MV級雷インパルス電圧測定系の日本国内試験所間比較試験

正員 石井 勝 (東京大学)

正員 村瀬 洋 (株式会社 東芝)

正員 西村誠介 (横浜国立大学)

MV Class Intercomparison Tests for Impulse Measuring Systems in Japan

Masaru Ishii, Member (The University of Tokyo),

Hiroshi Murase, Member (Toshiba Corporation),

Seisuke Nishimura, Member (Yokohama National University)

A research committee organized in the Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ) carried out a series of intercomparison tests using a lightning impulse voltage measuring system which was developed by another research committee as one of the Japanese national standards. This project was performed as a final technical check to establish an accreditation system for measuring lightning impulse voltages in Japan. Ten organizations participated, of which eight were manufacturers, implying that the tests were very realistic and practical. The tests ensured the prospects of establishing the accreditation system.

キーワード：高電圧試験法，インパルス電圧，トレーサビリティ，比較試験，認定制度

1. まえがき

高電圧測定の精度向上および維持を目的とした IEC の規格改訂^[1]に伴い、日本においても電気学会の委員会を中心とした研究が活発に実施されてきた。この規格の特徴は、測定系のトレーサビリティ確保とこれを保証するための方法の記述にある。トレーサビリティ確保の方法としては、基準系との比較により一般の測定系を校正するいわゆる比較校正試験に重きを置いている。技術的に特に問題が多いとされる雷インパルス電圧の測定については、国際的な試験所間比較試験に参加するとともに^{[2][3]}、100kV 級分圧器の国内試験所間比較試験をすでに実施している^{[4][5]}。この国内試験所間比較試験は、形式が異なる 2 台の抵抗分圧器を各機関に持ち回り、各機関で比較校正試験を含む同一の項目の測定を実施し、結果を比較する方式をとった。この目的は、各機関の技術レベルの向上、および、試験項目・試験実施に当たっての細目の妥当性を検討するところにある。一方、日本のインパルス測定の国家的標準となるべき測定系の開発も電気学会の別の委員会により実施されてきた^{[6][7]}。

日本における試験所間比較試験の第 2 段階として、前述の

国家的標準となるべき測定系を 10 機関に持ち回り各種試験を実施した。この試験の中で最も重要な、各機関での比較校正試験を実施するために必要な他の 1 測定系は、各機関が所有する測定系を使用している。10 機関中メーカーが 8 機関を占め、多忙な生産活動の合間を見て 1 機関当たり 1 ヶ月程度という短い期間内に実施されたもので、極めて現実的・実際的な状況の元での試験といえる。この活動により、日本のインパルス電圧測定に関する認定制度確立の目処を得ると同時に、不確かさの許容基準に関する IEC 規格^[1]の記述の問題点も浮き彫りにされた。

2. 使用した測定系

〈2.1〉 標準測定系 波形観測装置を除く、分圧器、同軸ケーブル、減衰器からなる測定系を持ち回り用の標準測定系とした。分圧器の外観を図 1 に示す。また、本測定系の構成を図 2 に示す。分圧器は、定格電圧 700kV のシールド抵抗形であり、高電圧側の抵抗 R_H は長さ 1 m、抵抗値 5k Ω の抵抗体を 2 本直列接続したもので、分圧器全体の高さは約 2.3m である。抵抗体は、温度係数が小さく ($\pm 20 \times 10^{-1}/\text{deg}$)、

図1 持ち回り分圧器の外観
Fig.1. Appearance of circulated voltage divider.

図2 持ち回り標準測定系の構成
Fig.2. Constitution of circulated system.

抵抗率の比較的大きい($133 \mu\Omega \cdot \text{cm}$)カーマロイ線をエアトンベリ一巻(無誘導巻)にして構成している。抵抗 R_1, R_3, R_4, R_5 は金属箱の中に収納され、減衰器を構成している。分圧器と減衰器は、長さ 50m の同軸ケーブル 7C-2W を銅網で被覆した 2 重シールドの専用ケーブルにより接続されている。

<2.2> 比較校正試験に使用した被校正測定系 前述の標準測定系との比較による校正対象、すなわち被校正測定系は各機関所有の測定系とし、形式、定格電圧等、各機関の自主性に任せた。各機関が使用した分圧器の種類と諸元を表 1 に示す。これらの分圧器は、RMS(Reference Measuring System; 基準測定系と呼ばれる国家的標準の下に位置するもの。総合不確かさとして 1% 未満を要求される)を目標として用意されたもの、AMS(Approved Measuring System; 認可測定系と呼ばれ、実際の生産活動等に使用される測定系で IEC

表 1 比較試験に使用した各機関の分圧器
Table 1. Voltage dividers of participants
used for intercomparison tests.

機関	分圧器の種類	定格電圧	高さ	RMS or AMS
A	抵抗分圧器 (同型器)	700 kV	2.3 m	RMS
B	抵抗分圧器 (吊り下げ式)	1400 kV	3.9 m	AMS
	抵抗分圧器 (吊り下げ式)	1000 kV	3.0 m	AMS
C	油入縮小形 抵抗分圧器	1900 kV	5.0 m	AMS
D	抵抗分圧器	1500 kV	5.2 m	AMS
E	抵抗分圧器	500 kV	1.7 m	AMS
F	制動容量形 分圧器	2400 kV	7.3 m	AMS
G	抵抗分圧器	1400 kV	3.8 m	AMS
H	抵抗分圧器	1260 kV	3.3 m	AMS
	抵抗分圧器 (同型器)	700 kV	2.3 m	RMS
I	抵抗分圧器	1000 kV	3.0 m	RMS
	抵抗分圧器	500 kV	2.5 m	RMS
J	油入縮小形 抵抗分圧器	1000 kV	3.2 m	AMS
	抵抗分圧器 (同型器)	700 kV	2.3 m	RMS

注) (同型器)は持ち回り分圧器と同型であることを表す。

規格^[1]を満たすもの。総合不確かさとして 3% 未満を要求される)を目標として用意されたものの両方を含んでいる。分圧器の形式は、一般的な抵抗形が多いものの、抵抗分圧器の油入縮小形、また制動容量形分圧器も含まれている。機関 I の 1000kV 分圧器は、先に実施された国際比較試験^{[1][3]}、および国内比較試験^{[4][10]}に用いた一方の分圧器である。

3. 標準測定系の各抵抗値の測定

<3.1> 抵抗値測定の目的と結果 移動に伴う測定系の破損や劣化が無いことを確かめる目的で、最初に標準測定系の各部の抵抗値を詳細に測定することとした。この測定は、測定系のスケールファクタを決定する上においても重要となる。以後に記述する各機関による比較校正試験は、この、それぞれの機関が測定したスケールファクタを用いて実施している。10 機関による 10 測定値の平均値と変動係数、および製造元が本比較試験前に測定した値を表 2 に示す。各抵抗の記号は図 2 に示した記号と一致する。

<3.2> 抵抗値の温度依存性 表 2 によれば、殆どの抵抗値が 0.1%~0.2% の変動係数で測定されているのに対し、ケーブルの抵抗 R_z と減衰器を構成する抵抗 R_2 の 2 抵抗は他に比べて変動係数が大きくなっている。特に R_z は変動係数が 3 % を越え、バラツキが大きくなっている。この原因を

表2 標準測定系の各抵抗値の測定結果
Table 2. Results of resistance measurements
of circulated reference system.

	平均値	変動係数	製造元測定値
R _H	10287 Ω	0.105 %	10280 Ω (-0.07 %)
R _L	49.961 Ω	0.082 %	49.96 Ω (-0.002%)
R _d	145.45 Ω	0.132 %	
R ₁	24.875 Ω	0.233 %	24.85 Ω (-0.10 %)
R _z	1.0484 Ω	3.020 %	
R ₂	60.448 Ω	0.553 %	60.115 Ω (-0.61 %)
R ₃	17.626 Ω	0.107 %	17.644 Ω (+0.10 %)
R ₄	89.818 Ω	0.148 %	89.770 Ω (-0.05 %)
R ₅	10.015 Ω	0.146 %	9.998 Ω (-0.17 %)
スケール ファクタ	21115	0.158 %	

注) 括弧内の数字は各機関測定の前平均値と製造元測定値の相対差を示す。

確かめる為、抵抗値の温度依存性に注目する。横軸に抵抗値を測定したときの気温を、縦軸に測定値をとると、図3 の様になる。(a)は比較のために示した抵抗温度係数が小さいカーマロイ線で構成されている分圧器の高電圧側抵抗 R_H であり、温度依存性が全く認められないが、(b)に示されるケーブルの抵抗 R_z は、明白な温度依存性が現れている。これが変動係数を大きくしている原因であることがわかる。ただし、抵抗値自体が小さいためスケールファクタには影響を与えていない。

<3.3> 抵抗値の経時変化 表2に示されている測定系の製造元が測定した各抵抗の値と、本試験参加各機関の測定値の平均との相対差に注目してみる。どの抵抗値も相対差が0.1%台以下であるのに対し、 R_2 の測定のみ0.5%以上と大きくなっている。 R_2 の値が変化したことも考えられるため経時変化を調査してみる。結果を図4に示す。この図を見ると、1995年9月の測定から抵抗値が明らかに変化している様子が伺える。1995年8月までの4回の測定値は、製造元の事前の測定値(60.115 Ω)と極めてよく一致している。これに対し、9月以降の6機関の測定結果は0.6 Ω程度大きくなっている。

この原因を調査するため、試験所間比較試験終了後に製造元にて同様な測定を実施した。その結果、60.696 Ωとなりここでもやはり0.6 Ω程度増加していることが確かめられた。抵抗 R_2 は3個の無誘導型巻線抵抗器の並列接続により構成されている。そこで、それぞれの抵抗体の抵抗値も同時に測定した。この結果を表3に示す。抵抗体の定格値は180 Ω±0.5%であり、この表に示される実測値はすべて一様に定格値の上限180.9 Ωより大きくなっている。この様に、3個の抵抗器の抵抗値が一様に増加したことが伺える。一方、この測定とは別に、同じ型の抵抗に定格電圧のインパルス5千回以上印加しても抵抗値は変化しないことを確かめている。このことから、この抵抗にインパルス以外の過負荷が印加された可能性、具体的には、ステップ応答を求めるため

(a) R_H

(b) R_z

図3 R_H、R_z測定の温度依存性
Fig.3. Temperature dependence of R_H and R_z measurement.

図4 R₂測定値の経時変化
Fig.4. Time variation of measured values of R₂.

表3 R₂を構成する3抵抗体の測定値と
定格値からのずれ

Table 3. Measured values of 3 components
of R₂ and their deviation
from nominal value.

	測定値	定格値180 Ωからのずれ
1	181.542 Ω	+ 0.857 %
2	182.622 Ω	+ 1.457 %
3	182.082 Ω	+ 1.157 %

の直流電圧の過負荷が印加された可能性が高いものと思われる。

R_2 の 0.6Ω なる抵抗値の変化率は 1% であるが、スケールファクタには殆ど影響を与えていない。この様に、測定系を構成する各要素の定数の正確な測定によって、スケールファクタの測定のみでは知り得ない測定系の微妙な経時変化を知りうる事が明らかとなった。

＜3.4＞ 抵抗値測定のまとめ 特殊な校正機関でない一般の産業界の高電圧試験所においても、十分な精度をもって各構成要素の抵抗値を測定しうることがわかった。また、この測定により、測定系の微妙な変化の一面が把握できることも確かめられた。これらのことから、各部の抵抗値の詳細な測定とその記録は、測定系の経時変化をチェックする上で極めて有効な方法であると思われる。

4. ステップ応答試験

本章以降は IEC 規格(IEC60060-2)と密接に関連しており、その記述内容を参照することが多い。従って【 】内にこの規格に記述されている章、節を示すこととする。

＜4.1＞ 試験の実施形態と結果 IEC 規格は、ステップ応答測定回路として3種類を記述している【Annex C, C.1.1】。この中で、垂直な金属壁の上部にパルス発生器を設置する回路が望ましいとしているが、分圧器が比較的大きく、必ずしもこの回路構成が可能となるとは限らないため、ここではあえて規定しなかった。従って、この推奨回路で実施している機関が多いが、IEC 規格に記述されている他の回路を用いて測定した機関も存在する。ただし、各機関からのデータの統計的処理結果を考察する場合、測定回路は統一する必要がある。従ってここでは推奨回路を用いた結果のみ考察対象とする。

表4に、標準測定系の5つの応答パラメータについて、推奨回路を用いた8機関による8測定値の平均値および変動係数を示す。先に紹介した抵抗値の測定に比べて、各機関によるバラツキがかなり大きく現れている。応答波形の観測そのものがかなり微妙であること、すなわち、わずかな条件の変化で波形が大きく変化することのみならず、コンピュータ処理アルゴリズムを含む応答パラメータの計算手法が統一

されていないことも、このような大きなばらつきを生んでいる原因と考えられる。

＜4.2＞ ステップ応答試験のまとめ 一般の産業界の高電圧試験所にとって、ステップ応答による測定系の校正法【6.3b】は、魅力的な方法とはいいがたい。ステップ応答をフィンガープリントとして使用する場合【9.4】においても、ステップ応答波形の測定、パラメータの計算には、常に細心の注意が必要といえる。

5. 各機関による比較校正試験

＜5.1＞ 試験の実施形態 高圧リード線の配置はY形もしくはT形とし、その3端子にはそれぞれ標準分圧器、被校正分圧器、およびインパルス電圧発生器(IG)を接続している。一方、高圧リード線の中央部接合点には球ギャップを配置して裁断波形を発生できる構成をとっている。印加波形は標準雷インパルス(標準波; $1.2/50 \mu s$)と波頭裁断波(裁断までの時間 T_c の目標値 $1.5, 1.0, 0.5 \mu s$)で、印加電圧の波高値は約 $600kV$ とした(ただし、定格 $500kV$ の分圧器との比較試験は約 $500kV$)。

測定系からの出力電圧は、殆どの機関において各機関の所有する1台のデジタル計測器の2チャンネルを使用して同時に記録している。ただし、2台のデジタル測定器を各々の測定系に接続して同時に測定した機関もある。多くの機関では計測器のチャンネルを交換したり、ステップ電圧などを用いて計測器の校正を実施している。比較のための電圧印加は10回以上繰り返し、10個以上のデータの平均値と変動係数を各機関の測定値として報告を受けた。

この比較校正試験に先立ち、測定系への誘導障害のチェック【6.4】を行った。比較校正試験時の実回路と幾何学的配置を変えないまま実施したもので、1つの機関では1%を若干越えたが、他の9機関では1%未満であったことを確認している。

＜5.2＞ 試験結果 前述の様に、標準測定系と比較した被校正測定系は各機関所有のもので、RMS を目標として用意されたもの、AMS を目標として用意されたものの両方を含む。従って比較校正試験結果は、両者を分離して整理する。図5に RMS 目標の測定系との比較校正試験結果を、図6に AMS 目標の測定系との比較校正試験結果を示す。どちらも、(a)に波高値の測定値差 δU 、(b)に波頭長/裁断までの時間の測定値差 δT について、各機関による10回以上の測定の平均値を示す。

一方、測定系の不確かさを決定する重要な要素である δU および δT の変動係数について、RMS は4機関が提供した5測定系の5データ、AMS は8機関が提供した9測定系の9データの平均値と最大値を表5に示す。

＜5.3＞ δU 、 δT の平均値に関する考察 δU の平均値は、比較校正試験による新たなスケールファクタを与えるための補正係数となる【6.2】。この新たなスケールファクタを指定スケールファクタ(assigned scale factor)と呼ん

表4 持ち回り測定系のステップ応答パラメータ
Table 4. Measured step response parameters
of circulated reference system.

	TN	T α	T0	β	t s
平均値	6.89 ns	14.8 ns	0.379 ns	33.8 %	168 ns
変動係数	29.1 %	33.2 %	21.9 %	37.7 %	34.4 %

TN : 実験応答時間, T α : 部分応答時間,
T0 : 初期歪, β : オーバシュート,
t s : 安定時間

図5 比較校正試験で得た δU 、 δT の平均値
(RMSとして用意された測定系)
(Δ :A, $\bullet$:H-2, $\circ$:I-1, $\blacktriangle$:I-2, ∇ :J-2)

Fig.5. Mean values of δU and δT obtained
by comparative measurement
(with measuring system prepared for RMS).

図6 比較校正試験で得た δU 、 δT の平均値
(AMSとして用意された測定系)
($\square$:B-1, $\blacksquare$:B-2, $\times$:C, $\triangle$:D, $\blacktriangledown$:E,
 $\circ$:F, $\blacktriangle$:G, $\bullet$:H-1, ∇ :J-1)

Fig.6. Mean value of δU and δT obtained
by comparative measurement
(with measuring system prepared for AMS)

でいる。一方、 δT の平均値については、IEC 規格^[1]本文には明確な記述は見られないものの、 δU の場合と同様に指定スケールファクタを与えることができるものとする^[1]。これは、付録として発行されている IEC 60060-2 Amendment 1(Annex H)^[1]の記述【H.6.3.2】から判断できる。

図5と図6を比べると、RMSとして用意された測定系は、 δU 、 δT の両平均値ともかなり小さいのに対し、AMSとして用意された測定系については、両者とも比較的大きくなっている。ただし、 δU の平均値の大きさは公称測定時間幅(nominal epoch)の取り方には影響を与えるが【9.1.2】それ以外の意味はない。これは、指定スケールファクタがそれぞれのインパルス波形に対して異なる値であることを許容されていることによる。例えば、条件さえ満たせば図5、図6に示したすべての時間領域について同一の指定スケールファクタを与えることが出来る。このとき、公称測定時間幅はすべての時間領域ということになる。一方、この領域を複数の領域に分割し、本分割に対応した複数の公称測定時間幅を設定して、それぞれに異なる指定スケールファクタを与える

ことも許される。このことから、 δU がすべての T_c に対して小さい測定系が必ずしも性能の良い(もしくは高い精度を与える)測定系とはいえない。図5(a)、図6(a)には従来の慣例に習って標準波、波頭裁断波に対して与えられている総合不確かさの IEC 規格値を4本の横線で示したが、これは単なる参考でしかないことがわかる。それよりも、公称測定時間幅の設定に関する IEC 規格値(動特性に関する規格値)【9.1.2】を図示すべきかもしれない。

δT についても時間に対するスケールファクタの補正が可能なることから、 δU の場合と全く同様な議論が成立するものとする。従って、 δT の平均値の大きさ自身はそれ程大きな意味を持たないものといえる。ただし、IEC 規格^[1]本文には、AMSに対して、 δT の制限の記述が見られる【6.3】。すなわち、比較校正試験の動特性試験の項目において、時間パラメータの測定に関する δT の値が、 $\pm 10\%$ の範囲内であることを要求している。この制限が δT の平均値に対するものか、10回以上の試行により得る10以上の δT すべてに対するものか、規格の記述は明確ではない。ここでは、時間に

表5 δU 、 δT の変動係数の最大値と平均値

Table 5. Maximum and mean values of coefficients of variation of δU and δT .

			標準波	波頭裁断波		
				$T_c = 0.5 \mu s$	$T_c = 1.0 \mu s$	$T_c = 1.5 \mu s$
波高値 δU	RMS 0.5% (注2)	最大	0.23 %	0.87 %	0.86 %	0.42 %
		平均	0.13 %	0.45 %	0.36 %	0.22 %
	AMS 1% (注1)	最大	0.65 %	1.81 %	1.20 %	1.48 %
		平均	0.37 %	0.97 %	0.66 %	0.66 %
波頭長／ 裁断まで の時間 δT	RMS 2.5% (注2)	最大	1.10 %	1.50 %	1.34 %	1.09 %
		平均	0.91 %	0.71 %	0.60 %	0.65 %
	AMS 5% (注1)	最大	5.82 %	5.96 %	5.34 %	6.14 %
		平均	2.01 %	2.26 %	2.18 %	2.00 %

(注1) IEC 60-2, 6.2 および 6.3 に規定されている値。

(注2) IEC 60-2 には直接的な記述はない。ここでは目安としてこの値を提案する。

対するスケールファクタの補正を前提としていることと、Annex H^[4] の例題の中に 10% を超える δT の値が含まれている【H.6.3.2】ことから、 δT の平均値に対する制限と解釈する。RMS については直接的な記述はないが、考察のための目安値として $\pm 5\%$ を与える。図 5 (b)、図 6 (b) には、この δT の平均値に対する制限を 2 本の横線で示した。

図 5 (b)、図 6 (b) に示す各機関のデータ点、すなわち δT の平均値はすべて 2 本の横線で示した範囲内にあり、問題ない。しかも殆どのデータ点がこの値から十分離れていることから、 $\pm 10\%$ なる制限が 10 回以上の試行により得る 10 以上の δT すべてに対するものであるとする立場にしても問題無しと判断してよさそうである。

<5.4> δU 、 δT の変動係数に関する考察 δU 、 δT の変動係数は測定系の総合不確かさを決定する一つの重要な要素である。 δU の変動係数については、指定スケールファクタの決定に当たり AMS で 1% 未満と規定されている【6.2】。RMS には直接的な記載はないが、ここでは同様な値の目安として 0.5% 未満を与える。表 5 に示すとおりこの条件は、標準波ではすべての機関が満たしているが、波頭裁断波では満たしていない機関が見られる。特に裁断時間が $0.5 \mu s$ の比較試験に大きな差異が見られる。たしかに、波頭裁断波に対して、AMS 及び RMS の波高値読み取りの変動係数限界値 1% 及び 0.5% は厳しすぎるかもしれない。ただし、RMS に対しては変動係数そのものの記述ではなく、「スケールファクタ決定の不確かさが $\pm 0.5\%$ 以内」という条件の記述となっている【12.2.1】。変動係数を不確かさという尺度に変換する方法は、例えば IEC 60060-2 Amendment 1^[6] に記されている。すなわち、 δU のデータ数(試行回数)を n 、変動係数を S としたときこの変動係数が寄与するタイプ A の不確かさ U_r は、

$$U_r = t \cdot S / \sqrt{n}$$

で与えられる。 t は n と信頼水準により決定される定数で、例えば $n = 10$ 、信頼水準 95% では $t = 2.26$ となる。

ここで注目すべきは、 U_r が n の平方根に反比例して小さくなることである (t 、 S は n の変化に対して大きく変化しない)。従って、RMS に対する変動係数が 0.5% 未満という目安値を満たさないときは、比較校正試験の試行回数 n を増して、この不確かさを小さくすることが対策として考えられる。AMS に対しては、IEC 規格の記述が変動係数 S そのものであり、 n を増しても S の減少は望めないことからこの対策は意味がない。波頭裁断波の波高値読み取りの変動係数限界値 1% に対して実用上問題が発生するようなことがあれば、規格改訂を考慮すべきと考える。

δT の変動係数については、AMS に対して 5% が与えられている【6.3】。RMS に就いては記述はないが、ここでは同様な値の目安として 2.5% を与える。表 5 に示すとおり、RMS を目的として用意された測定系についてはすべての値が 2.5% 以下であり問題はない。また AMS を目的として用意された測定系では、報告を受けた δT の変動係数の最大値がすべての波形で 5% を超えているものの、これら 4 つの値 (5.82%, 5.96%, 5.34%, 6.14%) がそれぞれ別の機関から報告されたものであることや、5% なる規格値をそれ程大きく逸脱していないことを考え合わせると、 δU の変動係数ほどに深刻ではないと言える。改善は容易と思われる。

<5.5> 比較試験のまとめ 比較試験による指定スケールファクタの決定および動特性の決定に関して、標準波に対しては殆ど問題はない。波頭裁断波に対しては慎重な対応が必要となる。特に、指定スケールファクタの決定において、AMS に与えられている IEC 規格値、すなわち 10 回以上の測定の変動係数が 1% 未満という条件は非現実的と思われる。

6. むすび

生産活動で多忙なメーカーの高電圧試験所を中心にして、雷インパルス電圧測定の試験所間比較試験を実施した。本比較試験により、日本のインパルス測定系の認定制度確立の目処

を得た。雷インパルス電圧のRMSを抵抗分圧器で構成するとき、波形観測装置を除けば、測定系の経時変化の把握には、各構成要素の抵抗値の測定が極めて有効と考えられる。また、ステップ応答による校正は産業界の高電圧試験所にとって現実的な方法とは思えない。比較校正試験による指定スケールファクタ決定及び動特性の決定に関して、標準波に対しては殆ど問題はない。しかし、波頭裁断波に対しては慎重な対応が必要であることがわかった。

本研究は、次に示す10機関の試験参加により実施されたものである。

工学院大学、電中研、富士電機、古河電工、日立製作所、明電舎、三菱電機、日新電機、日本ガイシ、東芝
これら各機関の雷インパルス電圧測定技術は十分なレベルに達したものと考ええる。

謝辞 本論文は、電気学会「インパルス測定システムの校正法調査専門委員会」*(1993-1996)の実施した試験所間比較試験結果に基づいて執筆したものである。試験項目に関する協議ならびに試験の実施に当たられた本委員会委員各位に深謝する。

*委員長；石井勝(東京大学)、幹事；松本隆宇(静岡大学)、村瀬洋(東芝)、幹事補佐；小山博(東芝)、委員；相原良典(電中研)、石井格(電総研)、内田清(日新電機)、大久保仁(名古屋大学)、加藤正平(東洋大学)、川口芳弘(国土館大学)、河村達雄(芝浦工大)、向堂正典(東京電力)、小島啓明(日立)、小林誠治(三菱)、佐伯正盛(日本工大)、坂上清一(日電検)、志関誠男(フジクラ)、西川守男(日本がゞ)、西村誠介(横浜国大)、日高邦彦(東京大学)、丸山義雄(古河電工)、宮城克徳(明電舎)、村野稔(元工学院大学)、森本淳生(関西電力)、山田守(富士電機)、山田有一(住友電工)、故横谷宗久(中部電力)

(平成10年1月9日受付、同10年4月13日再受付)

文 献

- [1] IEC 60060-2 (1994) High-voltage test techniques Part 2: Measuring systems
- [2] J. Rungis, M. Ishii, Y. Cunyi, K. Schon, "Intercomparison of impulse dividers from PTB in Australia, Japan and China", ISH-93, 50.02, Yokohama, 1993
- [3] M. Aro, J. Haellstroem, M. L. Pykala, "Intercomparison of impulse voltage measuring system at 600kV level. Experience and practical problems", ISH-93, 50.03, Yokohama, 1993

[4] M. Ishii, H. Koyama, "100kV class intercomparison of impulse dividers in Japan", ISH-93, 50.06, Yokohama, 1993

[5] 石井, 小山: 「100kV級雷インパルス電圧による分圧器の国内持ち回り比較試験」電学論B, 114巻1号, 91 (平成6年)

[6] T. Harada, S. Sato, M. Saeki, T. Wakimoto, Y. Kamata, V. Rawat, "Development of reference and ceramic dividers in Japan", ISH-95, 4522, Graz, 1995

[7] 原田, 鎌田: 「インパルス電圧測定用基準分圧器の開発」電気学会 放電・高電圧合同研究会, ED-93-185, HV-93-94 (平5-12)

[8] IEC 60060-2 Amendment 1 (Annex H; 1996): Procedure for estimating of uncertainty in high-voltage measurement

[9] 河野照哉: 私信(1998)

石井 勝 (正員) 1949年3月11日生。1976年3月東京大学大学院工学系研究科博士課程終了。同年4月同大助教授、生産技術研究所勤務、1992年7月同教授、現在に至る。工学博士。主として、系統絶縁、自然雷、高電圧現象の測定に関する研究に従事。1988年度日本大気電気学会学術研究賞受賞。1989, 90年度電気学会東京支部評議員。電気設備学会、日本大気電気学会、日本気象学会、AGU, CIGRE 会員、IEEE Senior Member。

村瀬 洋 (正員) 1952年7月9日生。1980年3月東京工業大学博士課程電気工学専攻修了。工学博士。同年4月(株)東芝入社。主に高電圧絶縁技術および高電圧測定技術開発に従事。1984年5月より1985年10月までミュンヘン工科大学客員研究員。日本物理学会、IEEE Member。

西村 誠介 (正員) 1941年10月3日生。1967年3月横浜国立大学修士課程修了。現在、横浜国立大学電子情報工学科教授。工学博士。主に高電圧技術に関する研究に従事。