

Measurement and Analysis of Harmonics in 6.6kV Distribution System

Tadamitsu KANEKO*, Junya ODOU**, Masahisa OTSUBO**,
Chikahisa HONDA** and Yoshiaki OGURO**

**Faculty of Humanities, Miyazaki Municipal University, 1-1-2, Funatsuka, Miyazaki,
880 JAPAN*

***Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Miyazaki University, 1-1,
Gakuenkibanadai-Nishi, Miyazaki, 889-21 JAPAN*

*****Miyazaki Branch, Kyushu Electric Power Co., Inc., 4-2-23, Tachibanadouri-Nishi,
Miyazaki, 880 JAPAN*

Abstract

The increasing use of solid-state power-conversion equipment and other power electric device on distribution systems is causing utilities to become much more concerned about harmonic voltage and current levels on these systems. A distribution system equipped with both power converters and power-factor-improvement capacitors is especially vulnerable to capacitor failure, communication circuit interference and so forth.

To understand the harmonic patterns on some distribution systems with four different load groups, the magnitude and phase angle information of harmonic and fundamental currents and voltages were obtained by using two conventional harmonic recorders for substation measurements from the potential transformer and current transformer secondary.

6.6kV配電系統における高調波の測定と解析

金子 正光 大堂 潤哉 大坪 昌久 本田 親久 大黒 良明

1. まえがき

近年のパワーエレクトロニクス技術の急速な進歩に伴い、半導体応用機器がOA機器、家庭用機器から産業機器、公共システム設備に至るまで幅広く利用され、省エネルギー化、機器の制御性・操作性向上及び設備のアメニティや安全性の進展に大きく寄与している。例えば、省エネルギーを意図して非常な普及をみているインバータ（エアコンなどに適用）は誘導電動機の可変速運転のために周波数変換を行っており、これにも半導体応用機器が適用されている。インバータは直流を交流に変換する装置であるが、これが交流の配電網に接続される以上は、その前段に、一般に交流を直流に変換するコンバータ（整流装置）が接続される。このコンバータにもサイリスタなどの半導体応用機器が適用されている。ところが、このコンバータは主な高調波電流の発生源であり、この高調波電流が各コンバータから集積され、配電網及び送電網を経由して電源にまでさかのぼって逆流する。このようにして集積された高調波電流は、電源から負荷端までのインピーダンスにおいて電圧降下を発生し、この電圧降下によって、例えば電源電圧の波形が純正弦波の波形であっても負荷端の電圧波形はひずんだ形となる。この電圧ひずみが負荷機器の加熱・焼損や誤動作を引き起こす原因となり、この問題は、近年特に注目され、最重要研究課題として国内外で研究が進められている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

この高調波問題の基本は、電気を利用する機器が相互に干渉して悪影響を及ぼさないようにするEMC (Electro Magnetic Compatibility : 電気磁気両立性) を考えることであり、また電力の品質は、配電網に接続されるすべての電気設備が常に完全な動作ができるように保証する必要がある。電気は公共の資源であり、空気や水と同様に過度に汚染されると公共の福祉に反することになるので、高調波問題を検討することは最重要研究課題である。

高調波電流の抑制対策は、家電等の汎用機器のように不特定多数のユーザーから発生する場合と、工場・大型設備などの大口需要家から発生する場合では基本的にその発生源においても異なるものであり、両者それぞれに適切な対応が求められている⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

本研究では、6.6kV配電系統における高調波の実態を把握するために、2台の高調波測定器を用いて負荷形態の異なる3ヶ所の配電用変電所と1ヶ所の配電塔で、1995年9月中旬から1996年10月上旬の長期間にわたり高調波電圧・電流を測定し、それらのデータの収集・解析を行った。以下、このことについて述べる。

2. 高調波測定器、測定方法とデータの解析方法

2.1 高調波測定器

図1に、測定に用いた高調波測定器（日新電機（製）、HWA-50A）の概略図と接続を示す。またこの高調波測定器本体並びにクランプCTの設置様子を示す写真を図2と図3に示す。表1に、高調波測定器の仕様を、また、表2にクランプCTの仕様を示す。今回の高調波測定器は図4に示すようにA/Dサンプリング・フーリエ解析方式を採用する。

2.2 測定方法とデータの解析方法

配電用変電所及び配電塔内での高調波測定は、既設の計器用変圧器（略PT）及び計器用変流器（略CT）を用いて、基本的に、平日、土曜日、並びに日曜日の3ヶ日間のデータを収集・解析した。測定方法

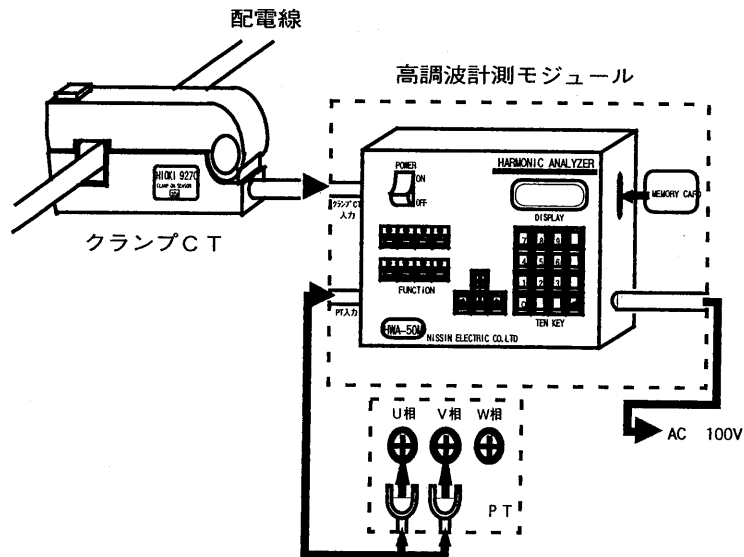


図1 高調波測定器の概略図と接続

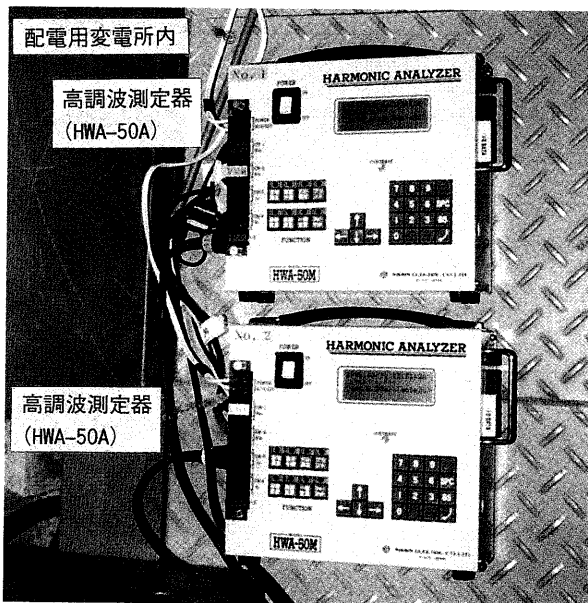


図2 高調波測定器 (HWA-50A) 設置様子の写真



図3 クランプCT (9270)設置様子の写真

として、5分間に高調波電圧・電流を72時間連続して自動測定を行った。多量のデータはメモリカード (SRAM ICメモリカード方式, JEIDA規格準拠) に一度保存させた後、研究室にてコンピュータにそれらのデータを転送して、解析を行った。例えば、2048kByteのメモリカードを使用すれば、最大約1974回の測定を行うことができ、連続して約164時間 (約一週間) の自動測定ができる。なお、データの処理には、HWA-50A用に開発されたソフトウェアを用いた。このソフトウェアは、次の解析を行うことができる。

- a. 各次高調波の含有率・位相
- b. 各次高調波のスペクトル表現
- e. 統計処理 (25次までの奇数次を対象)
- c. 総合含有率 (40次までの全高調波を対象)
- d. 各次高調波の位相差
- f. 高調波電力の含有率・スペクトル・力率

表1 高調波測定器の仕様

形名	HWA-50 (高調波測定 モジュール)
製造会社	日新電機 (株)
入力信号	電圧 2ch (40~480V) 電流 2ch (0~10V) 256点/サイクル同時サンプリング
測定基本周波数範囲	45~65Hz
解析次数	1~40次, 総合
精度	・分解能 12bit ・サンプリング幅 4サイクル
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・測定データはICメモリーカードに保存され、汎用パソコンで解析する。 ・長時間の自動測定 データ収集が可能である。 (5分間隔で約一週間の連続測定が可能) ・PLL (Phase Lock Loop) 方法により入力と同期したデータ収集を行うため、測定周波数範囲が広く、周波数変動による誤差がほとんどなく、高精度である。 ・小型 (240W×205D×85H), 計量 (約2.5Kg) である。

表2 クランプCTの仕様

形名	クランプCT (9270)
製造会社	日置電機 (株)
定格電流	20A
出力電圧	AC 2V/20A (出力抵抗 約50Ω)
入力抵抗	0.2mΩ以下
最大許容入力	100A
周波数特性	10Hz~30kHzにて ±1.0%以内 5Hz~50kHzにて ±2.5%以内
位相特性	10kHz~20kHzにて ±0.5° 以内 5kHz~50kHzにて ±1.0° 以内
測定範囲について	クランプセンサ ← 9270 → ← 9271 → 測定電流 20mA 20A 200A

g. 高調波の時系列・統計解析

h. コンデンサ過負荷率・リアクトル過負荷率等価妨害電流計算

i. 波形表示 (逆フーリエ変換による)

ここで、各次数の高調波電圧・電流含有率は、次のように定義する。すなわち、ひずみ波の n 次の高調波電圧成分 V_n (高調波電流成分 I_n) については、高調波成分の実効値の、そのひずみ波の基本実効値 V_1 (I_1) に対する比とし、(1)式のように百分率で表示する。

$$\text{高調波電圧含有率} = \frac{V_n}{V_1} \times 100 (\%), \quad \text{高調波電流含有率} = \frac{I_n}{I_1} \times 100 (\%) \quad (1)$$

また、総合電圧・電流含有率を、(2)式のように表す。

$$\text{総合電圧含有率} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} V_n^2}}{V_1} \times 100 (\%), \quad \text{総合電流含有率} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} I_n^2}}{I_1} \times 100 (\%) \quad (2)$$

本研究では、特に次の内容について解析を行った。

- 基本波, 各次高調波の実効値
- 総合含有率
- 各次高調波の含有率, 位相

2.3 測定地域（回線）及び測定期間

1995年9月下旬から1996年10月上旬にわたり、九州電力（株）の6.6kV配電線路で、高調波測定を行った。表3に高調波の測定地域を、また表4に高調波の測定期間を示す。

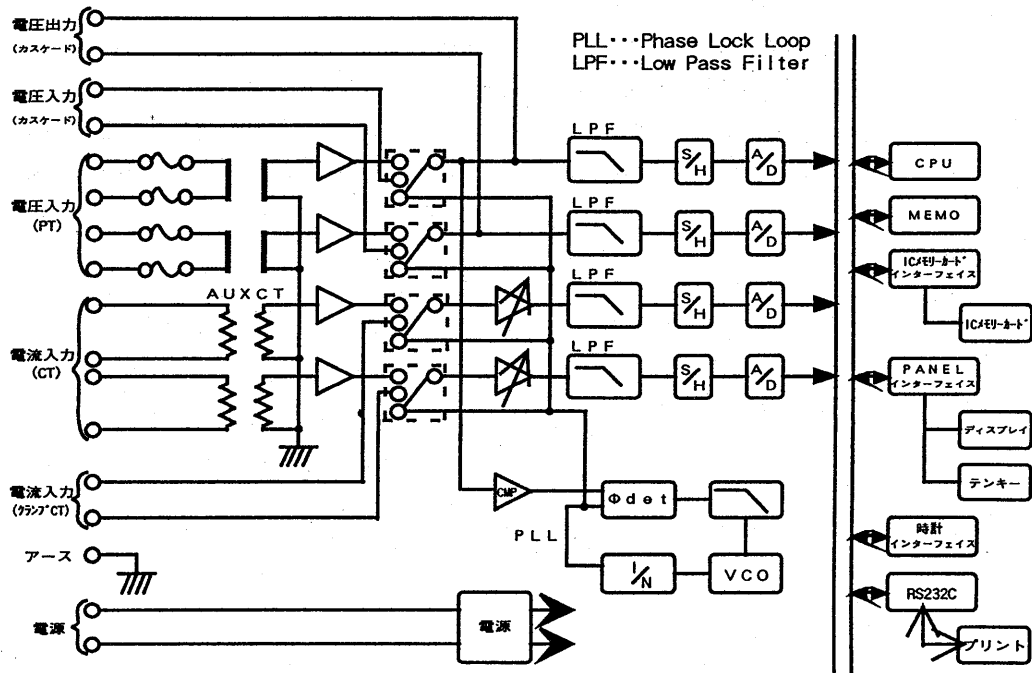


図4 高調波測定器の内部構成図

表3 高調波の測定地域

地域別	住宅地域	商業地域	軽工業地域	郡部地域
測定対象	大塚SS	清水SS	青島SS	折生迫DS
回線	小松線	橘線	東洋線	白浜線

SS：配電用変電所
DS：配電塔

表4 高調波の測定期間

地域	期間
住宅地域	1995年9月23日（土） ～10月1日（日）
	1996年6月28日（金） ～7月2日（火）
商業地域	1995年10月3日（火） ～10月10日（火）
	1996年7月5日（金） ～7月9日（火）
軽工業地域	1995年10月12日（木） ～10月19日（木）
	1996年4月12日（金） ～4月15日（月）
	1996年7月12日（金） ～7月16日（火）
郡部地域	1995年10月31日（火） ～11月14日（火）
	1996年10月4日（金） ～10月8日（金）

3. 各配電用変電所と配電塔における高調波の測定と解析結果

3.1 各測定対象地域における日間変動の結果例

表3に示すように、九州電力（株）の所轄である宮崎市内の3ヶ所の配電用変電所と1ヶ所の配電塔における3相分の電圧・電流を測定した。ここでは、各相分ともほぼ同様な特性を示すので、代表例として

uv相間の高調波電圧とu相の高調波電流の結果を中心に述べる。ここでは、使用する電気設備が異なると思われる平日、土曜日そして日曜日の3日間の測定結果を解析した例を示す。

3.1.1 住宅地域

図5は、住宅地域の結果を示す。測定日は、1996年6月29日(土)、6月30日(日)、7月1日(月)の結果である。図中には、横軸として測定時刻を、縦軸の左側には、高調波電圧含有率(%), 高調波電流含有率(%)そして高調波電流(A)を、また縦軸の右側には、基本波電圧そして基本波電流をそれぞれ示す。なお、図中には、高調波成分として、第3次調波、第5次調波、第7次調波そして総合電圧・電流含有率を示す。この図から、次のような結果が得られた。

(a) 高調波電圧含有率

総合電圧含有率は、土曜日と日曜日の最大値は約2.0%であるが、平日になると少し上昇して、約2.5%となる。このように曜日によって、若干、総合電圧含有率の上昇が見られるが、3日間の間、3.0%の総合電圧含有率を越えることはない。この時、主な高調波成分は、後述するが第5次調波である。第5次調波がピークを示す時刻は、7時頃と23時頃である。第3次調波と第7次調波は、3日間を通して、1.0%未満と低い値である。

(b) 高調波電流含有率と高調波電流

基本波電流は、3日間の中で土曜日が最も大きい値を示す。高調波電流含有率の主成分は、第5次調波であり、この結果は、高調波電圧含有率と同じである。総合電流含有率と第5次調波電流含有率は、7時頃に最大値を示す傾向がある。

3.1.2 商業地域

表3に示したように、宮崎市内の商業地域の高調波測定の結果を例として、uv相間の高調波電圧とu相の高調波電流の結果を、図6に示す。測定データは、平日、土曜日そして日曜日を含む1996年7月6日(土)、7月7日(日)、7月8日(月)の3日間である。この図から、次のような結果がわかった。

(a) 高調波電圧含有率

総合電圧含有率の最大値は、3日間を通して、約2.0%であり、その時の主な高調波成分は、第5次調波である。第5次調波の最大値が現れる時刻は、7時頃と24時頃である。また、第3次調波と第7次調波の高調波は、曜日に関係なく平均して一定で、約1.0%程度である。

(b) 高調波電流含有率と高調波電流

総合電流含有率は、曜日に関係なく、夜中に最大値を示す傾向があり、その値は約2.6%である。高調波電流は、夜中は減少するが昼間になると上昇する傾向にある。

3.1.3 軽工業地域

表3に示したように、宮崎市内の軽工業地域の高調波測定の結果を例として、uv相間の高調波電圧とu相の高調波電流の結果を、図7に示す。測定データは、平日、土曜日そして日曜日を含む1996年7月13日(土)、7月14日(日)、7月15日(月)の3日間である。この図から、次のような結果がわかった。

(a) 高調波電圧含有率

総合電圧含有率は、3日間を通して約1.0%以下であり、その時の主な高調波電圧含有率の成分は、第2次調波と第5次調波である。第2次調波成分の出現は、軽工業地域のみである。

(b) 高調波電流含有率と高調波電流

高調波電流含有率の主成分は、第2次調波であり、その最大値は、約30%であり、月曜日の5時頃に現れる。3日間を通して、第2次調波は、20~30%の範囲内にあり、他の測定対象とは大きく異なる特徴を示す。その他の高調波電流含有率は、低い値を示す。高調波電流は、主に3日間を通して30~40Aの第2次高調波電流が発生する。

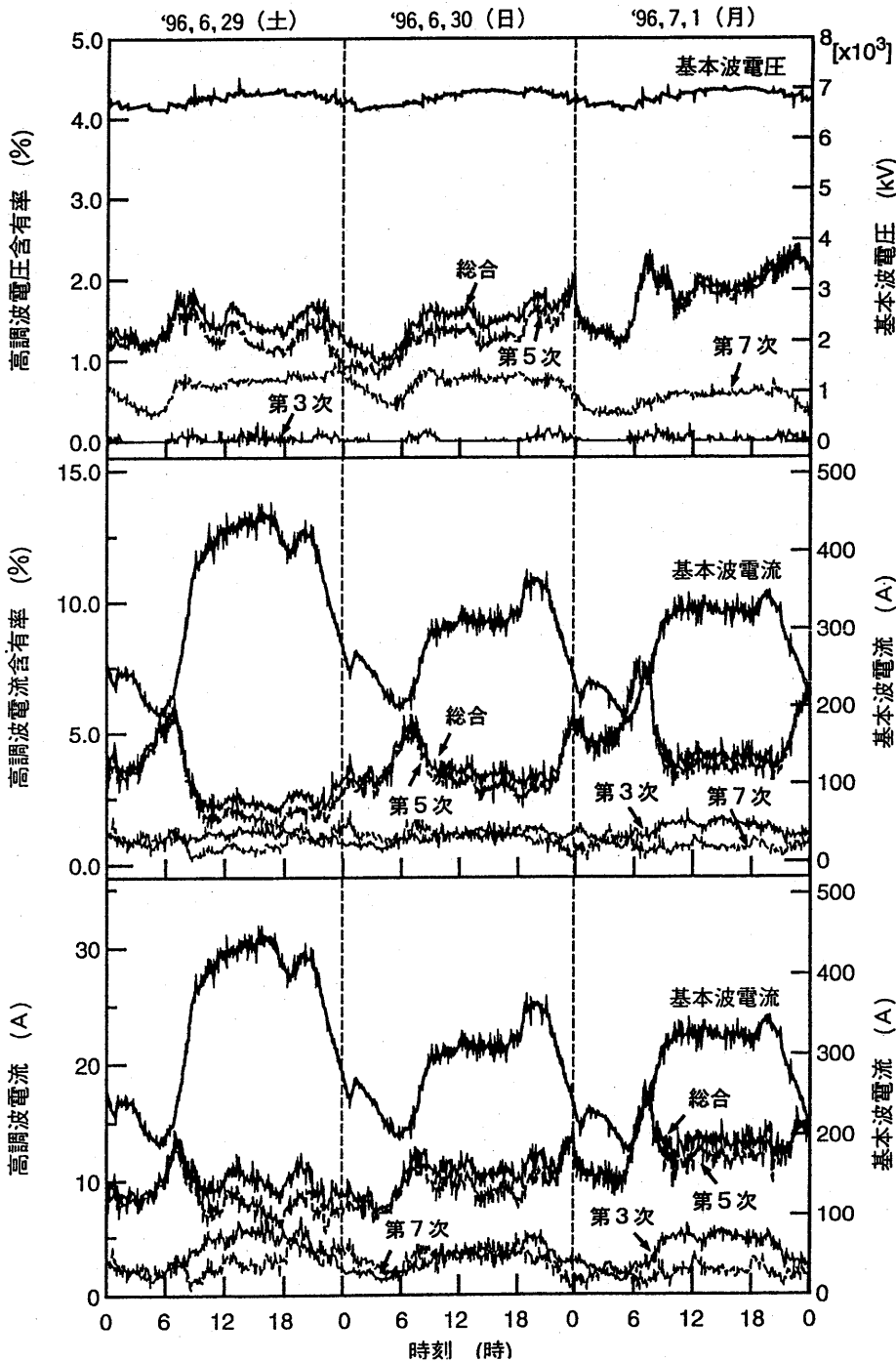


図5 住宅地域における3日間(土・日・月)の高調波電圧含有率・高調波電流含有率・高調波電流の日間変動特性の例(測定日: '96,6,29(土); '96,6,30(日); '96,7,1(月))

3.1.4 郡部地域

表3に示したように、宮崎市内の軽工業地域の高調波測定の結果を例として、uv相間の高調波電圧とu相の高調波電流の結果を、図8に示す。測定データは、平日、土曜日そして日曜日を含む1996年10月5日(土)、10月6日(日)、10月7日(月)の3日間である。この図から、次のような結果がわかった。

(a) 高調波電圧含有率

総合電圧含有率は、3日間を通して、最大3.0%を示し、7時頃に総合電圧含有率が上昇する傾向が見ら

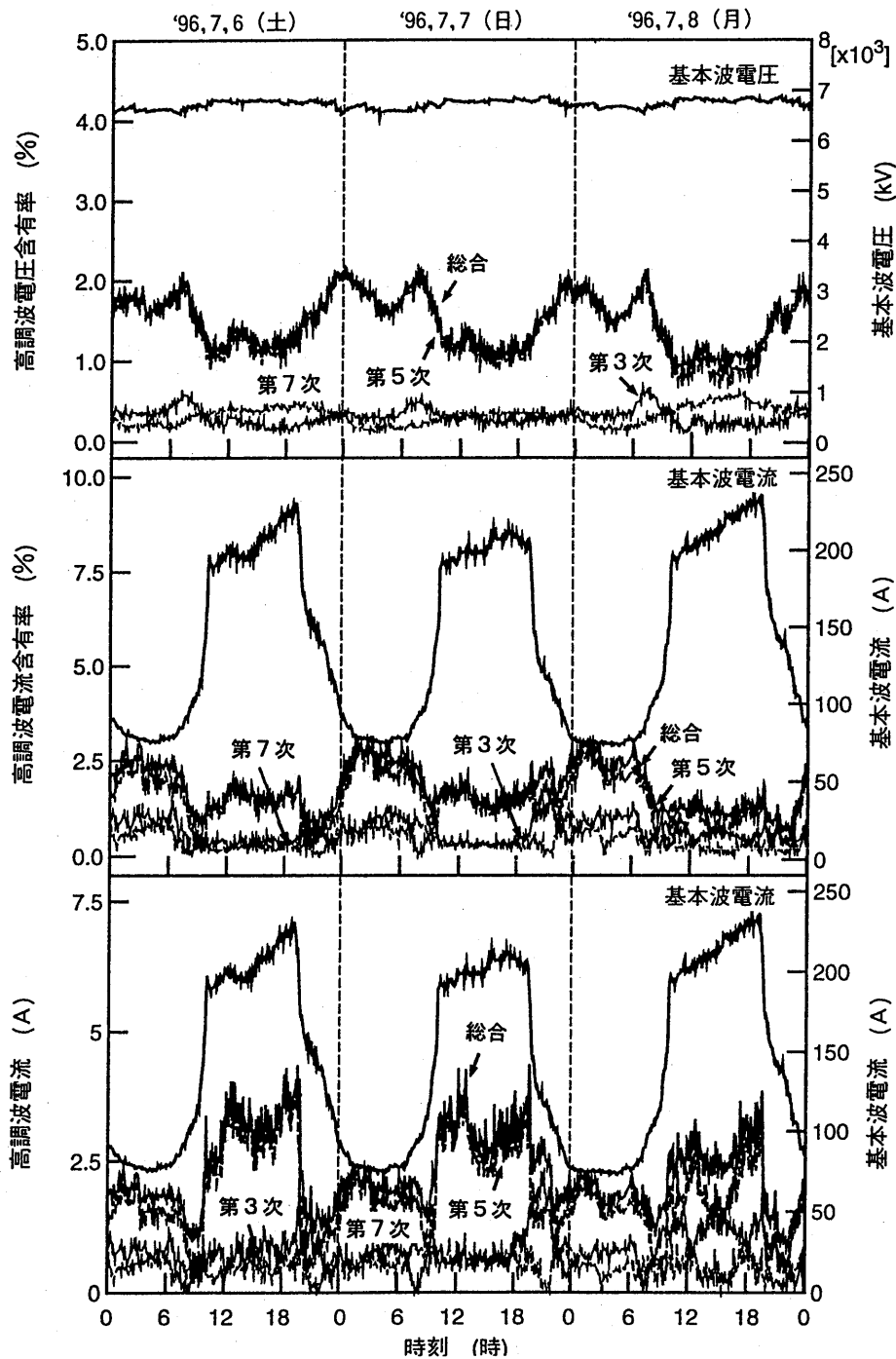


図6 商業地域における3日間(土・日・月)の高調波電圧含有率・高調波電流含有率・高調波電流の
 日間変動特性の例(測定日:'96,7,6(土);'96,7,7(日);'96,7,8(月))

れるが、上昇そして下降の変化の変動を示した後、18時～24時において、さらに上昇する傾向を示す。曜日に関係なく、同じような高調波電圧含有率のパターンを示す。

(b) 高調波電流含有率と高調波電流

基本波電流は、曜日に関係なく同じような変化を示し、7時頃にピーク値を示した後、20時頃に最大値を示す。このとき、3日間の基本波電流の最低値は約100Aで、また、最大値は約180Aである。

総合高調波含有率の最大値は約7%であり、第3次調波と第5次調波が主である。高調波電流の最大値

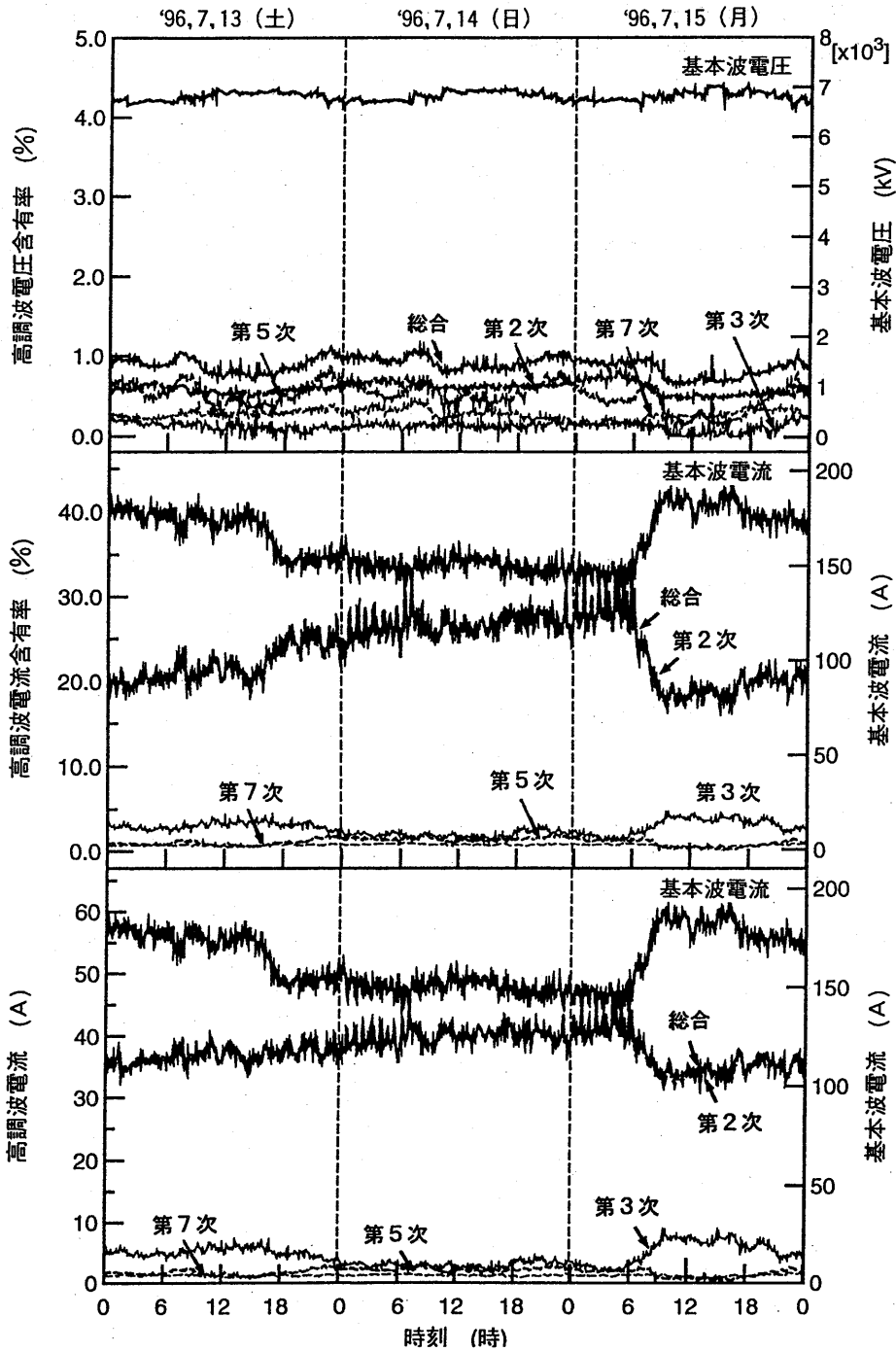


図7 軽工業地域における3日間(土・日・月)の高調波電圧含有率・高調波電流含有率・高調波電流の日間変動特性の例(測定日:'96,7,13(土);'96,7,14(日);'96,7,15(月))

は約6.5%である。

3.2 各測定対象地域における基本波電流が最大時の高調波電圧含有率特性

基本波電流が最大における高調波電圧含有率を検討する。図9は、各測定地域において基本波電流が最大値を示すときの総合高調波電圧含有率と10次までのスペクトル図である。この図から、軽工業地域の高調波電圧含有率を除いて、最大値を示す高調波次数は、第5次調波であることが確認された。また、奇数字

の次数の第3次と第7次の高調波電圧含有率も出現することもわかった。一方、軽工業地域においては、第2調波の高調波電圧含有率が最大値を示すことがわかった。このように、高調波電圧含有率は、負荷形態によって大きく変化する。

3.3 各測定対象地域における高調波電圧含有率に及ぼす曜日と時間の影響

高調波電圧含有率に及ぼす曜日と時間の影響を調べるために、平日の14時そして休日の20時における2年間のデータを整理した。図10は、各測定地域での'95～'96の間において、平日（月曜日）の14時の高調波電圧含有率の例を示す。図中の縦棒の実線と点線は、曜日は同じであるが、測定日の異なる日のデータを示す。この図から、高調波電圧含有率は、必ずしも基本波電流すなわち負荷電流が最大となるとときに最大値を示すわけではなく、かえて低い高調波電圧含有率を示す。また、2年間のデータより、測定日（季節）によって大きく変化しないことがわかる。図11は、各測定地域での'95～'96の間における休日（日曜日）の20時の高調波電圧含有率を示す。この図から、2年間を通して、高調波電圧含有率の顕著な上昇は見られないが、全体的に年ごとに高調波電圧含有率の増加傾向を確認することができる。

図10と図11を比較すると、各測定地域において、平日の14時と休日の20時での総合高調波電圧含有率の顕著な変化は見られないが、高次数の第7次調波以上の出現において少し変化が見られる。例えば、商業地域においては、平日において第8次調波が0.6%ほど出現するが、平日においては、第8次調波は出現しない。このように、各測定地域において、測定時間によって若干の高調波電圧含有率の変化があるが、全体的には、その変動は小さい。

3.4 各測定対象地域における3日間の高調波電圧含有率の総合・第5次調波と高調波電流含有率の総合・第5次調波の変動特性

図12と図13に、それぞれ高調波電圧含有率と高調波電流含有率における土・日・月の3日間の総合高調波電圧と第5次調波の各1日間の変動をまとめて示す。図中の縦棒は最大値・最小値を、また、測定日の異なる結果の平均値を●印と○印の記号で示す。高調波電圧含有率についてみると、住宅地域の高調波電圧含有率は、総合・第5次調波とも最大で約2%以下であり、軽工業地域においては、総合・第5次調波とも最大で1%以下であり、これらの値は、測定日によってあまり変動しないことが特徴である。また、郡部地域においては、'96、10月5日～7日の結果は、'95、11月4日～6日の場合より、約2倍ほど上昇している。このように、測定地域固有の負荷形態によって高調波電圧含有率が変化する。しかし、後で述べるようにこれらの高調波電圧含有率は、日本における高調波抑制値以内に入っている。

高調波電流含有率について検討すると、軽工業地域以外は、第5次調波の電流が主成分であるが、軽工業地域では、第2次調波の電流が大きく、約20～40%である。

3.5 各測定対象地域における第5次調波の高調波電流と基本波電流の関係

図14は、2年間にわたる各測定地域における第5次調波の高調波電流と基本波電流の関係を、平日そして休日についてそれぞれ整理した結果である。商業、軽工業そして郡部地域の第5次調波の高調波電流は小さいが、その値は、基本波電流の増加に伴って上昇する傾向を示す。一方、住宅地域においては、複雑な変動を示す。すなわち、平日の場合、第5次調波の高調波電流値は、基本波電流の増加にともなって上昇するが、その後は、減少する傾向を示す。また、休日においては、基本波電流の増加によって減少かあるいはほぼ一定の傾向を示す。

4. 6.6kV配電系統における高調波電圧・電流レベル

電気協同研究会⁶⁾では、電圧含有率の抑制目標値を環境目標レベルと同じとし、6.6kVの配電系統で5.0%以下にして、次数別展開は高調波流出電流の実態を考慮して次数別の最大値を表5に示す値としている。

高調波電圧含有率の測定の結果（図5、図6、図7、図8、図10、図11、図12参照）と表5に示した各次数の高調波電圧含有率レベルを比較すると、すべての配電用変電所と配電塔の高調波電圧レベルは抑制目標値

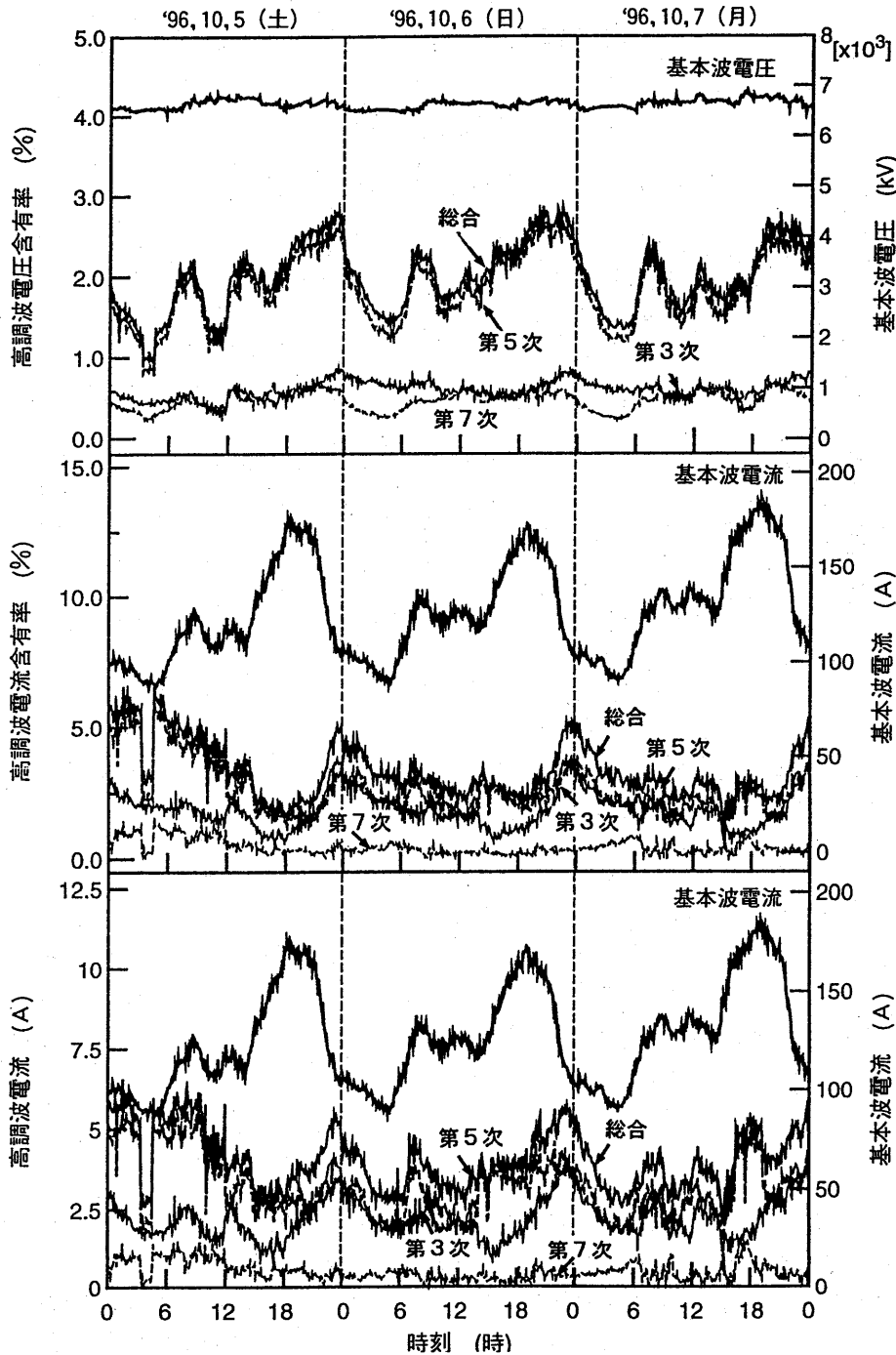


図8 郡部地域における3日間(土・日・月)の高調波電圧含有率・高調波電流含有率・高調波電流の
 日間変動特性の例(測定日:'96,10,5(土);'96,10,6(日);'96,10,7(月))

以内にあることがわかった。

一連の測定結果、軽工業地域の場合を除いて、配電系統の配電線における高調波電圧成分は第3次、第5次などの低次の高調波成分が主であり、第5次高調波成分が他の高調波成分に比べて最も大きいことがわかった。これらの結果は、文献(1)の結果と同様である。軽工業地域においては、第2次調波の高調波成分が出現することがわかった。これは、軽工業地域の回線はある工場の専用回線であり、その原因として、その工場で第2次調波の高調波成分を発生する電気設備(例えば、三相混合ブリッジ製流回路を設備)が

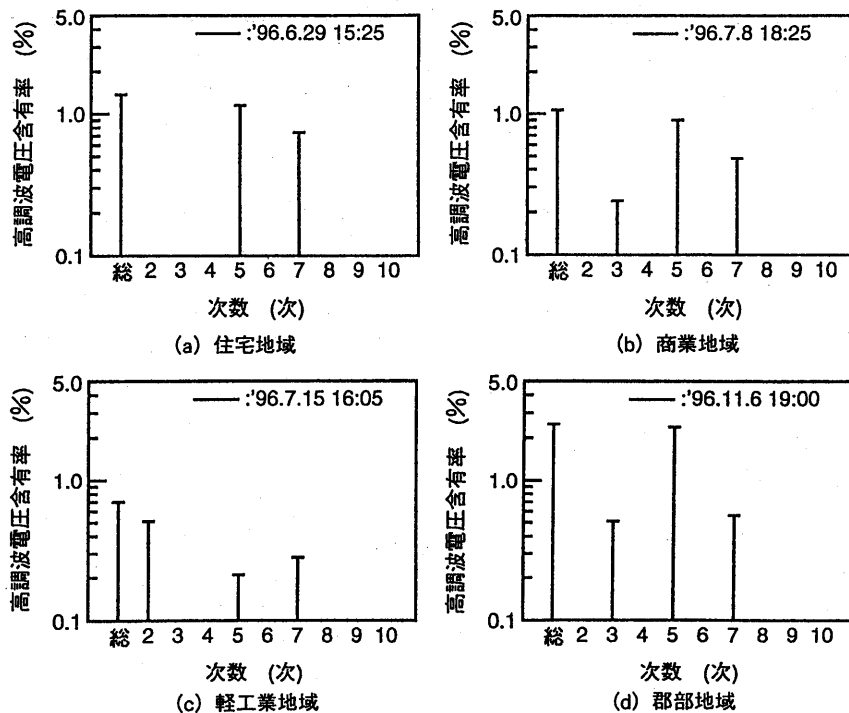


図9 住宅・商業・軽工業・郡部地域における基本波電流が最大のときの高調波電圧含有率対次数のスペクトル特性の例

使用されているものと考えられる。一般に、負荷抵抗を持つ混合ブリッジ結線において一次側交流電流波形は、理論的に偶数次数の高調波成分を含むからである¹⁰⁾。

高調波電流含有率レベルについては、高調波電圧の場合と異なり、負荷構成(測定地域差)によって大きく変化することがわかった。一連の測定結果、軽工業地域の場合を除いて、配電系統の配電線における高調波電流成分は一般的に高調波電圧成分と同様に第3次、第5次などの低次の高調波成分が主であり、第5次高調波成分が他の高調波成分に比べて最も大きいことがわかった。これらの結果は、文献(1)の結果と同様である。

5. まとめ

高調波レベルを調べるために、1995年9月中旬から1996年10月上旬にかけて、汎用の高調波測定器を2台用いて、負荷形態の異なる九州電力(株)の3ヶ所の配電用変電所(測定地域:住宅・商業・軽工業地域)と1ヶ所の配電塔(測定地域:郡部地域)のPT, CTの2次側で、長期間高調波電圧・電流を測定した。それらの結果を基にして、フーリエ解析によってスペクトル特性や時系列特性が得られた。

その結果、高調波電圧・電流含有率は、測定地域、曜日、時間等によって複雑に変化することがわかった。一連の測定結果を、日本における高調波電圧含有率の抑制目標値と比較して、今回測定した地域の配電線路の高調波レベルは、その抑制目標値以内にすべて収まっていることを確認することが出来た。しかし、年次経過で高調波レベルを検討すると、1966年代の高調波レベルは1995年代のそれより若干であるが増加の傾向にあることがわかった。

今後とも、高調波レベルのモニタリングの必要性を確認した。

謝辞

フィールド実験に協力していただいた九州電力宮崎支店配電課・運用課の関係各位に厚く感謝します。また、熱心に協力いただいた宮崎公立大学辻 利剛助手、宮崎大学工学部松根 卓樹技官、宮崎大学工学

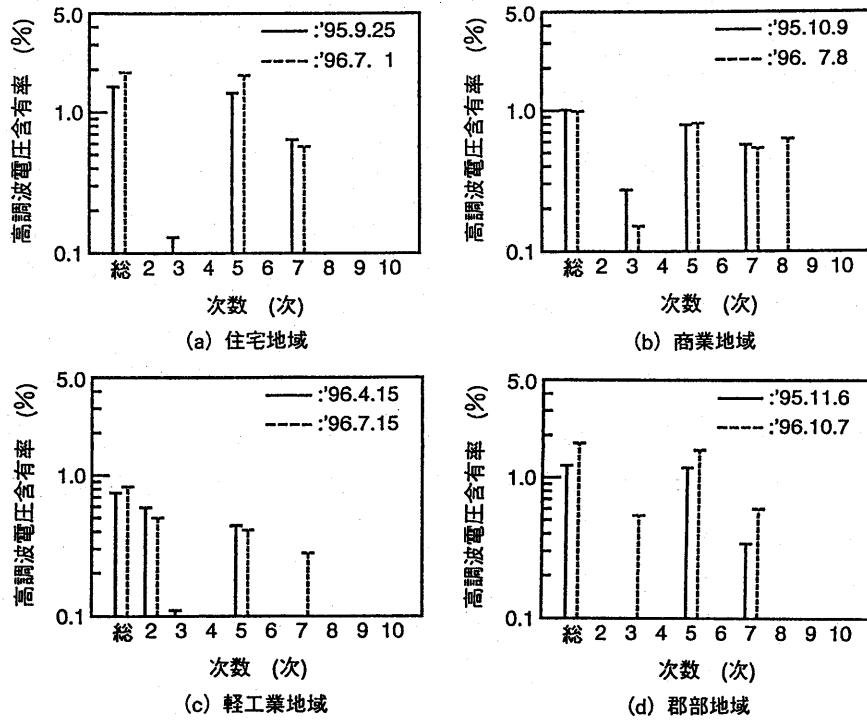


図10 2年間(1995,1996)にわたる平日の14時の住宅・商業・軽工業・郡部地域における高調波電圧含有率対次数のスペクトル特性の例

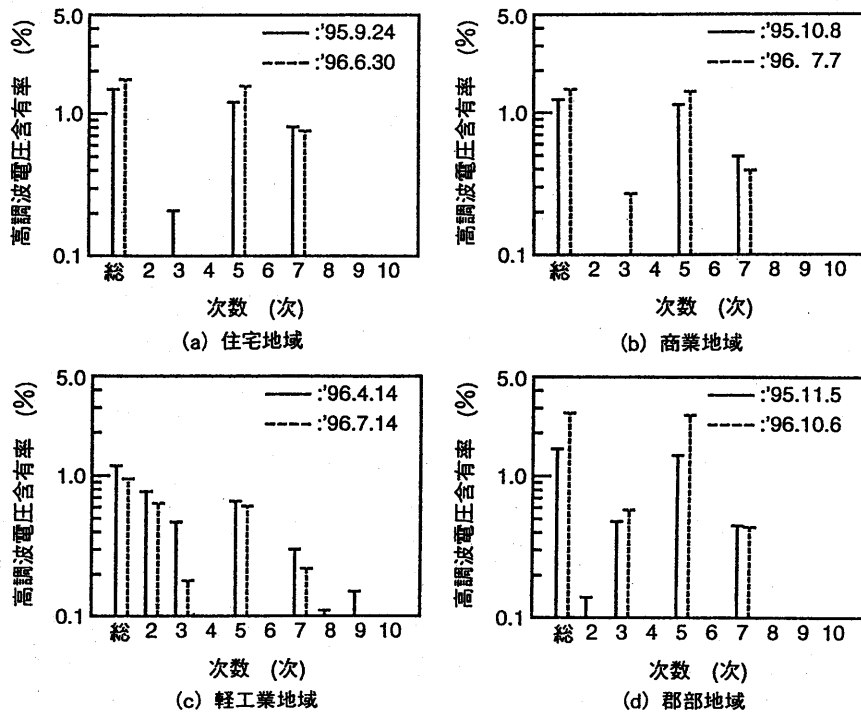


図11 2年間(1995,1996)にわたる休日の20時の住宅・商業・軽工業・郡部地域における高調波電圧含有率対次数のスペクトル特性の例

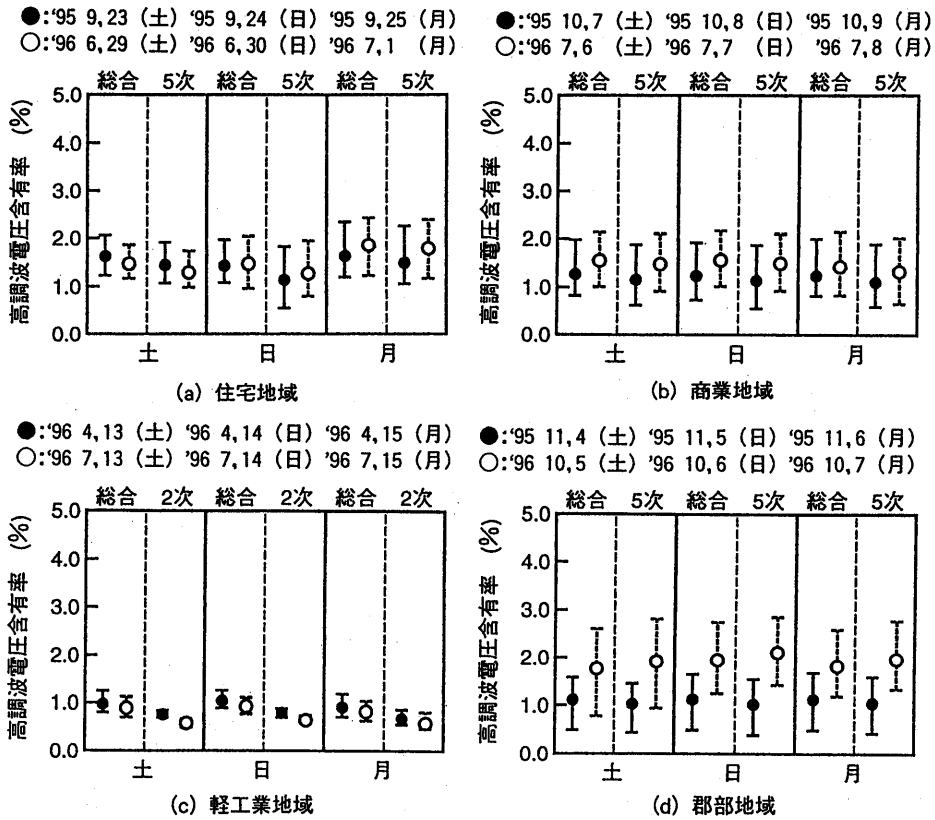


図12 2年間(1995,1996)にわたる住宅・商業・軽工業・郡部地域の3日間(土・日・月)の総合・第2次調波・第5次調波の高調波電圧含有率の日間変動特性の例

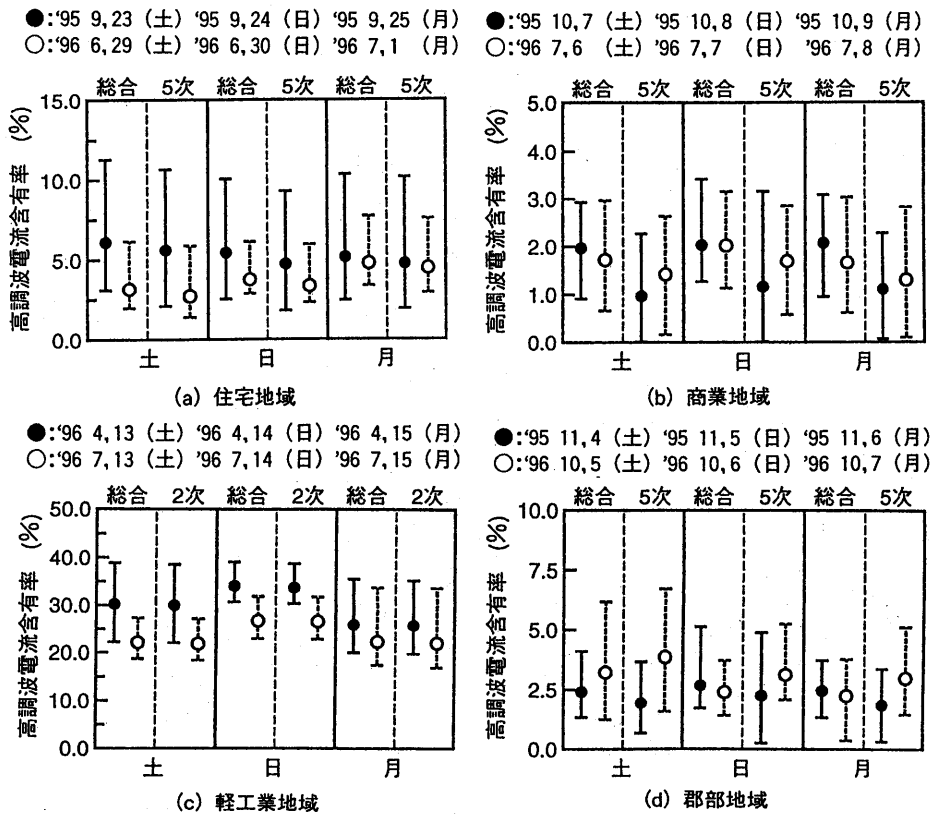


図13 2年間(1995,1996)にわたる住宅・商業・軽工業・郡部地域の3日間(土・日・月)の総合・第2次調波・第5次調波の高調波電流含有率の日間変動特性の例

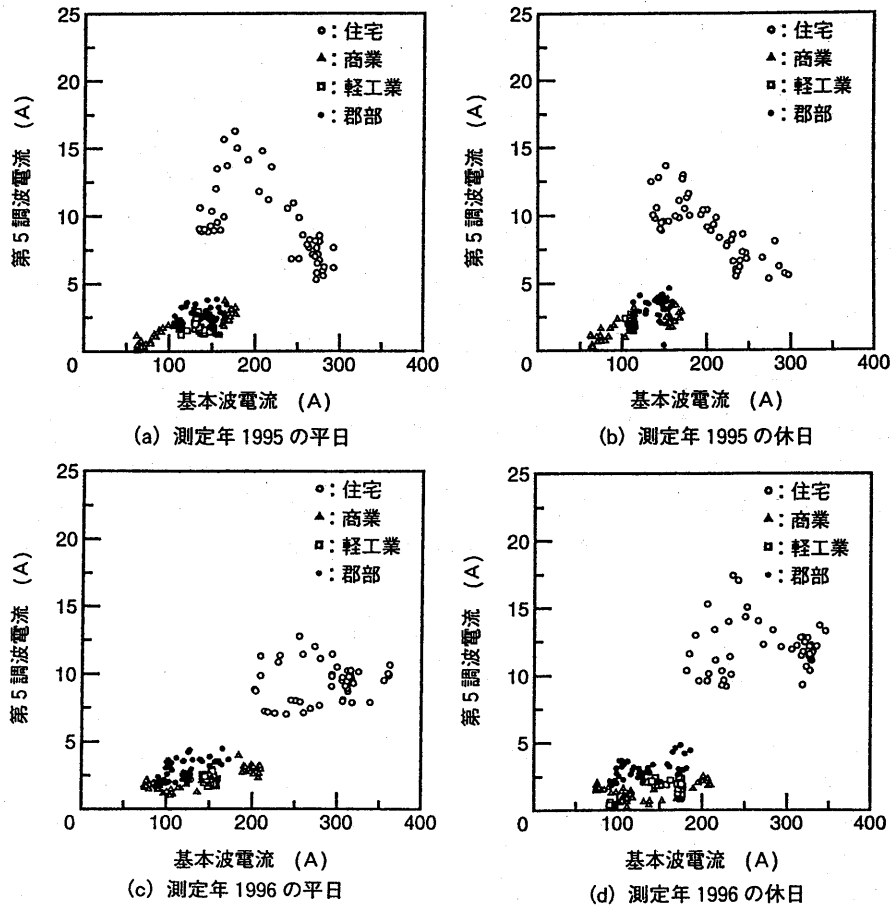


図14 2年間(1995,1996)にわたる住宅・商業・軽工業・郡部地域の平日と休日の第5次調波の高調波電流と基本波電流の関係の例

表5 高調波電圧含有率の抑制目標値⁹⁾

単位：電圧含有率 (%)

次数	3	5	7	11	13	17	19	23	25~39	総合
配電系統	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	5.0

部学生の横山 彰君に謝意を表します。最後に、本研究は、宮崎大学と九州電力(株)の共同研究費そして宮崎学術振興財団助成金の援助を得たことを記す。

文献

- (1) 電気学会編：「配電線における波形ひずみの研究」, 電気学会技術報告, (部)第64号, 1978.
- (2) 配電系統の高調波対策専門委員会編：「配電系統の高調波障害防止対策」, 電気協同研究会編, 第37巻, 第3号, 1988.
- (3) 電気協同研究会編：「電力系統における高調波とその対策」, 第46巻, 第2号, 1990.
- (4) (社)日本電気協会編：「高調波抑制対策技術指針」(1995).
- (5) 加藤 健：「高調波の障害とその対策」, 電気設備学会, 第13巻, 第1号, pp.62~69, 1993.
- (6) 吉田 和芳：「電力系統における高調波の現状と高調波障害の防止について」, 電設工業, pp92~97, 1996.
- (7) 竹谷 是幸：「高調波とは」, 電気設備学会, 第16巻, 第4号, pp.339~426, 1996.
- (8) 金子 正光, 辻 利則, 中山 仁, 大坪 昌久, 本田 親久, 大黒 良明：「配電用光電流センサシステム

の周波数特性と配電線高調波の測定」, 電気学会放電, 誘電・絶縁材料合同研究会資料, ED-96-26•DEI-96-20, 1996.

(9) 大堂 潤哉, 金子 正光, 辻 利則, 中山 仁, 大坪 昌久, 本田 親久, 大黒 良明: 「6.6kV配電系統における高調波電圧・電流の測定とその解析」, 電気学会全国大会, No.1649, 1996.

(10) 金子 正光, 辻 利則, 大堂 潤哉, 大坪 昌久, 本田 親久, 大黒 良明: 「Measurement and Analysis of Distribution System Harmonics and Characteristics of an Optical Current Sensor System for Distribution Line」, 1996 Korea-Japan Joint Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering, No.3-43, pp.267~271, 1996.

(11) 大堂 潤哉, 大坪 昌久, 本田 親久, 金子 正光, 大黒 良明: 「6.6kV配電系統における高調波電圧・電流の測定とその解析(2)」, 平成8年度電気関係学会九州支部連合大会論文集, 454, p.198, 1996.

(12) 金子 正光, 辻 利則, 大堂 潤哉, 大坪 昌久, 本田 親久, 棚原 守, 上田 宣行, 大黒 良明: 「Measurement and Analysis of Harmonics in 6.6kV Distribution System and Development of Harmonics Measuring Instruments in Power Distribution Lines」, Proc. of 9th Asian Conference on Electrical Discharge at Thailand, No.705, pp.705-1~705-4, 1996.

所属・氏名

金子 正光

(宮崎公立大学)

大堂 潤哉 大坪 昌久 本田 親久

(宮崎大学)

大黒 良明

(九州電力(株))