕之 教授, 青木 睦 准教授
5月15日(火)	太陽光発電システムの出力低下診断法開発に関する基礎研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
5月24日(木)	微生物担体を用いた排水処理手法の性能向上に関する研究	岐阜工業高等専門学校 角野晴彦 准教授

### 平成24年度 研究開発における大学等の協力

技術開発室の研究開発件名	協力をいただく大学等
太陽光発電システムの出力低下診断法開発に関する基礎研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
ビル用マルチパッケージ型空調機の性能評価手法に関する研究	中部大学 工学部 建築学科 山羽 基 教授
電力品質を考慮した進相コンデンサ制御手法の実用化研究	名古屋工業大学 鶴飼裕之 教授 青木 睦 准教授
酸素供給型DHS法の事業系排水処理への適用性評価	岐阜工業高等専門学校 角野晴彦 准教授 阿南工業高等専門学校 川上周司 助教
低圧電動機駆動時の固定子巻線短絡診断システムの開発	名古屋工業大学 水野幸男 教授



## JECA FAIR 2012 ～第60回 電設工業展～

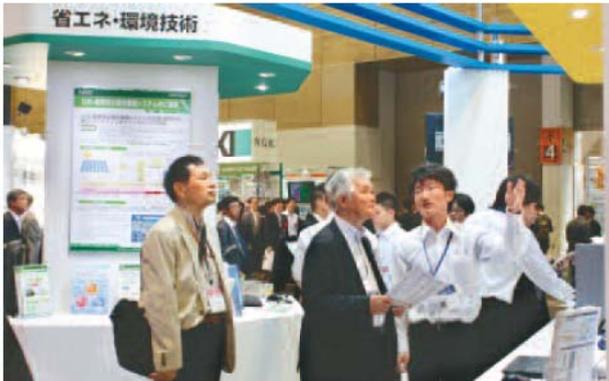
今回で60回目を迎えた電設工業展が、名称を『JECA FAIR (ジェカ・フェア)』に変更し、5月30日～6月1日の3日間、「スマート技術で社会貢献 ～未来都市づくりへのチャレンジ～」をテーマにインテックス大阪で開催された。

当社は、ブースを「省エネ・環境技術」、「施工技術」、「新技術」の3つのゾーンに分けて新技術や新製品を展示し、来場者に総合設備企業トーエネックをアピールした。

展示会は3日間で94,000人の来場があり、盛況のうちに閉幕した。

また、アンケートでは多くの方から資料請求を頂き、後日詳しい資料の送付を行なった。

技術開発室は、①MIELCAST (みえるキャスト)、②エネルギー遠隔監視システム、③巻線診断システム (仮称)、④TLDシステム、⑤低圧電路用地絡方向継電器、⑥低圧進相コンデンサ用自動力率制御装置 (仮称)、⑦ハイブリッド脱臭システム (仮称) の7点を出展した。



## 受賞・表彰の記録

受賞名	内容	担当者所属	担当者	備考
第12回 空気調和・衛生工学会特別賞 "十年賞"	中部電力岐阜ビルの高効率空調システムと省エネルギー化に向けた継続的な性能検証	技術開発室 研究開発グループ	中井 一夫	共同受賞 中部電力(株) (株)伊藤建築設計事務所 (株)蒼設備設計 大阪大学相良教授 ※当社は施工・維持管理・性能検証に貢献



# 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
インパルス試験に基づいた巻線の短絡および絶縁劣化診断	○中村久栄(技術開発室)、水野幸男(名古屋工業大学)	計測自動制御学会センシングフォーラム2011.10
Insulation Diagnosis of Motor Winding Based on Feature Distributions	M. Kishino, ○ Y. Mizuno(Nagoya Institute of Technology)、 H. Nakamura(Toenec Corporation)	2011 IEEE Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena、2011.10
誘導溶解炉操業におけるエネルギー利用最適化システムの開発	水野 誠(技術開発室)、 ○棚橋尚貴(中部電力)、佐藤 進、大田智一(富士電機)	日本鑄造工学会全国講演大会 2011.10
電動機内部の固定子巻線の短絡診断	○中村久栄(技術開発室)	計測自動制御学会制御部門大会 2012.03
エネルギー計測の現状と課題	○小林 浩(技術開発室)	電気学会メタボリズム社会・環境システム技術研究会 2012.03
DHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターへの高濃度酸素供給による高速処理の試み	高石有希子、加藤勇治(技術開発室)、 ○馬島孝治、廣田章典、角野晴彦(岐阜工業高等専門学校)、 珠坪一晃(国立環境研究所)、 大橋晶良(広島大学)、原田秀樹(東北大学)	土木学会中部支部研究発表会 2012.03
DHSリアクターによる食品工場廃水の有機物除去特性	高石有希子(技術開発室)、 ○段下剛志、馬島孝治、角野晴彦(岐阜工業高等専門学校)、 珠坪一晃(国立環境研究所)、 大橋晶良(広島大学)、原田秀樹(東北大学)	土木学会中部支部研究発表会 2012.03
高濃度酸素を利用した DHS リアクターによる食品系模擬排水の連続処理	高石有希子(技術開発室)、 ○馬島孝治、廣田章典、角野晴彦(岐阜工業高等専門学校)、 珠坪一晃(国立環境研究所)、 大橋晶良(広島大学)、原田秀樹(東北大学)	日本水環境学会年会 2012.03
無曝気型処理法「DHSリアクター」による食品系工場廃水の連続処理特性	○高石有希子、加藤勇治(技術開発室)、 段下剛志、馬島孝治、角野晴彦(岐阜工業高等専門学校)、 珠坪一晃(国立環境研究所)、 大橋晶良(広島大学)、原田秀樹(東北大学)	日本水環境学会年会 2012.03
各種太陽電池パネルの性能比較を目的とした100kW太陽光発電システムの構築	○西戸雄輝、高橋和宏、小林 浩(技術開発室)	電気学会全国大会 2012.03
PVシステムの出力低下診断法に関する研究Ⅱ	西戸雄輝、小林浩(技術開発室)、 ○真田英和、山中三四郎(名城大学)	電気学会全国大会 2012.03
誘導電動機の特徴量分布特性と巻線短絡故障検出手法の検討	○岸野光佑、坂東広幸、水野幸男(名古屋工業大学)、 中村久栄(技術開発室)	電気学会全国大会 2012.03
インパルス試験に基づいた電動機固定子巻線の短絡診断	○中村久栄(技術開発室)	電気学会全国大会 2012.03
インパルス試験に基づいた巻線診断装置の開発	○藤田 悠、中村久栄(技術開発室)、 水野幸男(名古屋工業大学)	電気学会全国大会 2012.03
配電システムの電圧不平衡抑制を目的とした進相コンデンサ制御システムの構築	小林 浩(技術開発室)、 ○上嶋宏明、加古達弘、花田裕一、青木 睦、鶴飼裕之 (名古屋工業大学)	電気学会全国大会 2012.03
高圧需要家における電力品質を考慮した低圧進相コンデンサ制御システムの構築	小林 浩(技術開発室)、 ○加古達弘、上嶋宏明、青木 睦、鶴飼裕之(名古屋工業大学)	電気学会全国大会 2012.03
配電線損失に着目した進相コンデンサによる配電システムの電力品質改善手法	小林 浩(技術開発室)、 上嶋宏明、成瀬太一、青木 睦、鶴飼裕之(名古屋工業大学)	電気学会電力エネルギー部門論文誌 2012.03
低圧誘導電動機の固定子巻線短絡のオフライン診断	○中村久栄(技術開発室)	計測自動制御学会プラントモデリングシンポジウム 2012.04
電力品質の現状 ースマートグリッドの実現に向けてー	小林 浩(技術開発室)	電気学会基礎・材料・共通論文誌 2012.06
高圧需要家における高調波の現状と対策	○小林 浩(技術開発室)、 松田勝弘、二上貴文(東北電力)、 高野富裕(三菱電機)、片岡義則(指月電機)	電気学会ものづくり研究会 2012.06
インパルス電圧を用いた巻線診断システムの開発	○中村久栄、藤田 悠(技術開発室)、 水野幸男(名古屋工業大学)	電気学会産業応用部門大会 2012.08
自端情報のみを用いたSVRと単相SCの協調による配電システムの電圧制御	小林 浩(技術開発室)、 ○花田裕一、青木 睦、鶴飼裕之、小寺孝典(名古屋工業大学)	電気学会電力技術研究会 2012.08
太陽光発電システムに関する調査研究委員会活動報告	○西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)、深江隆之(中部電力)、 雪田和人(愛知工業大学)、桑原 祐(愛知電機)、 飯岡大輔、山中三四郎(名城大学)	電気設備学会全国大会 2012.08
%電力量を用いた出力低下診断法に関する基礎研究	西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)、 ○真田英和、山中三四郎(名城大学)	電気設備学会全国大会 2012.08

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
誘導電動機内部の固定子巻線短絡診断	○中村久栄(技術開発室)	電気設備学会全国大会 2012.08
鋳造工場における溶解設備構築支援ツールの開発	○水野 誠(技術開発室)、佐藤 進、大田智一(富士電機)	電気設備学会全国大会 2012.08
自端情報のみを用いたSVRと単相SCの協調による配電系統の電圧制御	小林 浩(技術開発室)、 ○花田裕一、青木 睦、嶋飼裕之、小寺孝典(名古屋工業大学)	電気設備学会全国大会 2012.08
高圧受電設備における励磁突入電流のシミュレーションに関する研究(第1報) - 変圧器励磁突入電流の実測と分析結果 -	○小林 浩(技術開発室)、上嶋宏明、青木 睦(名古屋工業大学)、 今枝大和、松村 年郎(名古屋大学)、 深江隆之、塚腰浩章(中部電力)、 梅村正人(中部電気保安協会)	電気設備学会全国大会 2012.08
高圧受電設備における励磁突入電流のシミュレーションに関する研究(第2報) - 変圧器励磁突入電流の頻度分布および複数台同時投入の影響 -	小林 浩(技術開発室)、 ○今枝大和、松村年郎(名古屋大学)、 上嶋宏明、青木 睦(名古屋工業大学)、 深江隆之、塚腰浩章(中部電力)、 梅村 正人(中部電気保安協会)	電気設備学会全国大会 2012.08
高圧受電設備における励磁突入電流のシミュレーションに関する研究(第3報) - 励磁突入電流による電圧低下が高圧需要家に与える影響 -	小林 浩(技術開発室)、今枝大和、 ○松村年郎(名古屋大学)、上嶋宏明、青木 睦(名古屋工業大学)、 深江隆之、塚腰浩章(中部電力)、 梅村正人(中部電気保安協会)	電気設備学会全国大会 2012.08
低圧進相コンデンサ用自動力率制御装置の開発	○藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 松田勝弘、二上真文(東北電力)、高野富裕(三菱電機)、 片岡義則(指月電機)	電気設備学会全国大会 2012.08
電気機器の消費電力の実態と節電への提言(第1報) - 調査・研究の動機と実測結果まとめ -	小林 浩(技術開発室)、 ○小田島範幸(清水建設)、留目真行(関電工)、 滝澤 総(日建設計)、森 明(日本照明器具工業会)、 内野博道(電気設備学会)、木下信之(東京電力)、 尾瀬 淳(パナソニック)、平田哲人(国土交通省)、 福本剛司(東芝)	電気設備学会全国大会 2012.08
電気機器の消費電力の実態と節電への提言(第2報) - 実測データに基づいたOA機器の節電効果の評価 -	小林 浩(技術開発室)、 ○留目真行(関電工)、小田島範幸(清水建設)、 滝澤 総(日建設計)、渡部裕一(鹿島建設)、 小野田修二(大成建設)、鈴木俊之(東光電気工事)、 鷹野一朗(工学院大学)	電気設備学会全国大会 2012.08
空気流量計を用いない空気圧縮機吐出能力計測手法の開発	○西村叔介、高橋和宏、千葉理恵(技術開発室)	電気設備学会全国大会 2012.08
空圧設備の省エネ余地量調査	○高橋和宏、西村叔介、千葉理恵(技術開発室)	電気設備学会全国大会 2012.08
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107) BESTを利用した水蓄熱式空調システムの高効率化検討とフォルトシミュレーション	○河路友也(技術開発室)、 村上周三(建築環境省エネルギー機構)、 柳原隆司(東京大学)、工藤良一(菅設備設計)、 二宮博史(日建設計)、 中原信生(環境システック中原研究処)	空気調和・衛生工学会全国大会 2012.09
モジュール型熱源機の運転手法に関する研究(第1報) 全負荷および部分負荷時の熱源性能評価	○河路友也(技術開発室)、一瀬茂弘(中部電力)、 宇佐美勇気(中部電力)	空気調和・衛生工学会全国大会 2012.09
システムシミュレーションによる業務用建築物の節電対策の定量評価(第2報) 中小規模建築物における定量評価と今後の課題	中井一夫(技術開発室)、 ○渡邊 剛(NTTファシリティーズ)、佐藤孝輔(日建設計)、 吉岡沙野(日立建設設計)、尹 奎英(名古屋市立大学)、 高井裕紀(三機工業)、丹羽英治(日建設計総合研究所)	空気調和・衛生工学会全国大会 2012.09
ライフサイクルエネルギーマネージメントに有用なシミュレーションモデルに関する研究 その3 過冷却式ダイナミック型水蓄熱システムモデルの整備と試算	○千葉理恵(技術開発室)、木村健太郎(高砂熱学工業)、 田口雄一郎(関西電力)、丹羽英治(NSRI)	空気調和・衛生工学会全国大会 2012.09
各種太陽電池モジュールの性能比較を目的とした太陽光発電システムの実稼働データ分析	○西戸雄輝、高橋和宏、小林 浩(技術開発室)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
PVシステムの出力低下診断法に関する研究(その3) - %電力量を利用した診断法の考察 -	西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)、 ○真田英和、山中三四郎(名城大学)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
インパルス試験に基づいた誘導電動機内部の固定子巻線のオフライン診断	○中村久栄(技術開発室)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
SVRとSCの協調による配電系統圧制御に関する研究	小林 浩(技術開発室)、 ○花田裕一、青木 睦、嶋飼裕之、小寺孝典(名古屋工業大学)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
高圧需要家における低圧進相コンデンサ設置時の高調波流出電流解析手法	○藤田 悠、小林 浩(技術開発室)、 松田勝弘、二上真文(東北電力)、 高野富裕(三菱電機)、片岡義則(指月電機)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
可変容量型コンデンサの開発と有用性評価	小林 浩(技術開発室)、 ○松田勝弘、二上真文(東北電力)、 片岡義則(指月電機)、高野富裕(三菱電機)	電気学会電力・エネルギー部門大会 2012.09
TES ECOによるガスタービン吸気冷却効果検討	○河路友也(技術開発室)、 中原信生(環境システック中原研究処)	日本建築学会 全国大会 2012.09

# 各種学会・士会への加入奨励について

当社にとって個人の技術力向上は重要であり、その手段として図1に示すものが考えられる。このうちいくつかは、教育センターによる社内教育と通信教育により進められている。また、最新の技術情報や技術動向をタイムリーに得ることによる技術力向上については、各種学会・士会への加入が最も有効な方法であると考えられる。このため当社では社員に対し、学会・士会への加入を奨励している。

各種学会は、最新の技術や施工事例を会誌や見学会、講習会といった学会事業により提供しており、それらは、各個人が技術力を高めることや、お客さまへ技術的な提案やアドバイスを行う情報源として有用である。また各士会も、たとえば計装士会では、計装工事など特定の技術分野における

詳細情報の提供や見学会を行っており、同様の効果が期待できる。

今年度から会社は、技術士の資格者を増やす為、新たな取り組みを開始した。この技術士に挑戦する社員にとっても、学会を通じて得られる各種情報は極めて役に立つものである。

社内に学会・士会の加入者が増えることは、社内の技術への関心を高めて技術レベルの向上に貢献するとともに、お客さまからの当社技術力への信頼獲得に繋がる。

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

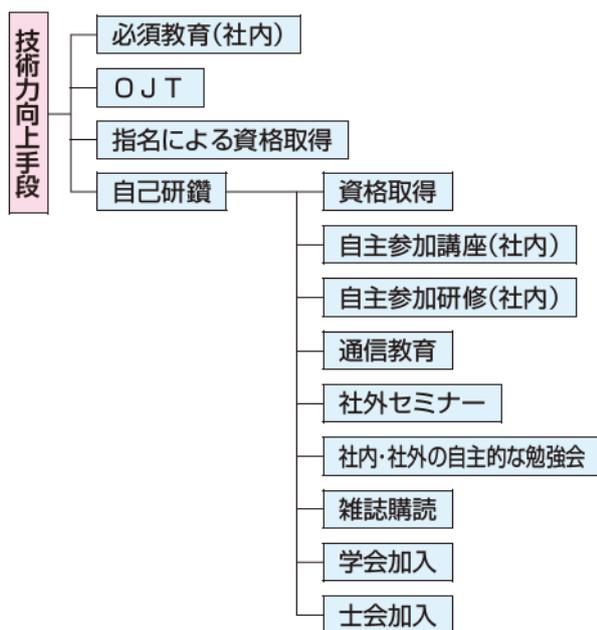


図1 技術力向上手段

表1 学会・士会

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

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

# 編 集 後 記



無事、TDレポート28号の発刊を迎えることができ、執筆者の方々やお力添えを頂いた部署の皆さんにお礼申し上げます。

さて、当社のような技術系企業が成長して行くには、如何にして技術力の優位性を保つかが不可欠です。

その要素は幾つかあると思いますが、そのうちの一つは技術者のモチベーションであり、もう一つは会社全体の技術レベルの向上であると私は考えます。

なぜなら、問題・課題を発見し易いのは現場の第一線で働く技術者ですが、その解決努力、経験が活用されないようでは、その企業は伸びて行かないと思うからです。

本誌は、個人の技術を会社全体の技術へ広げるという狙いもあります。

皆さんの優れた技術、経験を紹介することで、技術情報の共有化と皆さんの意欲の向上、そして更なる技術の研鑽に繋がれば良いと思っています。(Jun)

**TDレポート 第28号** 平成24年10月発行

**編集**

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

# TDR

vol.28 2012.10 TDRレポート

**TOENEK**

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

