

平成 17 年度工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさの推定
及び技能試験用試料開発に係る調査成果報告書

(JIS T 0601-1「医用電気機器－第 1 部：安全に関する一般的要求事項」接地漏れ電流試験)

平成 18 年 2 月

神奈川県産業技術総合研究所

目 次

1. 目 的	1
2. 調査体制	1
2.1 調査組織及び管理体制	1
2.2 調査体制	1
2.3 検討委員会	1
3. 調査期間	2
4. 調査の概要	2
5. 調査結果	2
5.1 試験方法	2
5.2 供試機器	4
5.3 不確かさの要因	4
5.4 不確かさの推定	7
5.5 計算結果	20
5.6 技能試験用試料	26

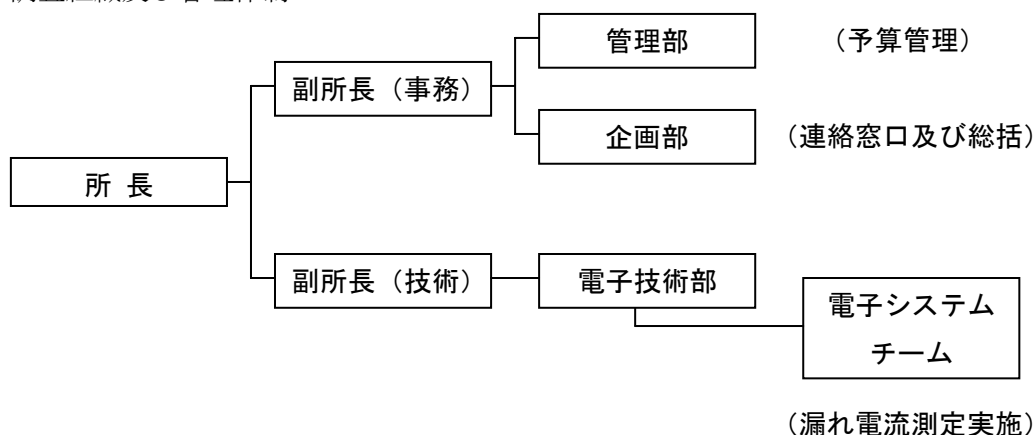
1. 目的

医用電気機器では、薬事法の改正により、平成 17 年 4 月から多くの機器が認証機関による製品認証の対象となった。これらの医用電気機器に共通する安全上の要求事項は、JIS T 0601-1 「医用電気機器—第 1 部：安全に関する一般的要求事項」に規定され、この規格に基づいて試験が行われる。一方、JIS Q 17025: 「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」では、試験所に対して測定の不確かさを推定する手順をもち、適用することが要求されている。

本調査研究では、JIS T 0601-1 の 19 項「連続漏れ電流及び患者測定電流」に基づく接地漏れ電流試験における測定の不確かさを推定し、その結果から技能試験試料作成への提言を行うことを目的とする。

2. 調査体制

2.1 調査組織及び管理体制



2.2 調査体制

統括責任者	根岸 靖	(電子技術部 部長)
調査責任者	日高 直美	(電子技術部電子システムチーム チームリーダー)
調査担当者	櫻井 正己	(電子技術部電子システムチーム 主任研究員)
	菅間 秀晃	(電子技術部電子システムチーム 主任研究員)
	井上 崇	(電子技術部電子システムチーム 主任研究員)

2.3 検討委員会

委員長	根岸 靖	(神奈川県産業技術総合研究所)
検討委員	岡野 宏	(東京都立産業技術研究所)
	世取山 幸寿	(日本電気計器検定所)

3. 調査期間

平成17年9月～平成18年2月15日

4. 調査の概要

JIS T0601-1 「医用電気機器—第1部：安全に関する一般的要求事項」の19項「連続漏れ電流及び患者測定電流」では、測定項目として接地漏れ電流、外装漏れ電流、患者漏れ電流及び患者測定電流があり、各項目について、正常な作動状態だけでなく、湿度前処理後や単一の故障状態においても測定する必要がある。本調査では、この中から測定項目として接地漏れ電流、測定条件として作動温度における正常状態を選択し、調査を行った。

供試機器としては、電源部の回路を選択し、接地漏れ電流の測定における不確かさの要因を調べた。不確かさの要因としては、試験所の設備、環境によるものと、供試機器の特性によるものがある。ここでは、試験の不確かさとして、供試機器の特性によるものを除いた試験所の設備等による不確かさについて推定を行った。なお、供試機器による不確かさについても調査を行ったが、本調査で選択した供試機器の特性として報告する。

5. 調査結果

5.1 試験方法

接地漏れ電流の測定方法を図5.1.1に示す。金属外装（太線）に囲まれた部分が供試機器を表し、機器内部では、回路が絶縁によって金属外装と分離されていることが示されている。また、供試機器の左辺から外へ向かう3本の線がある。この内、上の2本が

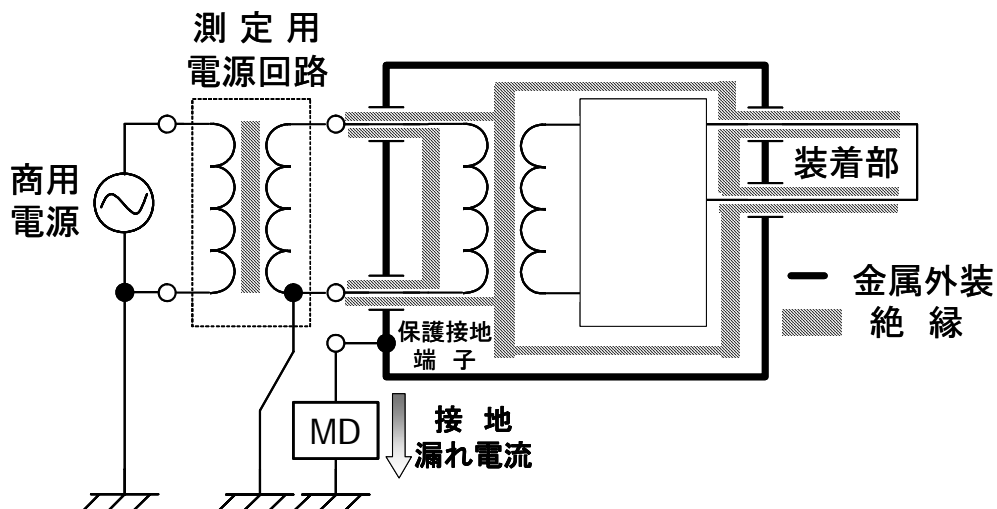


図 5.1.1 接地漏れ電流の測定方法

電源導線を表し、外部の測定用電源回路から電源の供給を受け、機器内部で電源トランスへ接続されている。他の1本は、保護接地線で金属外装と接続されている。この保護接地線は、通常は直接大地へ接続されるが、ここでは測定のため、大地との間に測定用器具（MD）が挿入されている。

MDは、図5.1.2の様にシャント抵抗器、周波数フィルタ、電圧計から構成され、漏れ電流を電圧に変換して電圧計により測定を行う。周波数フィルタは、1kHzを超える周波数の電流については人体に対する危険性が低いこと（1kHzを超える周波数の電流値に対する許容値は大きくなること）を試験結果に反映させるために用いられている。

作動温度、正常状態における接地漏れ電流の試験実施手順は、以下の通りである。

- ① 供試機器を測定用電源回路に接続し、定格電圧の110%の電圧を供給する。測定用電源回路は、絶縁トランスで商用電源から分離し、出力の片側を大地へ接続した電源回路である。
- ② 供試機器を正常な使用状態で、「その機器の定格作動時間」、「温度が1時間当たり2℃を超えて増加しなくなるまでの時間」、「2.5時間」の3つの条件のうち、何れか短い方の時間作動させる。
- ③ 供試機器の保護接地端子と大地（大地へ接続した側の電源導線）の間に、周波数フィルタ付きのシャント抵抗器（1kΩ）を接続する。
- ④ フィルタ付きシャント抵抗器の両端の電圧を規程の電圧計（V）で測定し、(1)式に示すように、その電圧値を1000で除して、漏れ電流値を求める。

$$I = V / 1000 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 I は漏れ電流[A]、 V は電圧計で測定された電圧[V]を表す。また、規格では、電源に接続する極性を反転して、正極性、逆極性の両方について測定することとなっている。

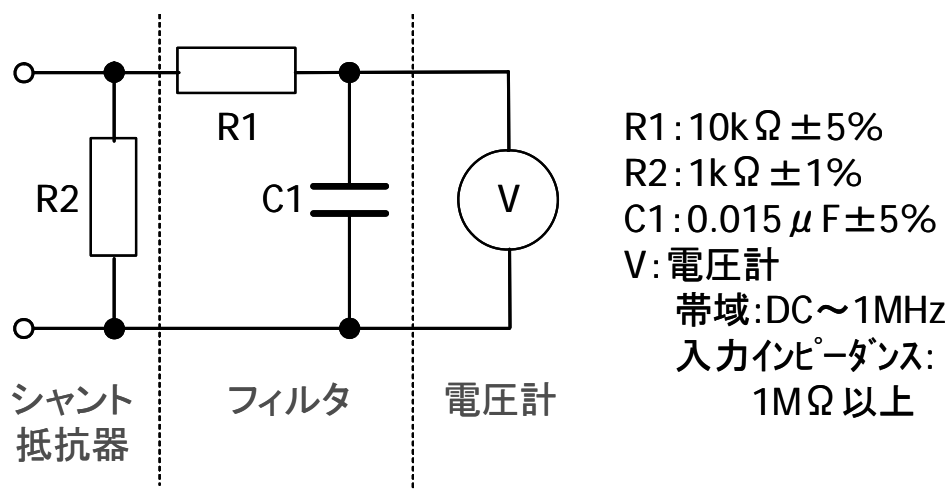


図 5. 1. 2 測定用器具 (MD)

5.2 供試機器

供試機器については、本来ならば医用電気機器を使用することが望ましいが、構造が複雑なものでは測定データの解析が困難である。また、接地漏れ電流では、電源部の特性による影響が大きいため、電源部を単体で供試機器とした。

電源部の代表的な構成として、図 5.1.1 に示す様に、絶縁トランスを使用するものがある。この場合、絶縁トランスの一次側である入力部の特性によって、接地漏れ電流の値がほぼ決まってしまう。以上のことから、筐体へ収めた絶縁トランスを供試機器として選択した。絶縁トランスは、2社（X社、Y社）のトランス製造者について、2つの定格電力（100W、300W）を選択した。入力電圧は交流 100V である。入力電圧の周波数は仕様により、50Hz 又は 60Hz であるが、一般的に 60Hz における漏れ電流が大きくなるため、試験は 60Hz で行った。また、絶縁トランスを使用しない電源回路も増えているため、スイッチング電源も採用し、1社（Z社）について2つの定格電力（50W、100W）のものを併せて採用した。絶縁トランスと同様に、入力電圧は 100V、50Hz 又は 60Hz であり、試験は 60Hz で行った。

5.3 不確かさの要因

本試験における不確かさの要因として、図 5.3.1 の特性要因図に示すものが挙げられる。

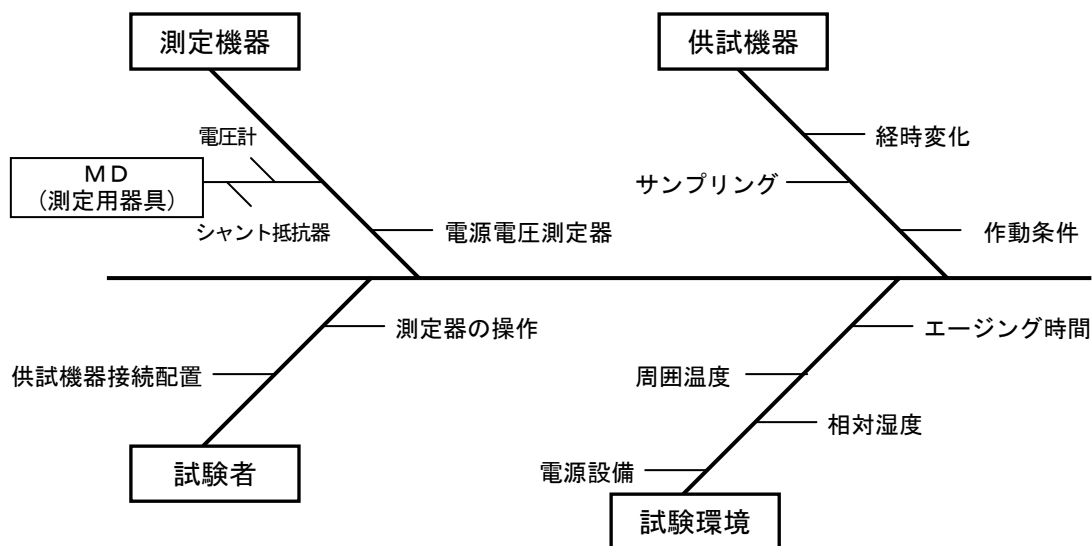


図 5.3.1 不確かさの特性要因図

最初に、供試機器に関連する不確かさとして、作動条件、サンプリング及び経時変化が挙げられる。作動条件については、機器の構造により、作動条件の違いで通電される回路が異なったり、負荷が変わったりすることがあり、その場合には漏れ電流値が影響を受ける可能性が高い。ただし、これらの供試機器に関する要因による影響は、機器の仕様によって大きく異なるため、定量的な調査を行う場合には、製品ごとに考える必要がある。そこで、本調査では、選択した供試機器に限定される特性として調査を行った。

次に、測定機器に関連する要因としては、接地漏れ電流を直接測定する MD と、電源電圧を測定する電源電圧測定器に関するものが挙げられる。一般に、漏れ電流値は、絶縁のインピーダンスと絶縁に加えられる電圧によって決定される。接地漏れ電流においては、特に電源電圧の影響が大きいため、その値を測定する電源電圧測定器による影響を考慮する必要がある。これらの要因については、機器の校正結果と仕様から不確かさの推定を行った。

次に、試験環境に関連する不確かさとして、周囲温度、相対湿度が挙げられる。また、供試機器が試験環境に移されてからの放置時間であるエージング時間による影響も考えられる。特に、通電して測定を行う試験では、通電開始後に漏れ電流値が大きく変化する場合が多い。これは、通電による発熱で供試機器の温度が大きく変化するためである。これらの試験環境に関連する要因では、供試機器の特性によって漏れ電流値に与える影響が異なり、影響が大きい種類の機器においては重要な要因となる。そこで、本調査では、選択した供試機器に限定される特性として測定結果に与える影響を調べた。また、電源設備については、測定機器に関連する要因において述べたように測定結果に影響する可能性があるため、実験を行い、Bタイプとして不確かさの推定を行った。

さらに、試験者に関連する要因としては、測定器の操作、供試機器の接続配置が挙げられる。ただし、本試験では、使用する測定器がデジタル表示であること、供試機器の接続は同一のケーブルで可能な限り短く行うという手順書のとおり行っていること等から、他の要因と比較して小さいと考えられる。このため、本調査では、無視できるとして、推定を行わなかった。

最後に、その他の要因として、上記以外の要因による不確かさを推定するために、複数回測定して繰り返し性を調査した。繰り返し回数 (n) は 5 回とした。

以上、これまで述べた各要因について、推定方法をまとめた結果を表 5.3.1 に示す。

表 5.3.1 不確かさの要因と推定方法

	不確かさの要因	推定方法	タイプ
供試機器に関する要因			
1	作動条件	試験の不確かさには含めない。 実験により調査する。	(B)
2	サンプリング		
3	経時変化		
測定機器に関する要因 MD(測定用器具)			
4	電圧計の校正	校正証明書から得る。	B
5	電圧計表示分解能	電圧計の表示から得る。	B
6	電圧計長期安定性	製造者による電圧計の仕様から得る。	B
7	シャント抵抗器	製造者による抵抗器の仕様から得る。	B
測定機器に関する要因 電源電圧測定器			
8	校正	校正証明書から得る。	B
9	表示分解能	表示から得る。	B
10	長期安定性	製造者による仕様から得る。	B
試験環境に関する要因			
11	エージング時間	供試機器の特性によるため、 試験の不確かさには含めない。 実験により調査する。	(B)
12	周囲温度	供試機器の特性によるものについては試験の不確かさには含めず、実験により調査する。 測定器によるものは行わない（無視できる）。	(B)
13	相対湿度		
14	電源設備（安定性）	製造者の仕様から得る。	B
15	電源設備（ノイズ）	過去の実験データから推定する。	B
試験者に関する要因			
16	測定器の操作	行わない（無視できる）。	-
17	供試機器接続配置		
その他の要因			
18	測定の繰り返し性	実験結果から推定する。	A

* 「タイプ」における「A」はAタイプ（実験からばらつきを求める評価方法）、「B」はBタイプ（実験以外の方法でばらつきを推定する評価方法）、「(B)」は不確かさとして推定は行わないが、実験により調査を行ったことを表す。

5.4 不確かさの推定

5.4.1 供試機器に関する要因 作動条件

本調査では、供試機器として電源部を選定しているため、作動条件としては、負荷の有無、大きさがある。これらの条件は、供試機器の温度に影響すると考えられるため、試験環境に関連する要因と併せて調査を行った。この結果は、5.4.4 で報告する。

5.4.2 供試機器に関する要因 サンプルング

サンプルングの影響を調べるため、同じ製品で複数台用意した供試機器について接地漏れ電流の測定を行った。5.2 で述べた 6 種類の製品各 5 台について、接地漏れ電流の測定を行った結果を図 5.4.2.1 に示す。測定条件として、繰り返し回数 (n) は 5 回、無負荷、通電開始後の経過時間は約 24 時間である。

図 5.4.2.1 では、製品による違いが大きいものがあり、同一製品における供試機器の差であるサンプルングの影響は製品による差に比較して小さい傾向がみられる。ここでは、個々の製品におけるサンプルングの影響として、5 台の測定結果について標準偏差を求めた。表 5.4.2.1 で、その結果と個々の供試機器単体での繰り返し性による標準不確かさを比較した。各供試機器における繰り返し性に対して、サンプルングの影響が 30 倍から 3,000 倍程度大きい結果となった。

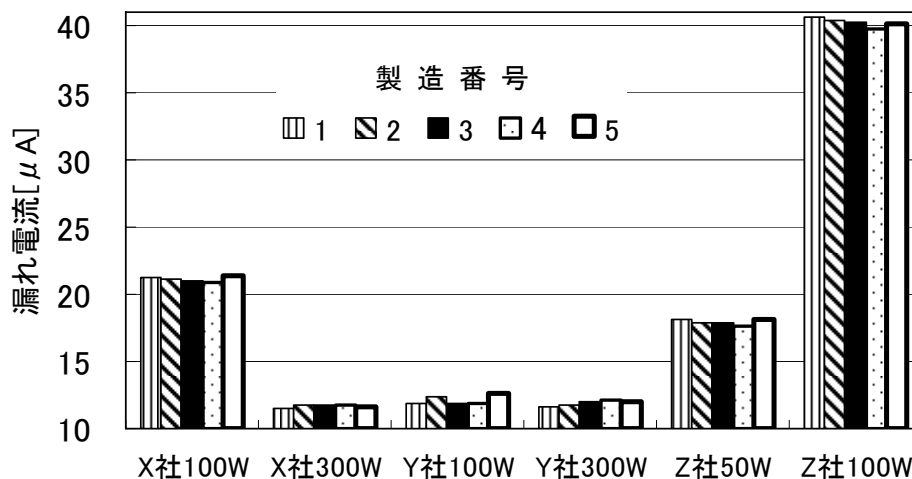


図 5.4.2.1 サンプルングの影響

表 5.4.2.1 各供試機器の繰り返し性とサンプリングの影響

	製造番号ごとの繰り返し性による 標準不確かさ(平均値に対する比) [$\times 10^{-6}$]					5台の標準偏差 (平均値に対する比) [$\times 10^{-6}$]
	1	2	3	4	5	
X社 100W	84.9	39.2	28.0	34.8	33.1	8,595
X社 300W	252.4	159.2	99.8	74.2	52.3	7,991
Y社 100W	16.1	29.4	20.7	8.5	40.1	31,263
Y社 300W	153.6	105.0	83.7	50.8	231.4	16,393
Z社 50W	19.2	78.0	57.1	27.8	57.1	9,568
Z社 100W	101.4	196.6	204.6	229.4	141.2	7,402

5.4.3 供試機器に関する要因 経時変化

経時変化の影響を調査するため、X社 100W 製品 5 台について、5 日間、1 日 1 回接地漏れ電流の測定を行った。測定の繰り返し回数 (n) は 5 回で、無負荷、通電開始後から最初の測定までに 48 時間以上経過している。結果を図 5.4.3.1 に示す。

5 個の測定値の評価として、経時変化の発生原理が明確でないことから、最大の変化量を調べ、その間に一様に分布すると仮定して標準不確かさを求めた。その結果と各測定日における繰り返し性による標準不確かさを表 5.4.3.1 に示す。経時変化による標準不確かさについては、区間中点に対する比も表示した。表 5.4.3.1 によると、経時変化の影響は、表 5.4.2.1 のサンプリングの影響である $8,595 \times 10^{-6}$ の半分以下であるが、1 回の測定における標準不確かさと比べると 60 倍以上大きい結果となっている。

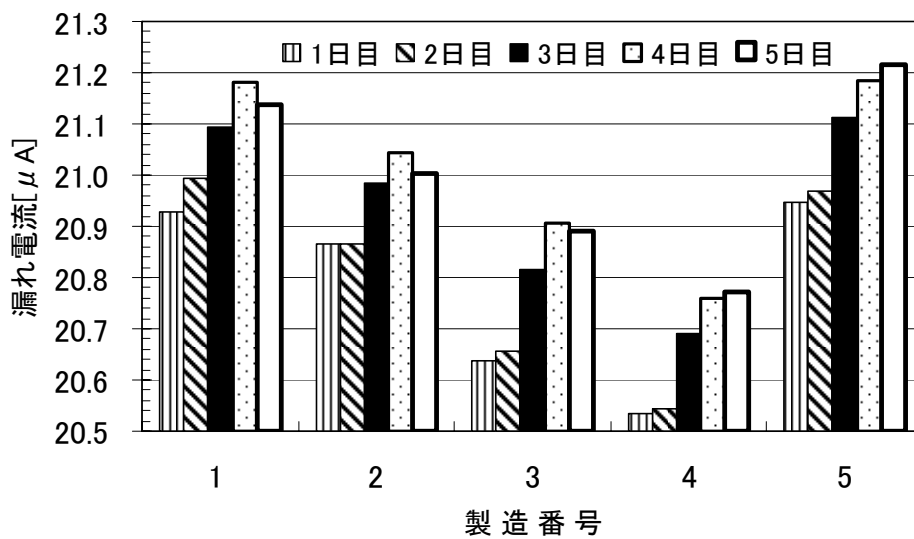


図 5.4.3.1 経時変化の影響

表 5.4.3.1 各測定日の繰り返し性と経時変化の影響

製造 番号	各測定日の繰り返し性による 電圧計測定値の標準不確かさ[mV]					5日間の 最大変化 [mV]	5日間の 標準不確かさ	
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目		[mV]	中点に 対する比 [$\times 10^{-6}$]
1	0.00057	0.00019	0.00120	0.00046	0.00025	0.25370	0.07324	3,479
2	0.00017	0.00027	0.00016	0.00008	0.00011	0.17760	0.05127	2,447
3	0.00018	0.00021	0.00012	0.00015	0.00015	0.26670	0.07699	3,706
4	0.00022	0.00035	0.00021	0.00021	0.00026	0.23720	0.06847	3,316
5	0.00009	0.00011	0.00027	0.00007	0.00022	0.26620	0.07685	3,645

5.4.4 測定機器に関する要因 MD (測定用器具)

不確かさの推定に際し、測定機器に関する要因となり得るのは、以下の項目である。

- a) 電圧計の校正の不確かさ
- b) 電圧計の表示分解能の不確かさ
- c) 電圧計の長期安定性の不確かさ
- d) シャント抵抗器の不確かさ
- e) 温湿度の不確かさ

このうち、a) と d) 以外の項目については、使用したデジタルマルチメーター (以下、DMM) の仕様から、計算できる。ここで、実際の測定データを x_i とすると、それぞれ、以下の様に計算できる。

a) 電圧計の校正の不確かさ

JCSS に対応した校正証明書より、測定レンジ 100mV における校正の不確かさは、0.009% である。このことから、以下の様に、DMM の校正の不確かさ (u_2) を計算する。なお、確率分布は、正規分布とし除数は 2 とする。

校正の不確かさ : 0.009% (校正証明書より)

$$u_2 = x_i \times 9 \times 10^{-3} \times 10^{-2} \quad (\text{mV})$$

b) 電圧計の表示分解能の不確かさ

使用した DMM の仕様のうち、測定レンジ 100mV における最小表示桁は、0.0001mV である。このことから、以下の様に DMM の表示分解能の不確かさ (u_3) を計算する。また、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

表示分解能 : 0.0001mV (最小表示桁)

$$u_3 = 1 \times 10^{-4} \div 2 \quad (\text{mV})$$

c) 電圧計の長期安定性の不確かさ

使用した DMM の仕様のうち、AC+DC 確度 (AC+DC Accuracy) の項目より、測定レンジ 100mV における長期安定性の不確かさ (u_4) を計算する。なお、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

測定レンジ : 100mV
仕様 : 0.06% of Reading + 0.03% of Range

$$u_4 = (x_i \times 0.06 + 100 \times 0.03) \times 10^{-2} \quad (\text{mV})$$

d) シャント抵抗器の不確かさ

使用したシャント抵抗器 (電流・電圧変換部) の仕様書より、シャント抵抗器の不確かさ (u_5) を 1% として、以下の様に計算する。なお、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

$$u_5 = x_i \times 1 \times 10^{-3} \times 10^{-2} \quad (\text{mA})$$

e) 温湿度の不確かさ

今回、使用した DMM は、機器の仕様で、校正時の温度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内であれば、機器の温度係数は無視できるとされている。今回の不確かさの推定に使用したデータは、すべて、温湿度管理された当所試験室 (温度 23°C 、湿度 60%) 内で行っているため、無視できるものとした。

5.4.5 測定機器に関する要因 (電源電圧測定器)

交流安定化電源より供給される電源電圧は、漏れ電流の測定値に与える影響が大きいと考えられるため、電源電圧測定時の不確かさも要因に入れる必要がある。

ここでも、測定したデータを x_i とすると、それぞれ、以下のように計算できる。

a) 電圧計の校正の不確かさ

JCSS に対応した校正証明書より、測定レンジ 100V における校正の不確かさは、0.024% である。このことから、以下の様に、DMM の校正の不確かさ (u_6) を計算する。なお、確率分布は、正規分布とし除数は 2 とする。

校正の不確かさ : 0.024% (校正証明書より)

$$u_6 = x_i \times 2.4 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \quad (\text{V})$$

b) 電圧計の表示分解能の不確かさ

使用した DMM の仕様のうち、測定レンジ 100V における最小表示桁は、0.0001V

であるが、今回の測定では、0.01V までの読み取りとしている。このことから、以下の様に DMM の表示分解能の不確かさ (u_7) を計算する。また、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

表示分解能 : 0.01 V (最小読取桁)

$$u_7 = 1 \times 10^{-2} \div 2 \text{ (V)}$$

c) 電圧計の長期安定性の不確かさ

使用した DMM の仕様のうち、AC 確度 (AC Accuracy) の項目より、測定レンジ 100V における長期安定性の不確かさ (u_8) を計算する。なお、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

測定レンジ : 100 V

仕様 : 0.12% of Reading + 0.14% of Range

$$u_8 = (x_i \times 0.12 + 100 \times 0.14) \times 10^{-2} \text{ (V)}$$

5.4.6 試験環境に関する要因 エージング時間 周囲温度 相対湿度

エージング時間による影響を調べるため、X 社 100W 製品 (製品番号 : 1) について通電を開始してから接地漏れ電流の値が、どのように変化するかを調べた。無負荷で測定した結果を図 5.4.6.1 に、定格負荷の約 50% の負荷を接続して測定した結果を図 5.4.6.2 に示す。電源は 110V、60Hz で、50% 負荷については負荷として $220 \Omega \pm 5\%$ の抵抗を接続した。

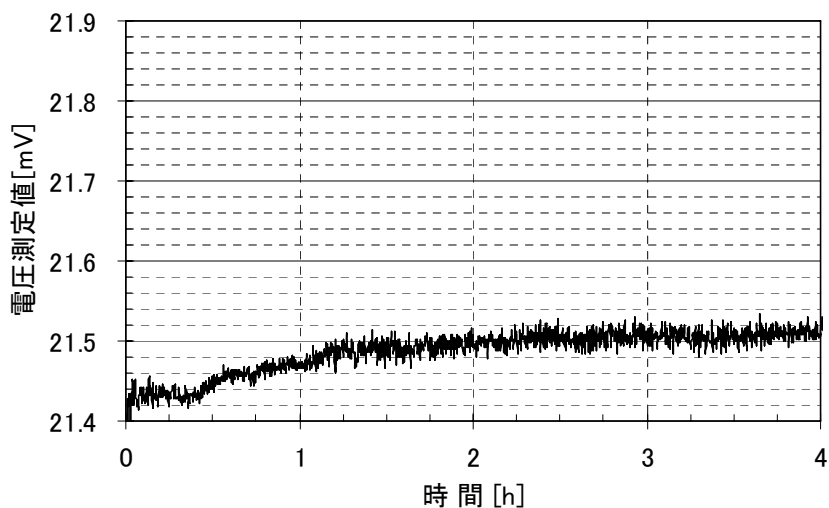


表 5.4.6.1 通電開始後の電圧測定値の変化 (無負荷)

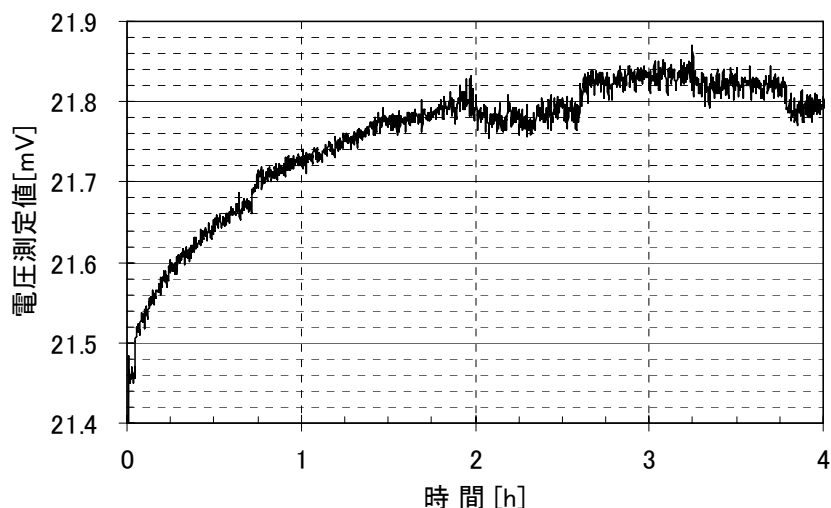


図 5.4.6.2 通電開始後の電圧測定値の変化 (50%負荷)

試験規格では作動温度における試験条件として、『「その機器の定格作動時間」、「温度が1時間当たり2℃を超えて増加しなくなるまでの時間」、「2.5時間」の3つの条件のうち、何れか短い方の時間作動させる。』とある。そこで、2.5時間±0.5時間(図5.4.6.2の2h~3h)のデータについて、最大変化量と、最大変化量の区間について一様分布と仮定した場合の標準不確かさを求めた。また、変化区間の midpoint の値について通電開始直後の測定値からの変化量も求めた。その結果を表5.4.6.1に表す。なお、この間における他の環境要因として、周囲温度の最大変化量は無負荷、50%負荷のとき、それぞれ、0.3℃、0.4℃、電源電圧の変化量は、±0.0010%、±0.0014%であった。

表5.4.6.1から、50%負荷の場合に通電開始後の変化が大きいことがわかる。これは、温度上昇が大きいためと考えられる。また、最大変化量も大きいため、標準不確かさが大きくなっている。

表 5.4.6.1 エージング時間の影響

通電開始後の変化[mV]	0.39371	0.75436
通電時間	X社 100W	
2.5±0.5時間	無負荷	50%負荷
最大変化量[mV]	0.05171	0.08967
最大変化量の1/2[mV]	0.02586	0.04484
標準不確かさ[mV]	0.01493	0.02589
同上(midpointに対する比)[×10 ⁻⁶]	694	1,187

次に、周囲温度と相対湿度の影響を調べるため、恒温恒湿槽により周囲温度と相対湿度を変化させ、接地漏れ電流の測定を行った。変化の様子を図 5.4.6.3 に示す。供試機器は X 社 100W 製品（製造番号：1）、電源電圧は 100V、60Hz、無負荷である。また、測定間隔は 1 分で行った。

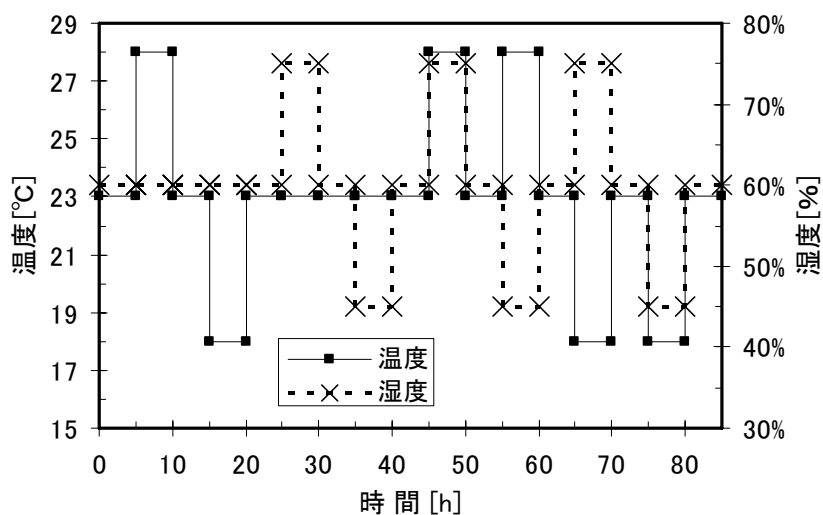


図 5.4.6.3 周囲温度と相対湿度

図 5.4.6.3 の 0~20h に示すように、まず最初に、湿度一定の状態ですべての周囲温度の影響を調べた。供試機器を 23°C、60%Rh の槽内に 5 時間放置してから、温度だけを 5°C 上昇させて 28°C とし、5 時間放置した。その後、23°C に戻し、5 時間後に今度は 5°C 下降させて 18°C とし、同様に 5 時間放置した。その結果を図 5.4.6.4 に示す。図では、時間軸の 0h が温度を変化させた点である。

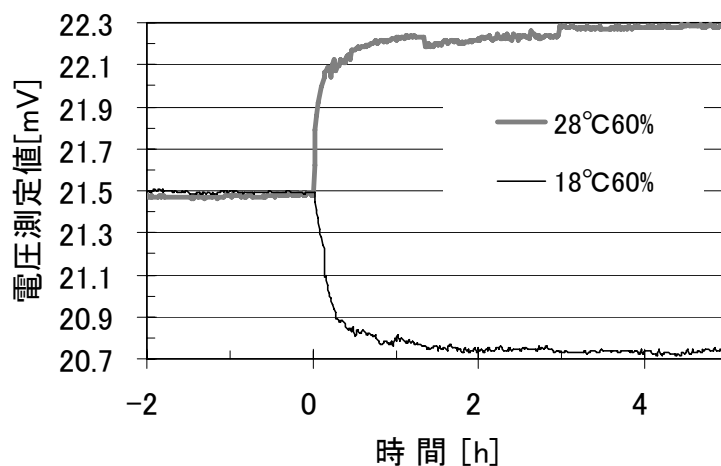


図 5.4.6.4 周囲温度の変化に対する電圧測定値の変化

続いて、図 5.4.6.3 の 20~40h に示すように、相対湿度を変化させて影響を調べた。上記の条件の後、続けて 23°C、60%Rh の槽内に 5 時間放置し、湿度だけを 15%Rh 上昇させて 75%Rh とし、5 時間放置した。その後、60%Rh に戻し、5 時間後に今度は 15%Rh 下降させて 45%Rh とし、同様に 5 時間放置した。その結果を図 5.4.6.5 に示す。図では、図 5.4.6.4 と同様に 0h が湿度を変化させた点となっている。

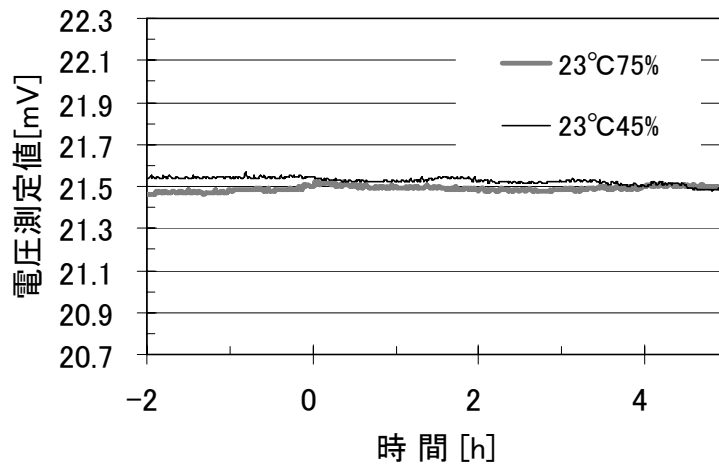


図 5.4.6.5 相対湿度の変化に対する電圧測定値の変化

次に、図 5.4.6.3 の 40~80h に示されるように、周囲温度と相対湿度の両方を変化させて、その影響を調べた。上記の条件の後、続けて 23°C、60%Rh の槽内に 5 時間放置した後、28°C、75%Rh へ変化させて 5 時間放置した。その後、23°C、60%Rh に戻してから 5 時間後に 28°C、45%Rh へ変化させて、5 時間放置した。その結果を図 5.4.6.6 に示す。時間軸の 0h が周囲温度と相対湿度を変化させた点である。

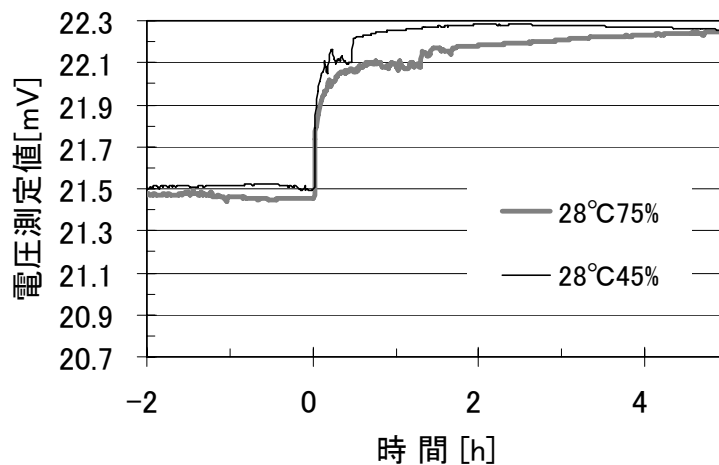


図 5.4.6.6 周囲温度と相対湿度の変化に対する電圧測定値の変化

さらに続けて、23℃、60%Rh の槽内に 5 時間放置した後、18℃、75%Rh へ変化させてから 5 時間放置した。その後、23℃、60%Rh に戻して 5 時間後に、18℃、45%Rh へ変化させて 5 時間放置した。結果を図 5.4.6.7 に示す。この図でも 0h が温度と湿度を変化させた点である。

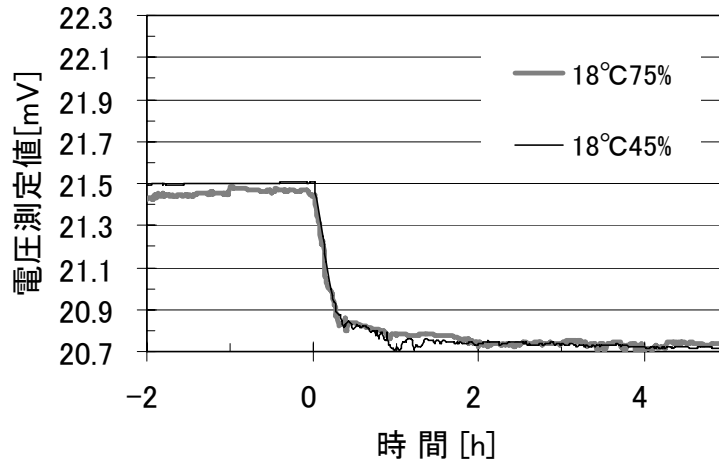


図 5.4.6.7 周囲温度と相対湿度の変化に対する電圧測定値の変化

以上の結果について、周囲温度と相対湿度の影響の大きさとして、温湿度の変化に対する測定結果の変化量を求めた。変化量は、温度と湿度の変更点直前の 1 時間の平均値と変更後 2~3 時間における 1 時間の平均値の差として調べた。その結果を表 5.4.6.2 に示す。表によると今回選択した X 社 100W 製品（製造番号：1）の特性では、相対湿度の影響より周囲温度の影響が 1 桁以上大きい結果となった。

また、周囲温度と相対湿度の変化に対するエージング時間の影響として、温湿度を変化させた点から 2.5 時間±0.5 時間のデータについて、一様分布と仮定した場合の標準不確かさを区間中点の値に対する比として求めた結果、130~920×10⁻⁶程度で、表 5.4.6.1で調べたエージング時間の影響と同レベルであると考えられる。

表 5.4.6.2 周囲温度と相対湿度の変化に対する電圧測定値の変化 [mV]

周囲温度 [°C]	相対湿度[%Rh]		
	45	60	75
18	-0.76404	-0.74829	-0.73241
23	-0.02224		-0.00468
28	0.76587	0.75700	0.73946

最後に、図 5.4.6.3 の周囲温度と相対湿度の条件における電圧測定値の最大変化量を調べて、この供試機器における周囲温度と相対湿度による不確かさの推定を行った。その結果を表 5.4.6.3 に示す。試験環境に関する要因としては、表 5.4.6.1 で調べたエージング時間の影響もあるが、無負荷における標準不確かさは 0.01493mV、50%も負荷における標準不確かさは 0.02589mV であり、表 5.4.6.3 の結果と比べて 1/10 以下であるため、無視できる大きさである。

表 5.4.6.3 周囲温度と相対湿度による不確かさの推定

最大変化量[mV]	1.61303
最大変化量の 1/2[mV]	0.80652
標準不確かさ[mV]	0.46564

5.4.7 試験環境に関する要因 電源設備(安定性)

5.4.5 と同様に交流安定化電源より供給される電源電圧は、漏れ電流の測定値に与える影響が大きいと考えられるため、交流安定化電源の出力安定性 (u_9) も不確かさの要因に入れる必要がある。なお、不確かさについては、使用した交流安定化電源の仕様から得るものとし、確率分布は、矩形分布、除数は $\sqrt{3}$ とする。

安定化電源の出力安定性 : 0.1% (仕様)

$$u_9 = x_i \times 10^{-3} \quad (\text{V})$$

5.4.8 試験環境に関する要因 電源設備(ノイズ)

試験環境に関する要因のうち、電源設備に含まれるノイズの影響を調べた。本調査で供試機器として選択した絶縁トランスの構造を図 5.4.8.1 に示す。図から、MD を流れる漏れ電流の周波数は電源電圧と同一であると考えられ、この場合は 60Hz である。そこで、ロックインアンプを使用して 60Hz 単独の漏れ電流値を測定した。測定器の外部出力機能により、60Hz 単独の測定値と通常の電圧計で測定した値を記録した結果を図 5.4.8.2 に示す。また、ロックインアンプを使用した場合の測定結果を評価するために、ノイズの少ない環境であるシールドルームで同様に行った結果を図 5.4.8.3 に示す。

図 5.4.8.2、図 5.4.8.3 で 60Hz 単独の測定値が階段状になっているのは、測定器の外部出力の分解能が低いためである。図 5.4.8.3 では、60Hz 単独の結果と測定結果がほぼ重なり、ノイズの少ない環境では両者がほぼ一致することが確認できる。36 時間測定した結果について測定値と 60Hz 単独の値について差を調べたところ、最大で 0.118mV (感度係数 1/1000) の差があった。矩形分布と仮定すると標準不確かさは、0.06813mV (感

度係数 1/1000) であり、この値を電源設備による不確かさ (u_{10}) として使用する。

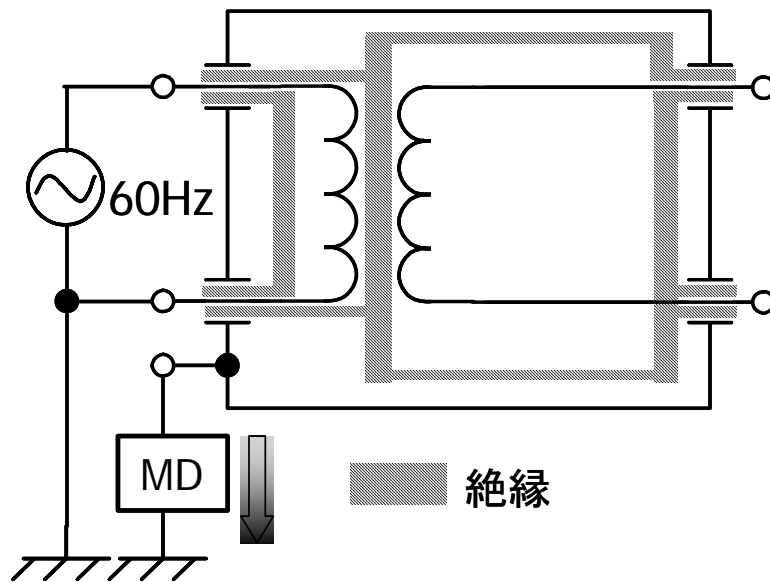


図 5.4.8.1 絶縁トランスの構造

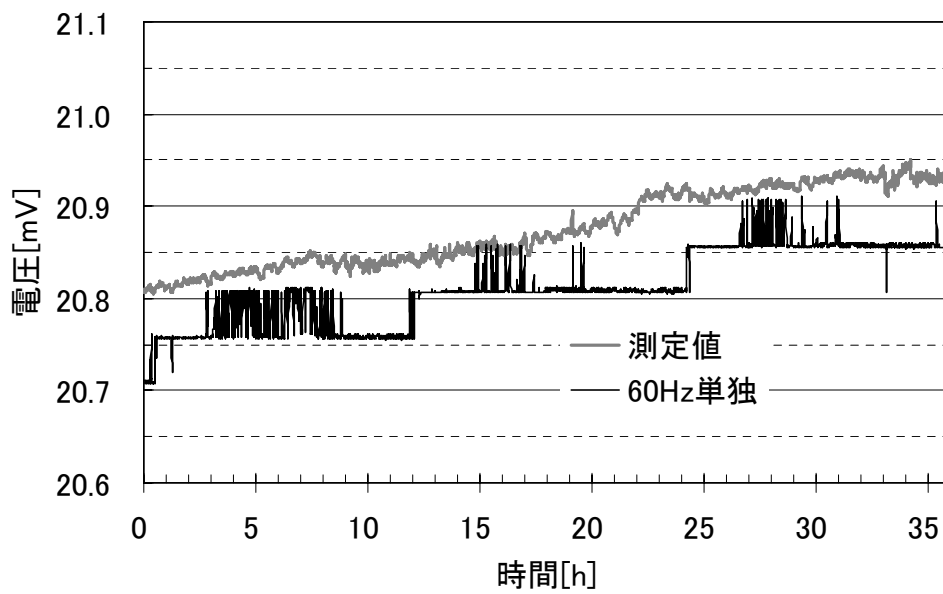


図 5.4.8.2 測定室電源ノイズによる不確かさの調査

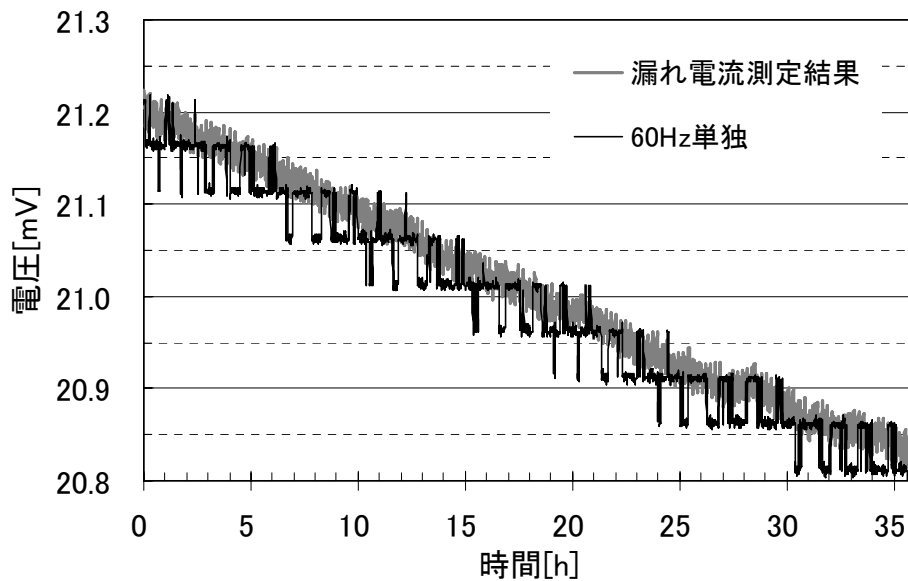


図 5.4.8.3 シールドルームにおける調査結果

5.4.9 測定の繰り返し性

アース漏えい電流試験の測定の繰り返し性による不確かさは実際の試験結果に基づき、以下の方法により計算する。まず、試験によって得られた測定データより平均値、実験標準偏差、平均値の実験標準偏差を以下の式に従って計算する。

平均値 : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ n : 測定回数、 x_i : 測定データ

実験標準偏差 : $s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

平均値の実験標準偏差 : $s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$

以上によって得られた平均値の実験標準偏差 $s(\bar{x})$ を A タイプ 不確かさ (u_1) とする。

なお、除数は 1 とする。

5.4.10 拡張不確かさの決定

上記 5.4.4、5.4.5、5.4.7、5.4.8、5.4.9 で算出した不確かさから、以下の式によって、それぞれの標準不確かさ (u_{x_i})、合成標準不確かさ (u_c)、拡張不確かさ (U) を得る。

なお、確率分布は、正規分布とし包含係数 (k) は 2 とする。

$$\text{標準不確かさ} \quad : \quad u_{x_i} = u_i \times \text{除数} \times \text{感度係数}$$

$$\text{合成標準不確かさ} \quad : \quad u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{x_i}^2}$$

$$\text{拡張不確かさ (} U \text{)} \quad : \quad U = 2 \times u_c \quad (k=2)$$

5.5 計算結果

以上の計算方法に基づき、6種類の供試機器について測定結果を以下に記載する。例として各供試機器の1台についてバジェットシートを示す。このバジェットシートは、試験の不確かさを算出するためのもので全ての種類において共通である。

なお、測定の条件として、電源投入後3時間経過後に各5回ずつ測定した。

1. X社100W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	21.2991	21.1384	21.0654	20.9188	21.3667	mV
2	21.3014	21.1397	21.0661	20.9196	21.3678	mV
3	21.3013	21.1398	21.0663	20.9200	21.3676	mV
4	21.3015	21.1402	21.0659	20.9200	21.3674	mV
5	21.3019	21.1405	21.0669	20.9199	21.3675	mV
平均	21.3010	21.1397	21.0661	20.9197	21.3674	mV
標準偏差	0.0011	0.0008	0.0005	0.0005	0.0004	
実験標準偏差	0.00050	0.00036	0.00025	0.00023	0.00019	
電源電圧	110.00	109.99	109.99	109.99	109.99	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

製造番号1 : $0.0213 \text{ mA} \pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号2 : $0.0211 \text{ mA} \pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号3 : $0.0211 \text{ mA} \pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号4 : $0.0209 \text{ mA} \pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号5 : $0.0214 \text{ mA} \pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$)

例として、製造番号1についてのバジェットシートは、以下のようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00050	mV	-	1	0.00050	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00192	mV	正規	2	0.00096	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性の不確かさ	0.04278	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02470	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00021	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00012	1	0.00012
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02640	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性の不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00002
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.11000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06351	測定値/入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00014
U	拡張不確かさ			正規分布 ($k=2$)				0.00029

2. X社 300W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	11.5314	11.7271	11.6966	11.7532	11.7227	mV
2	11.5334	11.7287	11.6981	11.7533	11.7233	mV
3	11.5342	11.7294	11.6985	11.7537	11.7237	mV
4	11.5349	11.7298	11.6990	11.7539	11.7237	mV
5	11.5358	11.7305	11.6993	11.7540	11.7234	mV
平均	11.5339	11.7291	11.6983	11.7536	11.7234	mV
標準偏差	0.0017	0.0013	0.0011	0.0004	0.0004	
実験標準偏差	0.00075	0.00058	0.00047	0.00016	0.00018	
電源電圧	110.03	110.03	110.03	110.03	110.03	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

製造番号 1 : $0.0115 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 2 : $0.0117 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 3 : $0.0117 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 4 : $0.0118 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 5 : $0.0117 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

例として、製造番号 1 についてのバジェットシートは、以下ようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00075	mV	-	1	0.00075	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00104	mV	正規	2	0.00052	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性の不確かさ	0.03692	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02132	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00012	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00007	1	0.00007
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02641	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性の不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00001
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.11003	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06353	測定値/入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00010
U	拡張不確かさ			正規分布 ($k=2$)				0.00020

3. Y社 100W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	11.9139	12.3361	11.8628	11.8205	12.6354	mV
2	11.9148	12.3375	11.8642	11.8219	12.6356	mV
3	11.9152	12.3379	11.8641	11.8222	12.6357	mV
4	11.9154	12.3382	11.8645	11.8224	12.6357	mV
5	11.9158	12.3387	11.8647	11.8229	12.6358	mV
平均	11.9150	12.3377	11.8641	11.8220	12.6356	mV
標準偏差	0.0007	0.0010	0.0007	0.0009	0.0002	
実験標準偏差	0.00032	0.00044	0.00033	0.00040	0.00007	
電源電圧	109.99	109.99	110.00	110.00	110.00	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

製造番号 1 : $0.0119 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 2 : $0.0123 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 3 : $0.0119 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 4 : $0.0118 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

製造番号 5 : $0.0126 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA}$ ($k=2$)

例として、製造番号 1 についてのバジェットシートは、以下ようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00032	mV	-	1	0.00032	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00107	mV	正規	2	0.00054	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性の不確かさ	0.03715	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02145	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00012	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00007	1	0.00007
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02640	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性の不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00001
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.10999	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06350	測定値/入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00010
U	拡張不確かさ			正規分布 ($k=2$)				0.00020

4. Y社 300W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	11.5895	11.6889	12.0007	12.0519	12.0146	mV
2	11.5902	11.6896	12.0008	12.0522	12.0147	mV
3	11.5908	11.6897	12.0010	12.0526	12.0150	mV
4	11.5909	11.6898	12.0012	12.0524	12.0153	mV
5	11.5910	11.6901	12.0010	12.0529	12.0156	mV
平均	11.5905	11.6896	12.0009	12.0524	12.0150	mV
標準偏差	0.0006	0.0004	0.0002	0.0004	0.0004	
実験標準偏差	0.00028	0.00020	0.00009	0.00017	0.00019	
電源電圧	109.99	109.99	109.99	110.00	109.99	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

製造番号 1 : $0.0116 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA} \quad (k=2)$

製造番号 2 : $0.0117 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA} \quad (k=2)$

製造番号 3 : $0.0120 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA} \quad (k=2)$

製造番号 4 : $0.0121 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA} \quad (k=2)$

製造番号 5 : $0.0120 \text{ mA} \pm 0.0002 \text{ mA} \quad (k=2)$

例として、製造番号 1 についてのバジェットシートは、以下のようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00028	mV	-	1	0.00028	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00104	mV	正規	2	0.00052	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性不確かさ	0.03695	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02134	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00012	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00007	1	0.00007
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02640	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00001
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.10999	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06350	測定値/入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00010
U	拡張不確かさ			正規分布 (k=2)				0.00020

5. Z社 50W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	18.0499	17.8895	17.9344	17.7411	18.0326	mV
2	18.0492	17.8842	17.9351	17.7421	18.0342	mV
3	18.0495	17.8832	17.9352	17.7429	18.0350	mV
4	-	17.8813	17.9348	17.7435	18.0353	mV
5	-	17.8802	17.9350	17.7443	18.0363	mV
平均	18.0495	17.8837	17.9349	17.7428	18.0347	mV
標準偏差	0.0004	0.0036	0.0003	0.0012	0.0014	
実験標準偏差	0.00020	0.00161	0.00014	0.00055	0.00062	
電源電圧	110.01	110.02	110.01	110.02	110.02	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

- 製造番号 1 : 0.0180 mA ± 0.0003 mA ($k=2$)
 製造番号 2 : 0.0179 mA ± 0.0003 mA ($k=2$)
 製造番号 3 : 0.0179 mA ± 0.0003 mA ($k=2$)
 製造番号 4 : 0.0177 mA ± 0.0003 mA ($k=2$)
 製造番号 5 : 0.0180 mA ± 0.0003 mA ($k=2$)

例として、製造番号 1 についてのバジェットシートは、以下ようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00020	mV	-	1	0.00020	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00162	mV	正規	2	0.00081	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性不確かさ	0.04083	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02357	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00018	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00010	1	0.00010
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02640	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00001
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.11001	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06351	測定値/入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00013
U	拡張不確かさ			正規分布 ($k=2$)				0.00026

6. Z社 100W

回数	製造番号1	製造番号2	製造番号3	製造番号4	製造番号5	単位
1	40.7384	40.4429	40.4973	39.9314	40.2980	mV
2	40.7435	40.4543	40.5035	39.9422	40.3074	mV
3	40.7500	40.4593	40.5104	39.9468	40.3103	mV
4	40.7510	40.4655	40.5154	39.9494	40.3138	mV
5	40.7529	40.4692	40.5182	39.9546	40.3175	mV
平均	40.7472	40.4582	40.5090	39.9449	40.3094	mV
標準偏差	0.0060	0.0103	0.0086	0.0088	0.0074	
実験標準偏差	0.00270	0.00461	0.00384	0.00392	0.00331	
電源電圧	110.03	110.03	110.03	110.03	110.03	V

この結果から、各サンプルについてバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、以下のような結果になる。

- 製造番号 1 : 0.0407 mA ± 0.0005 mA (k=2)
- 製造番号 2 : 0.0405 mA ± 0.0005 mA (k=2)
- 製造番号 3 : 0.0405 mA ± 0.0005 mA (k=2)
- 製造番号 4 : 0.0399 mA ± 0.0005 mA (k=2)
- 製造番号 5 : 0.0403 mA ± 0.0005 mA (k=2)

例として、製造番号 1 についてのバジェットシートは、以下ようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00270	mV	-	1	0.00270	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00367	mV	正規	2	0.00183	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性の不確かさ	0.05445	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.03144	1/1000 (A/V)	0.00003
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00041	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00024	1	0.00024
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02641	V	正規	2	0.01320	測定値/入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性の不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/入力電圧	0.00003
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.11003	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06353	測定値/入力電圧	0.00002
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00025
U	拡張不確かさ			正規分布 (k=2)				0.00050

5.6 技能試験用試料

本調査では、電源部だけを供試機器として接地漏れ電流の測定について調査を行った。その結果、同じ製品であっても供試機器ごとのばらつきが、推定された測定の不確かさと比べて大きいことが確認された。また、供試機器ごとのばらつきほどではないが、個々の供試機器における経時変化も、測定の不確かさより大きい。

また、試験分野における技能試験では、共同実験スキームが一般的に使用されるが、このように安定性の低い試験品目における測定比較スキームとしてスター型の方式がある。この方式は、参加試験所の測定の前後に参照試験所で測定を行う方式である。上記の調査結果から、本調査で採用した供試機器は、スター型の技能試験で試験用試料として利用できる可能性がある。

試料の特性による不確かさが測定の不確かさに比べて大きい場合には、技能試験における結果の評価で、参加試験所、参照試験所の不確かさだけでなく、試料の特性による不確かさも考慮する必要があると考えられる。今回は、試料の特性による不確かさとして、供試機器に関連する要因と試験環境に関連する要因について調査を行った。X社 100W 製品について調べた結果では、試験環境に関連する要因である温湿度依存性による不確かさが最も大きい結果となった。供試機器に関連する要因としては、1 台の供試機器における影響として、経時変化について調査を行った。X社 100W 製品（製造番号：1）について、温湿度依存性と経時変化による不確かさを、5.4.3 と 5.4.6 で行った実験結果を基にした B タイプとして評価した結果を以下に示す。

5.6.1 温湿度依存性

5.4.6 に示すように、供試機器の周囲温度と相対湿度について、温度を $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度を $\pm 15\%$ の範囲で変化させてみたところ、湿度による影響は僅かであるが、温度による影響が大きいことが確かめられた。このときの最大変化量は、表 5.4.6.3 に表したように 1.613mV であったことから、温度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\pm 15\%$ の範囲で試験を行った場合の不確かさとして、供試機器の温湿度依存性 (u_{11}) は、以下のように計算できる。なお、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

サンプルの温湿度依存性 : 1.613mV (5.4.6 の実験結果より)

$$u_{11} = 1.613 \div 2 \quad (\text{mV})$$

5.6.2 経時変化

5.4.3 に示すように、供試機器を 5 日間（最初の測定から最後の測定までは、4 日間）、無負荷で動作させてみたところ、最大変化量は、0.232mV であったことから、供試機器の経時変化 (u_{12}) は、以下のように計算できる。なお、確率分布は、矩形分布とし除数は $\sqrt{3}$ とする。

サンプルの経時変化 : 0.232mV (5.4.3 の実験結果より)

$$u_{12} = 0.232 \div 2 \quad (\text{mV})$$

以上 2 点の不確かさについて加算したバジェットシートを作製し、拡張不確かさまで計算すると、

$$X \text{ 社 } 100W \text{ (製造番号 1)} : 0.0213 \text{ mA} \pm 0.0010 \text{ mA} \quad (k=2)$$

という結果が得られた。5.5 の 1 から試料の特性による不確かさを考慮しない場合の拡張不確かさは、 $\pm 0.0003 \text{ mA}$ ($k=2$) であるから、試料の特性による影響が大きいことが分かる。なお、バジェットシートは、以下のようになる。

記号	不確かさ要因	値±	単位	確率分布	除数	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ (mA)
u_1	測定の繰り返し性	0.00050	mV	-	1	0.00050	1/1000 (A/V)	0.00000
u_2	DMMの校正の不確かさ	0.00192	mV	正規	2	0.00096	1/1000 (A/V)	0.00000
u_3	DMMの表示分解能の不確かさ	0.00005	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.00003	1/1000 (A/V)	0.00000
u_4	DMMの長期安定性の不確かさ	0.04278	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.02470	1/1000 (A/V)	0.00002
u_5	抵抗値の不確かさ(1%)	0.00021	mA	矩形	$\sqrt{3}$	0.00012	1	0.00012
u_6	電源電圧測定器の校正の不確かさ	0.02640	V	正規	2	0.01320	測定値/ 入力電圧	0.00000
u_7	電源電圧測定器の表示分解能の不確かさ	0.00500	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.00289	測定値/ 入力電圧	0.00000
u_8	電源電圧測定器の長期安定性の不確かさ	0.14000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.08083	測定値/ 入力電圧	0.00002
u_9	電源の安定性(0.1%)	0.11000	V	矩形	$\sqrt{3}$	0.06351	測定値/ 入力電圧	0.00001
u_{10}	電源ノイズ	0.11800	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.06813	1/1000 (A/V)	0.00007
u_{11}	サンプルの温湿度依存性	0.80650	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.46563	1/1000 (A/V)	0.00047
u_{12}	サンプルの経時変化	0.12685	mV	矩形	$\sqrt{3}$	0.07324	1/1000 (A/V)	0.00007
u_c	合成標準不確かさ			正規分布				0.00049
U	拡張不確かさ			正規分布 ($k=2$)				0.00099