

電気設備における計量・計測についての調査研究

(社)電気設備学会 地球環境委員会

1. はじめに

エネルギーの有効利用を進めるためには、第一段階として、エネルギー消費の実態やその構成を正確に把握することが重要である。そのためには、エネルギーの計量・計測装置を適切に配置することが必要となる。

最近、計量・計測機器やシステムの高機能化が進み、電力量などの各種データの収集は以前と比較して容易になっている。一方で、得られた大量のデータを分析する技術・労力・人員が不足しているという現状も多く見られる。

そこで、電気設備学会「地球環境委員会」では、地球環境配慮についての研究の一環として、実際の計量・計測データの分析を通じて、具体的な計量・計測計画を立案できる素地を作り、電気設備にかかわる技術者にとって必要な技術や計画手法などをまとめることを目的とし、計量・計測に関する調査研究を行った。本稿ではその報告を行う。

2. 計量・計測に関するケーススタディ

本調査研究では、計量・計測に関するケーススタディとして、表-1に示した事務所ビルにおいて、更新時に設置されたエネルギー計測システム(図-1)の電力量などの実測データを用い、データ分析を行うとともに計量・計測に関する課題抽出を行った。

表-1 対象施設の概要

用途	自社事務所
構造	RC
階数	地上6階、地下1階
竣工年	1970年
更新年月	2001年3月
延床面積	4 538 m ²
建築面積	624 m ²
計測点数	59点
受変電設備	三相変圧器 低圧動力盤 No.1: 150 kVA 低圧動力盤 No.2: 300 kVA 単相変圧器 低圧電灯盤 No.1: 150 kVA 低圧電灯盤 No.2: 150 kVA ※すべてアモルファス変圧器

委員会構成 (開催当時)

委員長	滝澤 総	(株)日建設計
副委員長	大野修二	清水建設(株)
委員	雨宮清之	東京電力(株)
	小林 浩	(株)トーエネック
	鈴木俊之	東光電気工事(株)
	寺田 稔	国土交通省
	鷹野一朗	工学院大学
	高橋文雄	松下電工(株)
	出野昭彦	大成建設(株)
	留目真行	(株)関電工
	藤井茂良	(株)東芝
	藤原健治	清水建設(株)
	森 明	(株)照明器具工業会
	渡部裕一	鹿島建設(株)
事務局	横山真吾	(社)電気設備学会

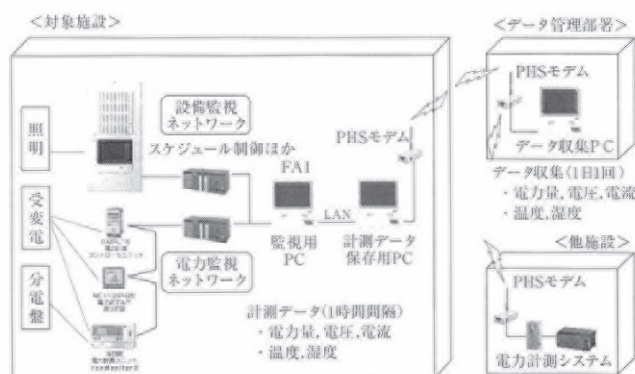


図-1 対象施設のエネルギー管理システム

3. 各種グラフによる計量・計測データ分析

実測データの分析のため、各種グラフを使用して実測データを整理した例を図-2～6に示す。

3.1 棒グラフや円グラフによるデータ分析

図-2は、変圧器単位の1日ごとの電力使用量を1年分棒グラフで表示したもので、季節変動を主体とした1年間の電力使用量の特徴を分かりやすく表現できる。図-3は変圧器単位の1時間ごとの電力使用量を2週間分棒グラフで表示したもので、1日における時間帯ごとの電力使用量が把握でき、平日と休日での違いや就業時間との関連など

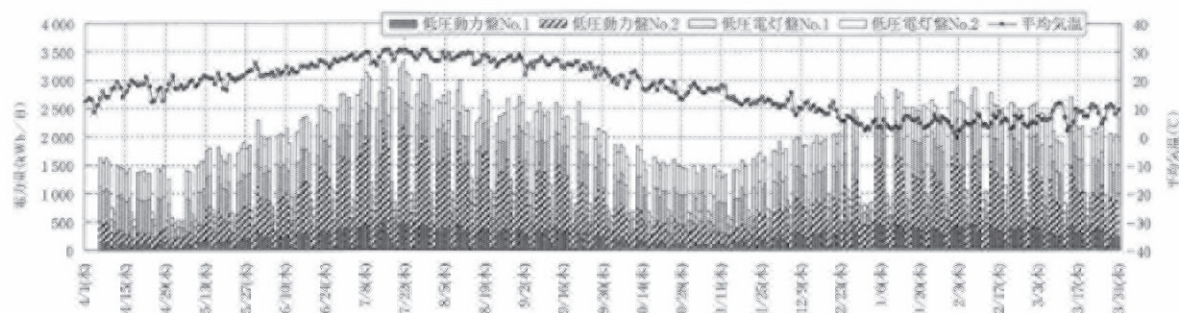


図-2 1年間の変圧器ごとの電力使用量

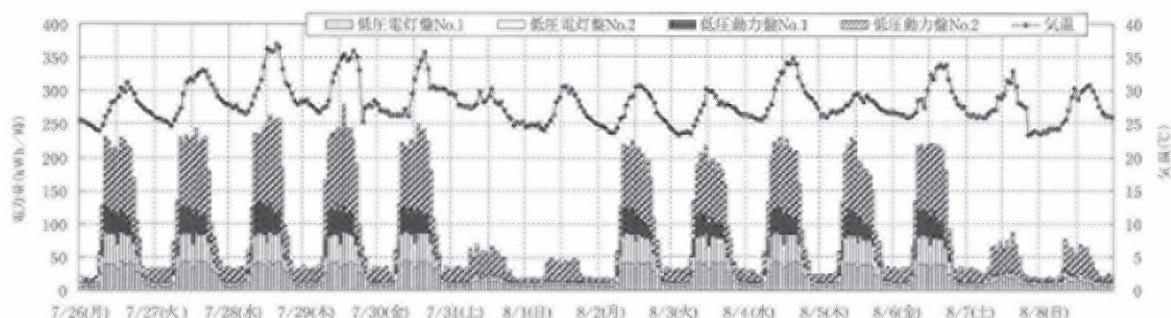


図-3 2週間の変圧器ごとの電力使用量

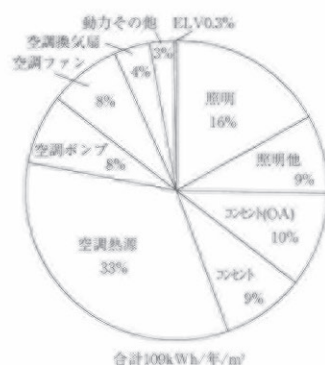


図-4 用途別使用量

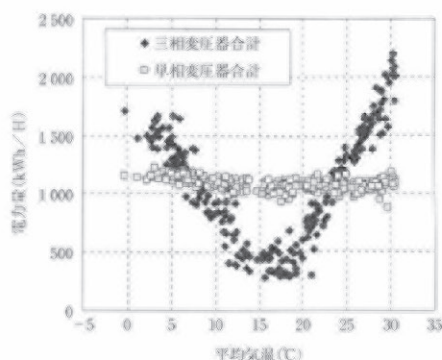


図-5 変圧器電力量と平均気温の相関

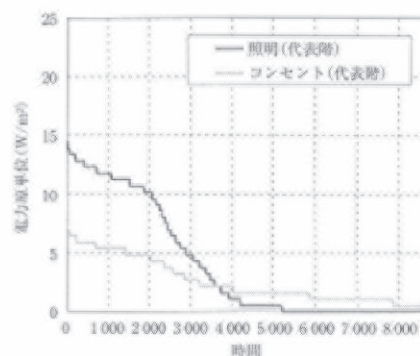


図-6 デュレーションカーブ

が把握できる。図-4は建物全体の1年間の用途別電力使用量比率を円グラフで示したもので、用途別で表示することで建物の電力使用の特徴把握や一般に公開されている同一用途建物の平均的なデータとの比較が可能となる。

なお、今回のケーススタディでは、一部のデータが欠損しており、そのため図-4において用途分けが不明確な部分があったが、このデータ欠損については後述する。

3.2 散布図やデュレーションカーブによるデータ分析

図-5は、三相変圧器全体と単相変圧器全体において、1日ごとの電力使用量(平日のみ)と当日の平均気温との相関を示したものである。三相変圧器の電力の用途は主として空調関係である。そのため、気温によって電力使用量が影響を受けることは容易に想定されるが、実際に散布図に表

現することでその特性が明確となる。三相変圧器と比較して単相変圧器では、電力の用途が照明やコンセントであるため気温との相関がほとんど見られない。図-6には、用途別電力量のデュレーションカーブを示す。デュレーションカーブとは、1時間ごとの電力量の1年分を値が大きい順に並べたもので、空調関係のエネルギー使用量の分析にしばしば用いられるグラフであるが、ここでは対象施設の代表階(2~4階)における照明とコンセント用途の電力量のデュレーションカーブを示した。対象施設の年間就業時間は2178時間であるが、その辺りの時間を境にカーブの傾きが変化している。これより照明とコンセントはおおむね就業時間に合わせて使用されていることが把握できる。また、照明とコンセントを比較すると、コンセントのほう

の傾きがなだらかで長時間使用されている。最大電力原単位は、照明では約 15 W/m²、コンセントでは約 8 W/m²程度であった。このように実測データを原単位に換算することで、設計時における想定値との比較が可能となる。

実測データを用いた幾つかの分析例を紹介したが、これらの分析を効率よく行うには、あらかじめ分析内容を想定しておき、設置する計量・計測システムにグラフを用意したり、表計算ソフトを用いる場合には実測データの処理をプログラム化若しくはマクロ化しておくといよい。

4. 計量・計測における課題抽出

4.1 計測不具合によるデータ欠損

本ケーススタディにより、計量・計測を行う上で考慮すべき課題を整理した。本ケーススタディでは、計量・計測データの一部に欠損が生じていた。その原因と主な対策を挙げる。

(1) 結線間違いや断線による不具合

本ケーススタディでは、計測機器への電圧入力結線の間違いと、計測用 CT 二次側での断線により、電力量が正確に計測できていない箇所が確認された。よって、計量・計測システムを設置する場合、システム施工時及びシステム稼働開始時に、必要に応じ負荷稼働後のタイミングで、データが適正に取得できているかを確認しておく必要がある。これは当然のことではあるが、実際には施工が停電作業で行われたり、施工後にデータ確認のために負荷機器を一時的に稼働させることが困難である場合もあるため、データ確認方法をあらかじめ決定しておくことが必要である。

(2) 無線通信における不具合

配線コスト削減などの観点から計量・計測システムに無線通信手段(携帯電話, PHS, 無線 LAN など)を利用する場合、設置以降長期間運用する間に、電波状況変化により通信不具合が発生したり、通信用機器の不具合によりデータが欠損することがある。これを防止するには、定期的にデータ確認や電波状況確認を行う必要がある。計測箇所が多い場合には、通信不具合発生時に通知するなどの不具合通知機能を、計量・計測システムに盛り込むことが望ましい。

4.2 計測機器の誤差

計量・計測により得られるデータには誤差が含まれるが、これまであまり言及されていなかった。そこで、市販されている計測機器の誤差を、主として電力量計について調査した。表-2 に調査対象製品の概要を、図-7 に各製品のカタログに記載されている電力量計測誤差を、それぞれ示す。

表-2 調査対象製品

No.	製品内容
A 社	単体電力量計
B 社	ネットワーク型システム
C 社	ネットワーク型システム
D 社	ネットワーク型システム
E 社	多回路計測用ポータブル型
F 社	ポータブル型(高調波計測機能付)

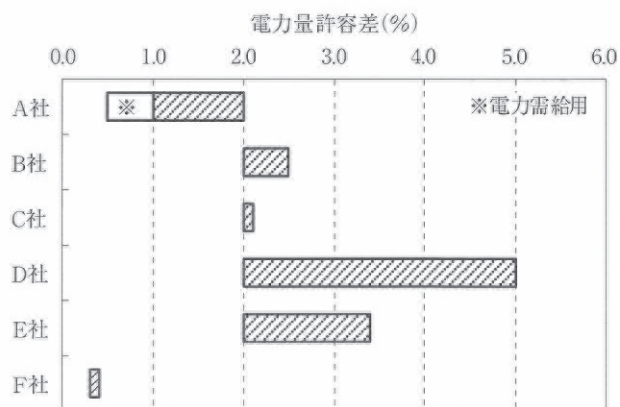


図-7 調査対象製品の計測誤差

表-3 CT 定格電流の例

CT 定格電流	5, 50, 100, 250, 400, 600 A
---------	-----------------------------

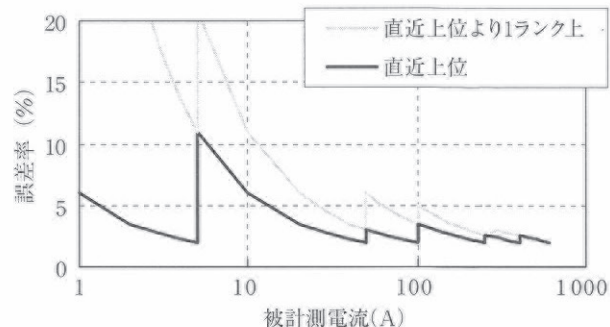


図-8 CT の選定方法による被計測電流と誤差の関係

例えば、A 社電力量計は電力需給用にも使用可能であるため計測誤差は他製品よりも小さい。また、B 社、C 社、D 社では、同じネットワーク型システムでも 2~5 % の範囲で違いがある。また、F 社ポータブル型は高調波の計測機能が付いており計測誤差は小さい。このように製品により計測誤差には違いがあるため、これらに留意して計測機器の選定を行う必要がある。

図-7 の計測誤差は、定格値に対する値である。しかし、実際には定格値を計測することは少ないため、計測誤差は図-7 の値よりも大きくなる。さらに、電流計測に CT を用いる場合には、その誤差(通常 1 % 程度)も加算する必要がある。また、実際に使用できる計測機器は、定格値の種類が限られていることにより、被計測値によって誤差が異

なる。例えば、表-2のB社ネットワーク型システムでは、CTの定格電流のラインナップは表-3のとおりである。この場合の被計測電流と計測誤差の関係は図-8のようになり、5~20A 辺りで誤差率5%を超えてしまう。配線サイズの関係などで1ランク上の定格のCTを選定した場合には計測誤差は更に大きくなる。よってこれらに留意しデータの分析を行う必要がある。

4.3 計測データの分解能

本ケーススタディにおける実測データでは、全計測項目において計測分解能(計測値の最小単位)が1であった。例えば、電力量の場合1kWh、電流の場合1Aなどであり、1kWh未滿や1A未滿の値はゼロとなる。よって、電灯分電盤の分岐回路などのもともと電力使用量が小さい回路の計測では、最小単位が粗すぎる場合がある。本ケーススタディにおいても、最大が10kW程度の分岐回路を1kW単位で計測している箇所があった。さらに、保存されたデータが常にゼロである箇所があり、これは被計測データ値が常に1未滿であるため、計測時に切り捨てられたためと考えられる。

計測分解能は、計測機器やセンサのみではなく、それらの上位でデータを収集し保存するパソコンやシーケンサのプログラムの仕様による場合がある。具体的には、計測機器としては細かい分解能があっても、データ保存容量の問題などからプログラム上で有効桁数を削減されてしまう可能性がある。これは計測機器自体というよりはソフトウェアによるデータ処理上の問題であるが、電気設備技術者(計量・計測システムメーカーへの発注者)としては、被計測データの特性をふまえて適切にプログラム仕様を指示する必要がある。

4.4 変圧器損失電力量の算出を例とした計測誤差の検討

電気設備における省エネルギー手法として変圧器損失の低減がある。しかしながら変圧器損失を一般的に建物に常時設置される計測システムで直接計測することは容易ではない。そこで本ケーススタディでは、計測誤差検討の一例として、実データを用いて受電電力量計測値と各変圧器電力量の合計値の差から変圧器損失電力量を算出し、計測誤差から見た妥当性を検討した。

表-4に計算結果を示す。受電電力量計測値と各変圧器電力量計測値の合計値の差として算出した1年間の変圧器損失電力量は4733kWhであった。これには進相コンデンサ設備(SC)の損失電力量も含まれる。一方で、変圧器の損失電力量をカタログでの損失値と計測により得られた年間等価負荷率を用い、 $[(\text{無負荷損}) + (\text{負荷損}) \times (\text{年間$

表-4 変圧器・SCの損失電力量の計算

		受電点と変圧器二次側電力量の計量値で算出 [kWh]		変圧器の等価負荷率で算出 [kWh]	
受電点		—	605 570①	—	
変電設備	低圧動力盤 No.1	二次	60 565	負荷率 11 %	1 153
	低圧動力盤 No.2	二次	211 523	負荷率 17 %	2 426
	低圧電灯盤 No.1	二次	169 466	負荷率 16 %	1 053
	低圧電灯盤 No.2	二次	159 283	負荷率 15 %	1 019
	SC + SR	—	—	—	1 598
	小 計	二次	600 837②		7 249
		(①-②)	4 733		7 249

等価負荷率)²⁾ × 年間通電時間 = 変圧器損失電力量として算出し、同様にSCの損失もカタログ値を用いて算出したところ、損失電力量は7249kWhとなり両者には差が見られた。

そこで、計測誤差の観点から両者の差異の要因を検討した。まず本計測システムにおける計測機器仕様による誤差は、電力で1%、電力量においては機器が定格値に対して2.5%(電力量)、CTが定格値に対して1%であることから、定格値に対する誤差として、電力では2%、電力量では3.5%となる。変圧器電力量の計測の場合、変圧器負荷率が低いと計測誤差は大きくなる。今回の実データでは、各変圧器負荷率の年間最大値は35~85%であったが、年間で単純平均すると10~20%程度であった。よって単純平均負荷率が20%としても、誤差の平均値は $3.5 \times 100 / 20 = 17.5\%$ となる。そしてこのような誤差を含む変圧器ごとの電力使用量を使用し演算により算出するため、算出された値が含む誤差は更に大きくなる可能性が高い。

これに対して、変圧器損失電力量の使用電力量に対する比率は、これまで一般的に使用されてきたJIS C 4303(1999)標準変圧器の場合は4%程度、本ケーススタディで使用されているアモルファス変圧器の場合は1%程度であり、前述の計測誤差のほうが大きいことになる。このため、結果的に「計測誤差 > 変圧器損失電力量」となってしまう。よって、受電電力量と変圧器電力量から変圧器損失を間接的に算出するよりは、変圧器負荷率にも誤差を含むものの、変圧器損失の定格値と負荷率から算出するほうが妥当であるといえる。

5. おわりに

本稿では、電気設備学会「地球環境委員会」の計量・計測作業会での調査研究内容として、特にこれまであまり言

及されなかった計測不具合や計測誤差を中心に紹介した。

計量・計測の計画に当たっては、その目的を明確にすることが最も重要である。よって電気設備技術者には、ユーザに対する計量・計測の目的を明確にしたシステム提案が求められる。具体的に計量・計測の目的と留意事項を幾つか挙げると次のとおりである。

(1) 省エネ法などの法対応のための計量・計測

省エネ法によりエネルギー管理指定事業所となった場合には、定期報告書の書式に従った項目を計測する必要がある。2006年の省エネ法改正により対象事業所数が拡大しており、今後計量・計測のニーズは高まると考えられる。

(2) エネルギー使用状況を把握するためのユーザによる自主的な計量・計測

ユーザ自らが、エネルギー使用状況を把握することで、エネルギー消費のムダを見つけたり、省エネ対策を実施した場合の省エネ効果の定量把握などが考えられる。例えば、用途別・エリア別・部署別などでの計量・計測などである。現状は比較的大規模な事業所での実施が多いが、今後は中小規模の事業所にも拡大されることが望ましい。

(3) 設計者のニーズによる計量・計測(設計した設備の検証)

電気設備の場合、変圧器容量、配線サイズ、計器類の選定の適正さの確認が挙げられる。また、多数の事業所のエネルギー原単位を把握して設備設計のためのバックデータとすることによって、今後の設備設計に役立てることも可能である。

(4) 性能検証(コミッショニング)としての計量・計測

コミッショニングは、現段階では空調に関する計測が主体的であるが、電気設備分野においてもコミッショニングの意味や手法などを検討し、それに合った計測手法を確立する必要がある。

(5) 課金のための計量・計測

計量法に基づいた計量をする必要があり、計測精度には注意が必要となる。

今後は、電気設備技術者としては、計量・計測に関する課題を認識しながら、ユーザに対しては上記に示したような目的を明確にした計量・計測の普及に努めることで、地球環境問題に対して貢献をしていくことが求められる。

IEIEJ-G-0006:2006

BACnet™ システムインターオペラビリティガイドライン

電気設備学会規格委員会は、2006年6月21日の第9回規格委員会にてBACnet™システムインターオペラビリティガイドライン規格を承認しIEIEJ-G-0006:2006の電気設備学会ガイドライン規格として今回制定しました。

本ガイドライン規格は、ISO16484-5規格及びANSI/ASHRAE規格135-2004のBACnet®通信プロトコルをBACS(ビル自動管理制御システム)の計画、設計、製造、施工、運用・保守のエンジニアなどが適用するに当たって、我が国の市場の要求仕様を満たし国際協調を十分に考慮するために制定しました。BACnet®通信プロトコルをBACSに採用したときに、相互運用性を失うことなく我が国のBACS市場のマルチベンダ環境における固有の要求に対応するに当たっての参考となるべく作成しました。ガイドラインとして強制力をもつものではなく、個別のBACS物件において直面するであろう多くの選択肢について、採用可能なものの一つとして提示することを目指しています。

本ガイドラインの構成、定価、体裁は下記のとおりです。

1. 適用対象,
2. 定義,
3. 通信プロトコル(BACnet/IP),
4. オブジェクトと拡張プロパティ,
5. サービス,
6. 自律分散協調制御,
7. 公式定義,
8. オブジェクトタイプの例,
9. アプリケーションサービスの例,
10. APDU符号化の例,
11. オブジェクトリスト授受用CSVファイル

2000年制定の電気設備学会規格IEIEJ-P-0003:2000の新規のBACSへの今後の適用を停止します。これから計画、構築されるBACSに対してはISO16484-5及びBACnet®の通信プロトコルを電気設備学会ガイドライン規格IEIEJ-G-0006:2006に従ってそのまま適用します。また、電気設備学会規格IEIEJ-P-0003:2000を適用した既存及び現時点で製作中のBACSに対してはIEIEJ-P-0003:2000は有効とします。

定 価: 3 150 円(消費税込み, 送料別)

体 裁: A 4 判 76 ページ

申込方法: 本誌に綴込みの「学会出版物一覧・FAX注文書」に必要事項をご記入の上、下記へFAXでお申込みください。

申 込 先: 社団法人電気設備学会 FAX: 03-5805-3265