



LED 照明器具の電力測定について

目次

1. 概要.....	2
2. LED 照明器具の消費電力・発光効率について	2
3. 測定器の紹介.....	3
4. デジタルオシロスコープによる評価方法	4
5. デジタルワットメータによる評価方法	10
6. まとめ	11

1. 概要

近年、白熱電球や蛍光灯などの照明器具は LED を使用した照明器具へ置き換えが進んでいます。照明器具に使用される白色 LED の発光効率は今々向上しており、高発光効率を謳う LED 照明器具が各照明器具メーカーより続々と発売されています。このため LED 照明器具の設計にあたり、消費電力(発光効率)は非常に重要なポイントとなります。

本書では LED 照明器具の消費電力の測定方法および各測定器の使用における注意事項についてご紹介します。

2. LED 照明器具の消費電力・発光効率について

LED 照明器具には電源内蔵タイプと電源非内蔵タイプがあります。電源内蔵タイプの照明器具の場合、LED 実装基板(発光部)と、商用交流電源を LED 駆動に適した電源に変換するための LED 駆動電源回路から構成されます。この電源回路については、一般的な AC/DC 電源回路(ブリッジダイオードで整流したのち、スイッチング回路やコンデンサなどで電圧変換、平滑化を行う)や整流しただけの簡易なものまで様々なものがあります。ただし、いずれの方式においても交流→直流変換や電圧レベル変換などで電力損失が発生します。このため、器具全体で消費される電力は LED で消費される電力と電源回路での電力損失の和となり、電源回路の電力損失が大きいほど器具の消費電力が増え、発光効率が小さくなります。

よって LED 照明器具では、この電力損失を明確にしたうえで LED の選定および LED 回路の設計を行う必要があります。

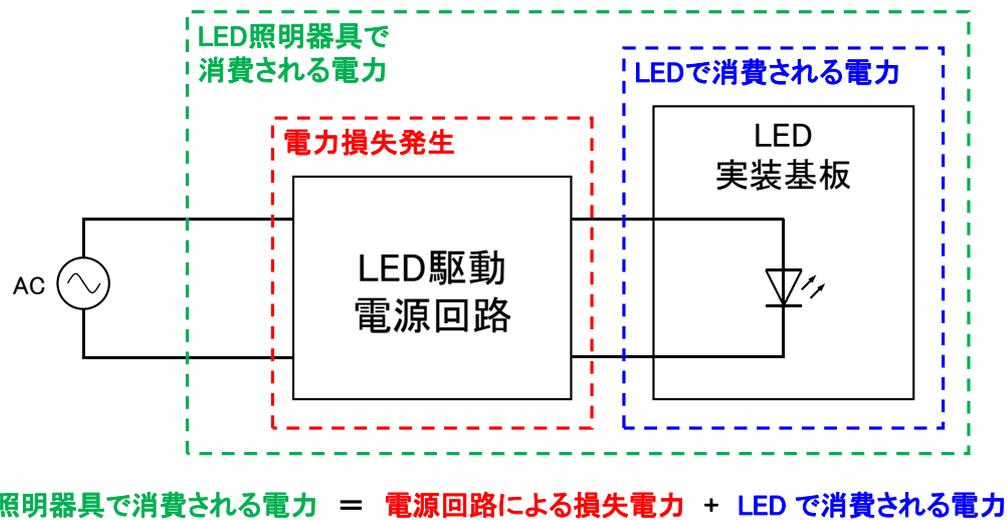


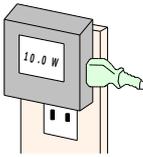
図 1. LED 照明器具の構成例

3. 測定器の紹介

電力などの電気特性を測定するには様々な方法があり、各測定方法においてメリット・デメリットがあります。電力を測定する機器は多数存在しますが、その中の一部を下記表 1 にてご紹介します。

この中でも本アプリケーションノートではデジタルオシロスコープとデジタルパワーメータによる電力測定方法についてご紹介します。今回ご紹介する方法はあくまでも一般的な機種での説明となります。使用する測定器や測定方法によっては測定器の破壊や感電等の事故につながる恐れがありますので、必ず使用する測定器の取扱説明書に従って測定を行うようにしてください。

表 1. 電気特性測定器について

測定器(例)	長所	短所
簡易電力チェッカー 	<ul style="list-style-type: none"> ・接続が簡単 ・安価 ・小型で携帯性が良い 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力しか測定できず、電圧・電流値が測定できない。 ・安価な分、精度が低いものがある。
デジタルマルチメータ 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作方法が簡単 ・ハンディタイプもあり携帯性が良い ・電圧、電流の他、抵抗値なども測定できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・交流電源の有効電力測定ができない ・(実効電圧、電流は測定できるが、力率測定ができない) ・電流を測定する場合は回路を切断する必要がある。
デジタルオシロスコープ 	<ul style="list-style-type: none"> ・波形を確認できる ・演算機能により交流電力や力率の算出が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・高価 ・携帯性は良くない
デジタルパワーメータ 	<ul style="list-style-type: none"> ・電圧、電流、電力、力率などが数値で表示され、容易に確認できる ・電力積算や時間経過による電力変化なども確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・配線接続が複雑 ・高価 ・携帯性は良くない

4. デジタルオシロスコープによる評価方法

4.1. デジタルオシロスコープによる評価方法

オシロスコープとは電圧や電流などの波形をグラフとして画面上に表示させる測定器です。以前はブラウン管が搭載されたアナログオシロスコープが使用されていましたが現在では液晶画面表示でデジタルメモリを搭載したデジタルストレージオシロスコープが主流となっています。

取り込んだ電圧信号を A/D 変換によりデジタルデータに変換してメモリに保存し、測定波形を数値データとして取り出すことができます。これにより、実効値や平均値の計算ができ、また電圧と電流を同時に測定することで消費電力や力率の計算も可能となります。

4.2. オシロスコープおよびプローブの選定

① デジタルオシロスコープ本体

デジタルオシロスコープ選定の際には以下表 2 に示す項目が重要なポイントとなります。

表 2. オシロスコープ一般仕様

項目	選定ポイント
CH 数	同時に測定できる CH 数です。 交流電力を測定する場合は電圧波形と電流波形を同時に測定する必要があるため最低でも 2CH 以上の CH 数が必要となります。
周波数帯域	オシロスコープの周波数レンジです。 高周波信号や立ち上がりの早い信号を測定する場合には重要な要素となります。 一般的には測定する波形周波数の 5 倍以上が推奨されますが、ある程度安価なデジタルオシロスコープでも数十 MHz 以上のものが多く、商用電源周波数 (50~60Hz) 程度であれば特に問題になることはありません。
サンプリングレート	入力信号をサンプリングする頻度で、サンプル数/秒です。 一般的には測定する最高周波数の 5 倍以上のサンプリングが推奨されていますがこちらも、商用電源程度の周波数であれば問題ありません。
絶縁タイプ	一般的なオシロスコープの場合、オシロスコープの筐体(フレームグランド)と各 CH の GND 端子間が絶縁されておらず、電氣的に接続された状態となります。このため基準電位がグランドまた CH 間で同電位ではない波形を測定する場合、測定器の破壊や感電を引き起こす恐れがあります。 このような場合でも安全に測定できるよう、CH 間および CH-グランド間で絶縁された特殊なオシロスコープがあります。

②電流プローブ

AC プローブでは直流および商用電源などの低い周波数帯域で正確な測定ができない場合があります。このため、直流から高い周波数まで対応している AC/DC 電流プローブを使用してください。測定波形が最大定格電流およびピーク電流を超えないようにプローブを選定する必要があります。

また、測定する電流値が小さい場合には感度(分解能)を考慮してください。



図 2. 電流プローブ例

③高圧差動プローブ

オシロスコープが非絶縁タイプの場合、測定の仕方によっては測定器の破壊や感電を引き起こす恐れがあります。このような場合、差動(絶縁)プローブを使用することでオシロスコープ本体、また他 CH と絶縁のとれた状態で安全に測定を行うことができます。



図 3. 高圧差動プローブ例

4.3. デジタルオシロスコープの使い方

デジタルオシロスコープの基本的な使い方について解説します。操作方法の詳細についてはご使用いただくオシロスコープ、プローブの取扱説明書をご確認ください。

4.3.1. 校正(プローブ補正)

正確な測定値を得るため定期的にオシロスコープの校正を行ってください。また自己校正機能やプローブの手動補正機能を備えた機種もありますので、取扱説明書に従い定期的に調整を行ってください。

4.3.2. プローブの設定

オシロスコープに付属されている一般的な受動プローブでは 10:1 が多いですが、電流プローブなどの特殊なプローブではプローブ毎に減衰比が設定されているためオシロスコープの CH 設定でプローブに合った正しい減衰率を設定する必要があります。減衰比が一致していないと正しい値が得られない場合があるので、プローブを接続したときに必ず確認するようにしてください。

また電流プローブを連続して使用する場合、プローブの磁気コアが磁化され正確な値が得られなくなります。このため定期的にプローブの残留磁気を消磁してください。使用するプローブにも依りますが、測定対象に電流が流れていない状態でプローブをロックし消磁ボタンを押すことで消磁することができます。

4.3.3. 軸レンジの設定

縦軸のレンジは波形が画面からはみ出さない程度にできるだけ大きく表示されるように設定してください。(図 4 参照) 縦軸レンジが大きすぎる場合、波形の形がわかり辛く、また正確な値が表示されない可能性があります。(図 5 参照) 逆に縦軸レンジが小さい場合は波形が画面からはみ出る可能性があり、こちらも正確な値が表示されません。(図 6 参照) また横軸(時間軸)は波形が少なくとも数周期分は入るようにしてください。取り込み周期が少ない場合、正しい波形が表示されず正確な測定値が表示されません。(図 7 参照)

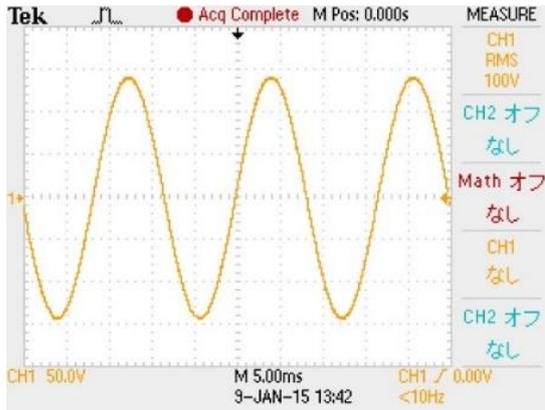


図 4. 適切な表示例 (AC100V/60Hz)

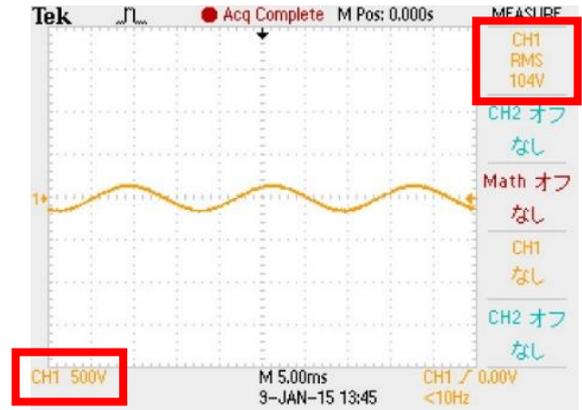


図 5. 不適切な表示例 (縦軸レンジ大)

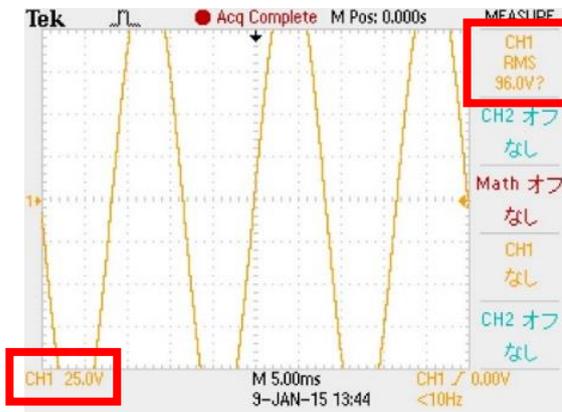


図 6. 不適切な表示例 (縦軸レンジ小)



図 7. 不適切な表示例 (横軸レンジ小)

4.3.4. トリガ設定

デジタルオシロスコープでは取り込まれた電圧信号が A/D 変換によりデジタルデータに変換されメモリに保存されていきます。データ蓄積量がメモリ容量に達すると、新しく取り込まれたデータは古いデータに上書きされる形で順次更新されていきます。このため交流電源波形など周期的にレベルが変化する波形では左右に流れるなどの不安定な波形表示になることがあります。このためトリガをかけてメモリへの取り込み動作をコントロールし、安定した波形表示を行う必要があります。

トリガを掛けるには表 3 に示す項目を設定します。正常にトリガが掛からない場合はトリガレベルやトリガ項目 (波形検出条件) を変更して調整してください。正常にトリガが掛かる場合、トリガポジションとトリガレベルが交差する箇所にて指定した条件のトリガイベントが発生した場合にトリガが掛かります。(図 8 参照) これにより安定した波形表示が可能となります。

表 3. トリガ設定項目

項目	説明
トリガ項目	どのような形状の波形が検出されたときにトリガを掛けるか指定します。エッジ、パルス、ビデオなどがありますが図 8 に示すような一般的な交流電源波形であればエッジで測定可能です。
ソース	トリガを掛けたい波形の CH を指定します。
スロープ	エッジモードであれば、立上りまたは立下りから選択します。トリガポジションにて波形が立上り(または立下り)状態でトリガレベルと一致した場合にトリガを掛けます。
トリガポジション	トリガを掛ける位置(時間軸)を設定します。トリガが掛かる前(または後)の波形を重点的に確認したい場合、波形を左右にオフセットさせて表示することができます。
トリガレベル	トリガが掛かる電圧レベルを設定します。上記項目で指定した条件にて、波形がこの電圧レベルと一致した時にトリガを掛けます。

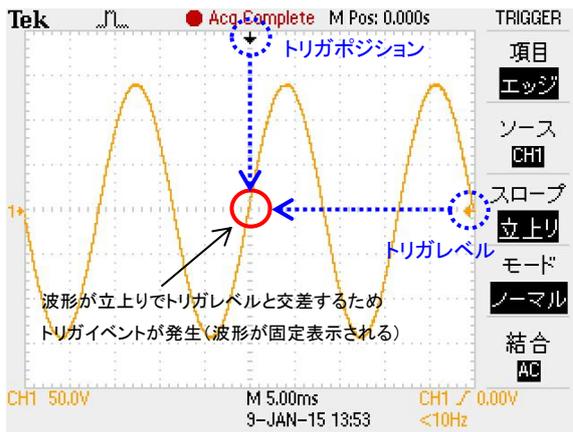


図 8. 正常にトリガが掛かった波形

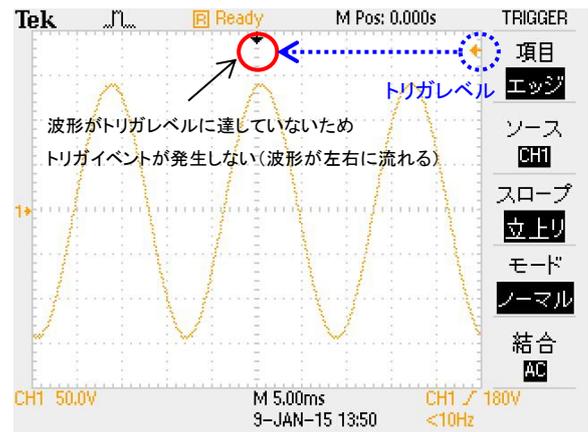


図 9. トリガが掛かっていない波形

4.4. 電力測定手順

デジタルオシロスコープを使用した交流電源の電力測定方法をご紹介します。

4.4.1. デジタルオシロスコープの接続例

デジタルオシロスコープで電力を測定する際の接続例を図 10 に示します。



図 10. デジタルオシロスコープの接続例

4.4.2. 実効電圧・電流測定

実効電圧・電流は下記式 1、式 2 に示す計算式で算出されます。デジタルオシロスコープでは設定されたサンプリングタイミングにおける瞬時値がメモリに記録されるためオシロスコープの測定機能により、オシロスコープ本体での実効値の計算、表示ができます。また、オシロスコープから数値データを吸い出せる場合は表計算ソフトなどでも計算が可能となります。

なお取り込む波形の周期が少ない場合は正確な値が得られない可能性がありますので、時間軸レンジを大きくして取り込む波形数を増やしてください。(取り込み範囲が波形周期の整数倍が理想)

$$\text{実効電圧 [V]} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} \quad (\text{式 1}) \quad \text{※}v(t): \text{電圧瞬時値, } T: \text{周期(データサンプル数)}$$

$$\text{実効電流 [A]} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \quad (\text{式 2}) \quad \text{※}i(t): \text{電流瞬時値, } T: \text{周期(データサンプル数)}$$

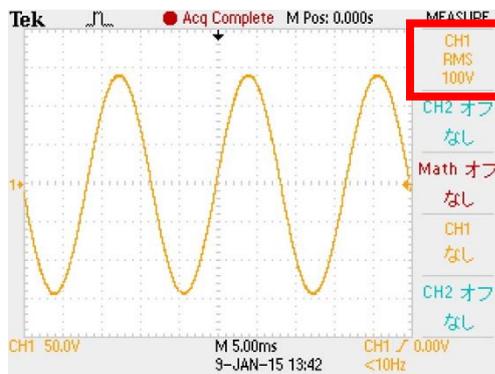


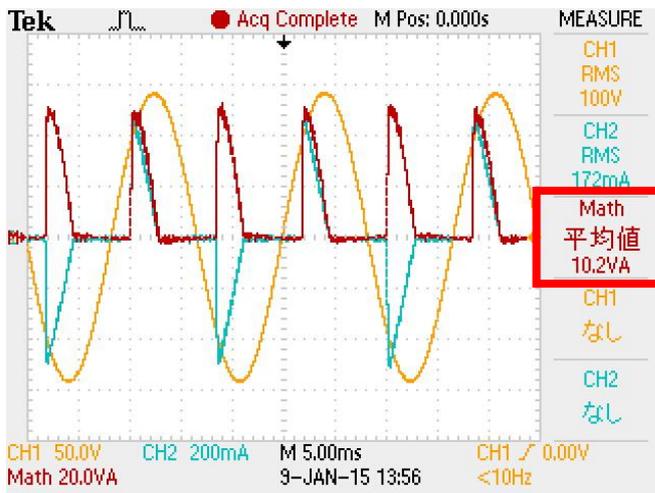
図 11. デジタルオシロスコープによる実効値表示

4.4.3. 有効電力(消費電力)測定

有効電力(消費電力)は下記式 3 に示す計算式で算出されます。同時に測定された電圧、電流波形により算出が可能となります。

$$\text{有効電力 [W]} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t)dt \quad (\text{式 3}) \quad \text{※}v(t): \text{電圧瞬時値, } T: \text{周期(データサンプル数)}$$

オシロスコープに波形演算機能が搭載されている場合は、以下の手順にてオシロスコープ本体での算出、表示が可能となります。もしくは数値データを使用して表計算ソフトなどでも算出が可能です。



CH1	—	: 電圧
CH2	—	: 電流
Math	—	: CH1 × CH2 (電力瞬時値)

- ① 波形演算機能により電圧波形と電流波形の積(瞬時電力値)をとる波形 Math を表示させる
- ② 演算により表示された波形 Math の平均値を表示させる
⇒この値が有効電力となる

図 12. デジタルオシロスコープによる有効電力測定

4.4.4. 皮相電力・力率について

一般的な交流—直流電源の場合、回路に含まれるコンデンサやコイルのリアクタンス成分により電圧と電流の間に位相差が生じます。この位相差により、照明器具でのエネルギー消費には寄与しない無効電力が発生します。この無効電力と有効電力(実際に照明器具で消費される電力)の和が皮相電力となりその性質から見かけの電力と呼ばれています。(式 4) また皮相電力は式 5 に示す計算式でも算出され、この式により 2.4.2 項で測定した各実効値からの算出が可能となります。

力率はこの皮相電力に対する有効電力の割合を示す数値となります。(式 6) この値が大きく、1(100%)に近いほど力率の良い理想的な電源であると言えます。

なお実際に照明器具で消費される電力は有効電力のみなので、力率が悪く無効電力が大きい場合でも照明器具の消費電力が増えることはありません。ただし電力供給設備などの定格容量は皮相電力で考慮されるため、力率の悪い電源の使用は設備への負担を増やすこととなります。このため PFC(力率改善)回路などを使用して力率を改善させる場合があります。

$$\text{皮相電力[VA]} = \text{有効電力[W]} + \text{無効電力[var]} \quad (\text{式 4})$$

$$\text{皮相電力[VA]} = \text{実効電圧[V]} + \text{実効電流[A]} \quad (\text{式 5})$$

$$\text{力率} = \text{有効電力[W]} / \text{皮相電力[VA]} \quad (\text{式 6})$$

4.5. 電源効率および発光効率について

LED 駆動電源回路の入力側と出力側の消費電力を測定することで電源回路の電力損失および変換効率を求めることができます。(式 7、8 参照) また器具状態で測定した光束値と入力電力(器具消費電力)より器具発光効率が求められ、光学損失を発生させるレンズ、カバーなどの光学部品を除いた LED 実装基板単体の光束値と出力電力(LED 基板電力)より LED 発光効率が求められます。(式 9、10 参照)

よって LED の評価を行う際は LED 実装基板単体での測定、評価を行ってください。ただし LED 実装基板に抵抗などの電力損失を発生させる部品が実装されている場合は、その電力損失を考慮する必要があります。

$$\text{電源電力損失[W]} = \text{入力電力[W]} - \text{出力電力[W]} \quad (\text{式 7})$$

$$\text{電力変換効率[\%]} = (\text{出力電力[W]} + \text{入力電力[W]}) * 100 \quad (\text{式 8})$$

$$\text{器具発光効率[lm/W]} = \text{器具光束値[lm]} / \text{入力電力[W]} \quad (\text{式 9})$$

$$\text{LED 発光効率[lm/W]} = \text{LED 基板光束値[lm]} / \text{出力電力[W]} \quad (\text{式 10})$$

5. デジタルワットメータによる評価方法

5.1. デジタルワットメータについて

電力測定器には、安価かつ簡易的で測定対象が限られるものから高価で多機能、確度の高いものまで様々な測定器があります。中でも本章では、第 3 章でご紹介したデジタルワットメータについての測定方法をご紹介します。このようなタイプの電力計では実効電圧/電流、消費電力や力率が瞬時に測定、表示できます。またピーク値やクレストファクタ、THD(全高調波歪)などの測定ができるものもありますので、必要に応じた機能、確度を有する測定器を選定してください。

5.2. デジタルワットメータの使い方

5.2.1. 接続回路例

デジタルワットメータを使用する際の接続回路例を示します。

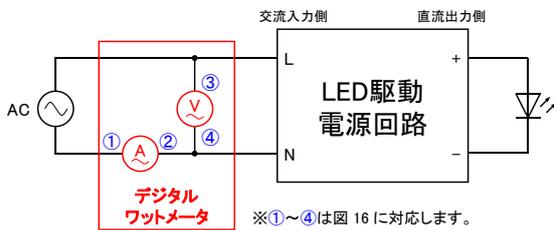


図 13. 器具消費電力測定例

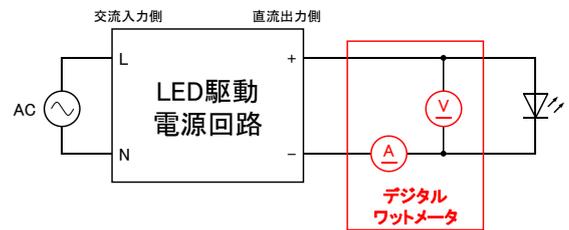


図 14. LED 消費電力測定例

5.2.2. 接続例(器具消費電力測定時)

デジタルワットメータで電力を測定する際の接続例を図 10 に示します。



図 15. デジタルワットメータの接続例



図 16. デジタルワットメータ端子部の接続例

5.2.3. 測定結果例



図 17. 測定結果表示例

デジタルワットメータでは図 17 のように測定結果が数値として表示されます。上記の測定例では A 欄に実効電圧、B 欄に実効電流、C 欄に有効電力(消費電力)を表示させましたが、皮相電力(VA)や力率(PF)など他の測定値を表示させることもできます。

6. まとめ

本書では、デジタルオシロスコープとデジタルワットメータ(電力計)を使用した電力測定方法をご紹介しましたが、他にも様々な種類の電力測定器がありますので測定項目や条件に合った測定器を選定してください。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148