

220 kV OF ケーブル線路の諸特性

Characteristics of 220 kV OF Cable Line

末 吉 昭 典* 山 手 信 一 郎*
Akinori Sueyoshi Shin'ichirô Yamate

加 藤 勇 次 郎** 沼 尻 文 哉***
Yûjiro Katô Fumiya Numajiri

要 旨

220 kV 西九州幹線, 唐津火力連絡線用 $1 \times 500 \text{ mm}^2$ OF ケーブルの布設接続工事完了後に負荷試験, 線路インピーダンス測定およびサージ試験などの各種試験を行なった。その結果, スネーク布設方式ではケーブル熱伸縮による鉛被ひずみ変化はほとんど疲労を与えない程度であることがわかった。また, 商用周波交流電圧に対する等価大地帰路半径はかなり小さいことが明らかになった。さらに, 架空線より雷サージが侵入してきたとき, クロスボンド点には侵入電圧の 19% が発生し, 場合によっては防食層の耐圧以上の電圧が発生しうることがわかった。したがって防食層保護ギャップは必要である。

1. 緒 言

最近, わが国において 200 kV 以上の送電系統が急激に増大しつつあり, とくに地中線区間の増加がはなはだしい。唐津火力連絡線もその一つであり, 九州地区最初の超高圧地中線系統であるとともに, 200 kV 以上の地中送電線として初めて 2 箇所の接続部を持っている。

本線路の諸特性をは握すると同時に今後の超高圧地中線路の設計計画の資料とする目的で, ケーブル布設工事完了後総合的試験を実施した。本報告は, そのうち, (1) ケーブルの熱伸縮, (2) 線路の各種インピーダンスおよび (3) 侵入サージに対するクロスボンド点異常電圧の 3 点について記述したものである。

2. ケーブル系統の概要

九州電力株式会社 220 kV 唐津火力連絡線地中ケーブル系統は唐津火力発電所と西福岡を結ぶ西九州幹線のルートの一部であり, 唐津火力発電所から唐津開閉所までの全長 651 m の 1 回線地中送電線である。この線路の設計の詳細はすでに発表されている⁽¹⁾ので, ここでは概略を述べるにとどめる。

ケーブルは 220 kV 単心 500 mm^2 クロロプレン防食鉛被 OF ケーブルで, その特長は絶縁材料に脱イオン水洗紙および合成絶縁油を使用していることである。中間に 2 箇所の接続部を持ち, クロスボンド接地方式がとられている。

ルートが市街地, 鉄道線路を横断するためと将来の増設を考慮して全長洞道になっており, ケーブルは洞道内の鉄たな上にスネーク布設されている。図 1 はルートの概要を示したものである。

3. 負荷電流によるケーブルの熱伸縮

3.1 ケーブルのスネーク移動量と洞道内温度

運転中のケーブルに対して最も重要な問題は熱伸縮によって与えられるケーブル金属シースの変形であり, この変形によって金属シースが疲労しないように布設することである。

図 2 に示されるように, ケーブルは鉄製たな上に 3 m 間隔でアルミ製クリートで固定され, あらかじめ目標の 80 mm スネークを与えている。クリートは, ケーブルに保護カバーをかぶせたうえで, すべて一定の締付力で固定されている。スネークはケーブルが局部

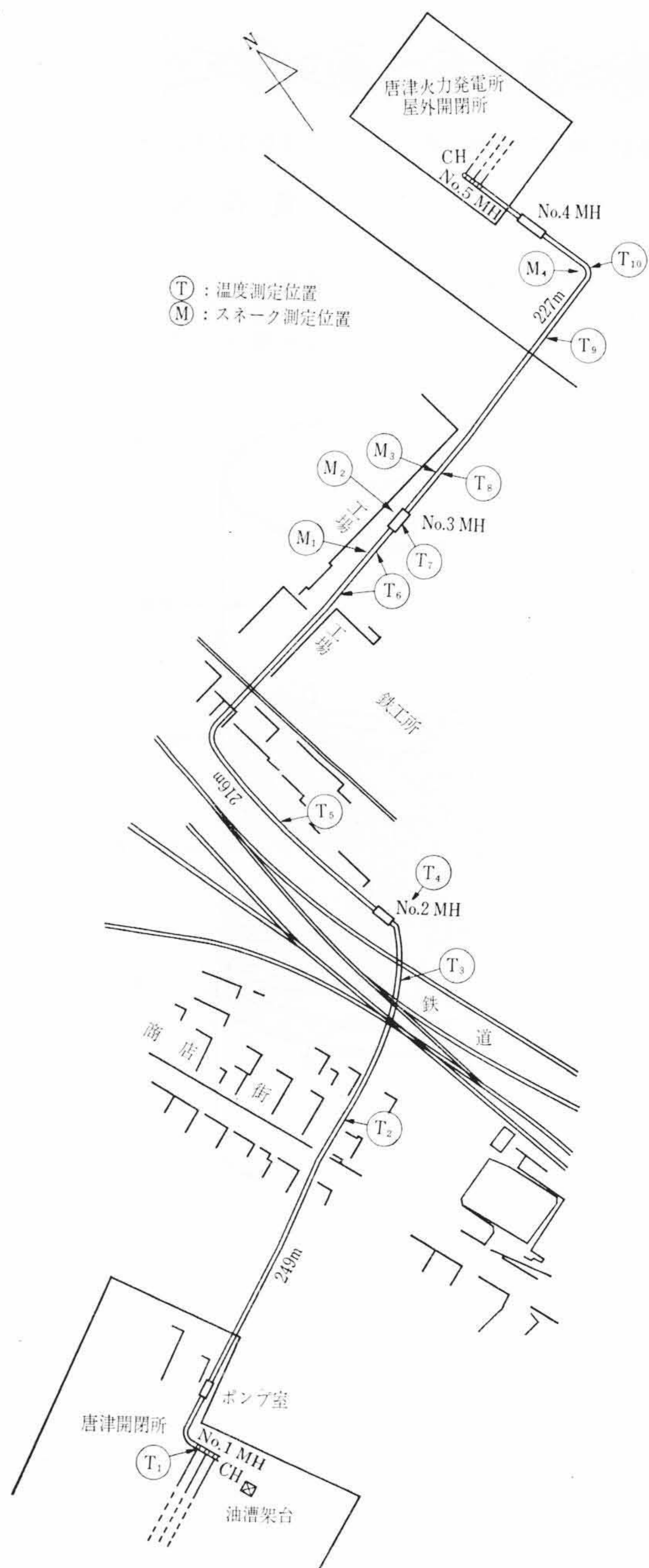


図 1 220 kV 唐津火力連絡線ルート図

* 九州電力株式会社

** 日立電線株式会社日高工場

*** 日立電線株式会社日高工場 工学博士

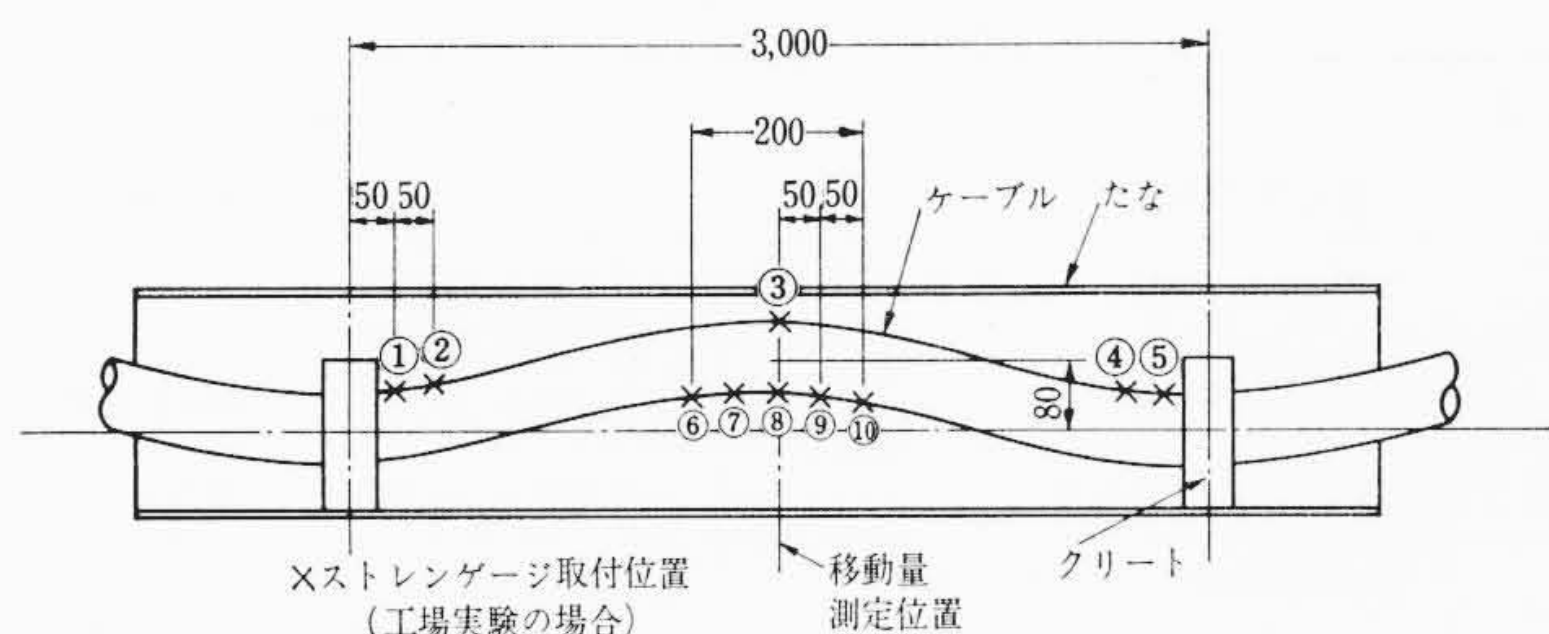


図2 ケーブルの布設状況

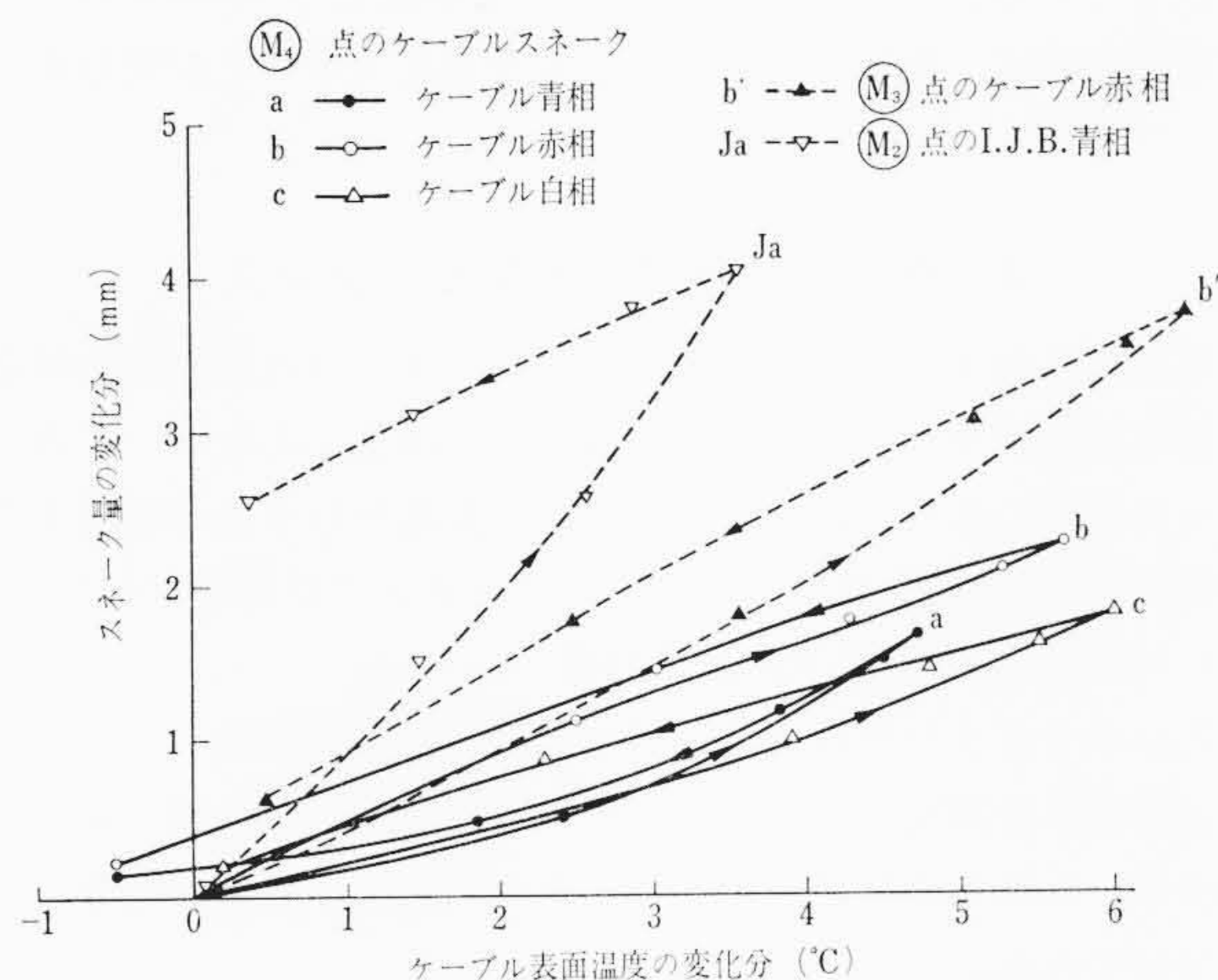


図3 ケーブルスネーク量の変化 (480A 通電)

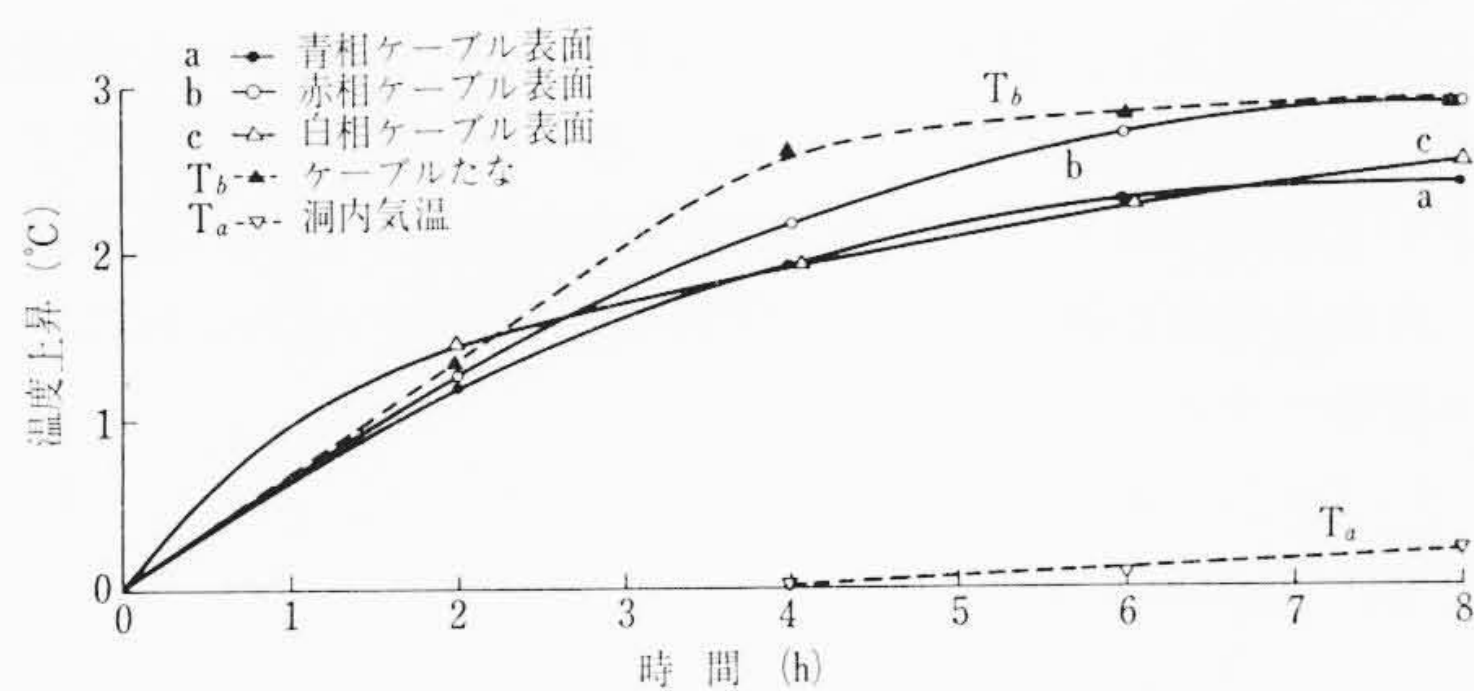


図4 ケーブルその他の温度上昇時間特性

的に曲げられないようにガイドを用いて形成され、しかも正弦波状になるように十分注意して形成された。

スネーク移動量は洞道内の4箇所を選んで鉄たなの縁に固定されたダイヤルゲージにより三相とも正確に測定された。温度は洞道内全体にわたって選定された10箇所、ケーブル表面、鉄たなおよび洞道内気温について記録された。なお、同時に最高最低温度計によって、午前8時から次の日の午前8時までの最高、最低温度も測定された。これら測定の実験配置は図1に示されている。

午前8時より8時間通電・16時間遮断のサイクルで通電がくり返えされたが、480A通電(許容電流約450A)におけるケーブルスネーク量の変化は図3に示すとおりである。スネーク量の変化はすべてケーブルの最大スネーク点(クリート間中央)の変化量であり、接続箱の移動量は銅管の半径方向の移動である。測定された最大の移動量はM₃点の白相で3.72mmであった。一方、このときのケーブル表面温度の変化の一例は図4に示すとおりである。通電8時間後には温度上昇は飽和すると考えてよい(洞道内気温に対して飽和する意味で、洞内気温は土壌への熱の伝達にしたがって長期的に徐々に上昇するであろう)。

洞道内の気温は図5に示すような分布を示している。温度の違いは場所的な問題であって、地下水の浸透度合・風の状況などが大きく作用しているものと考えられる。洞道内の一日中の温度変化は

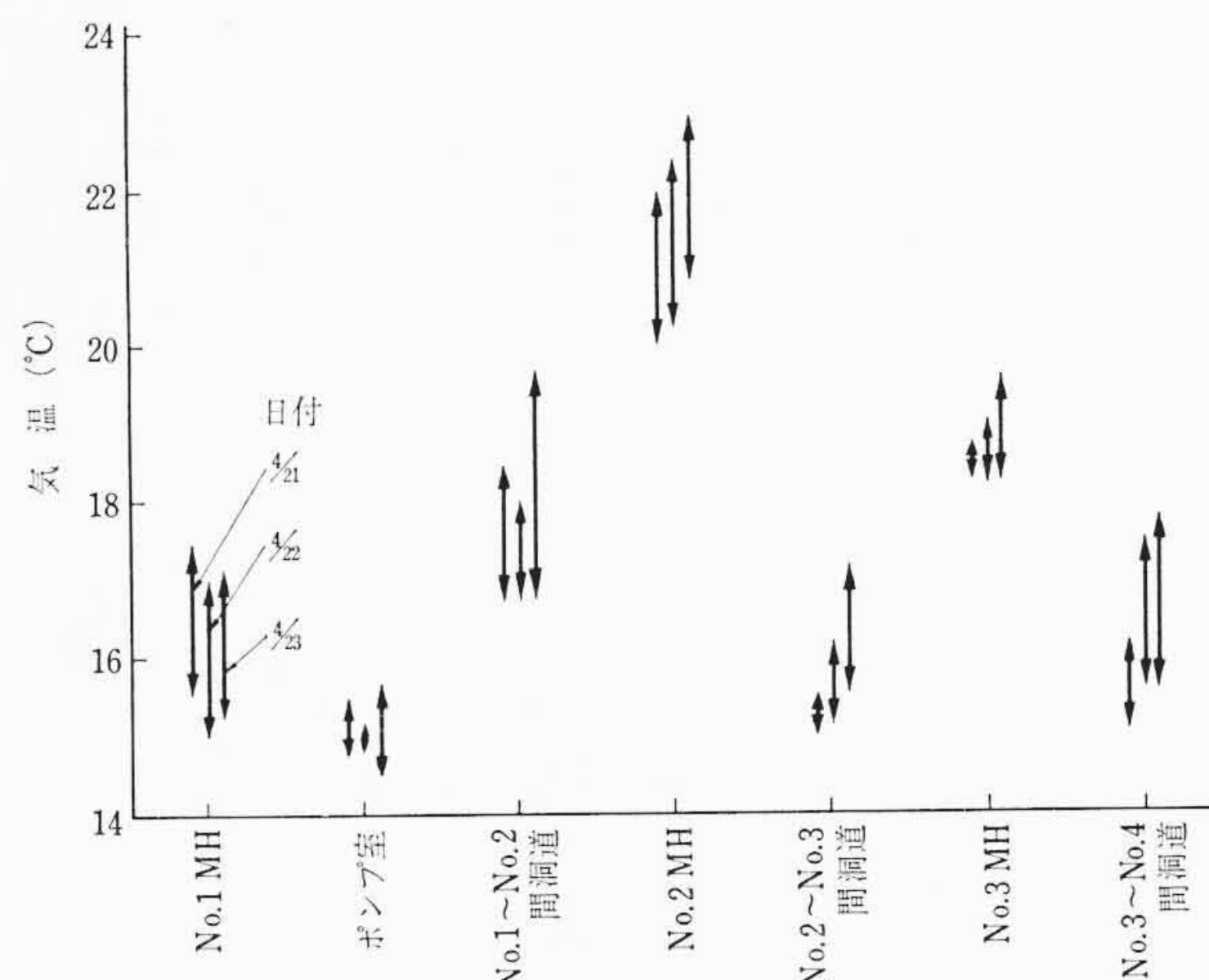


図5 洞道内気温分布

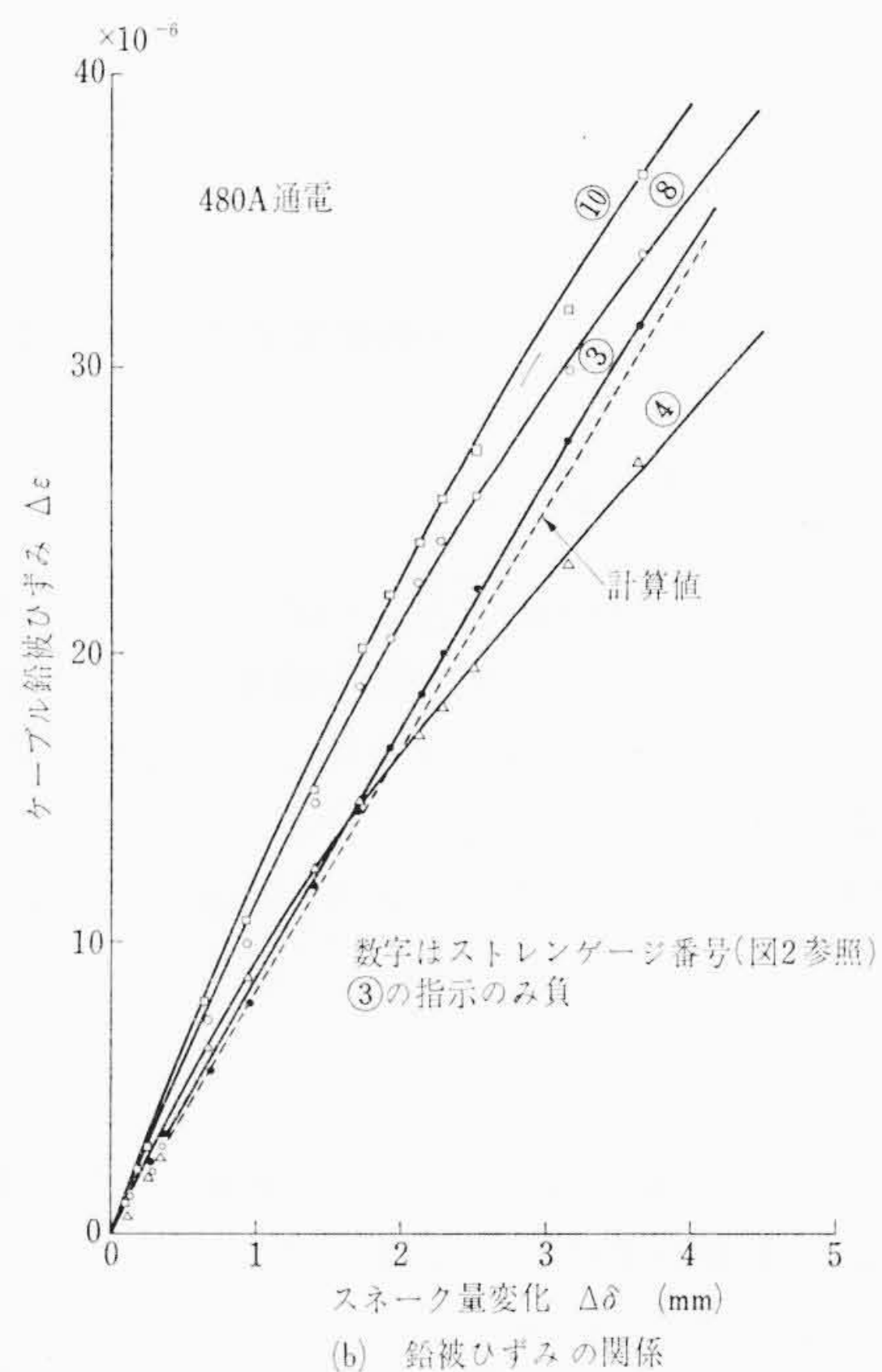
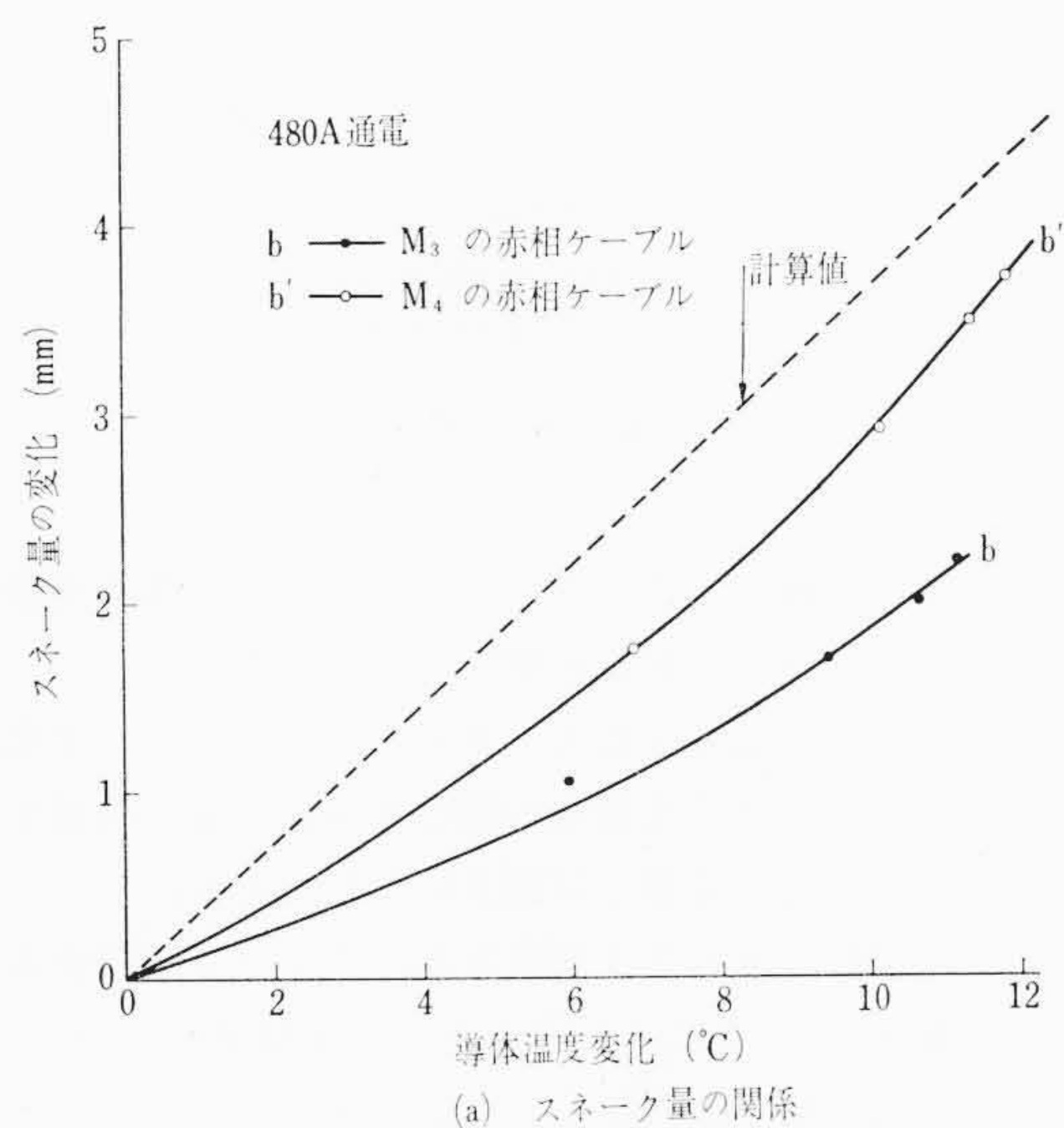


図6 スネーク量変化ならびに鉛被ひずみの関係

3°C 前後である。

3.2 ケーブルスネーク現象の解析

前節の実布設ケーブルの負荷試験では防食層をはくことができた

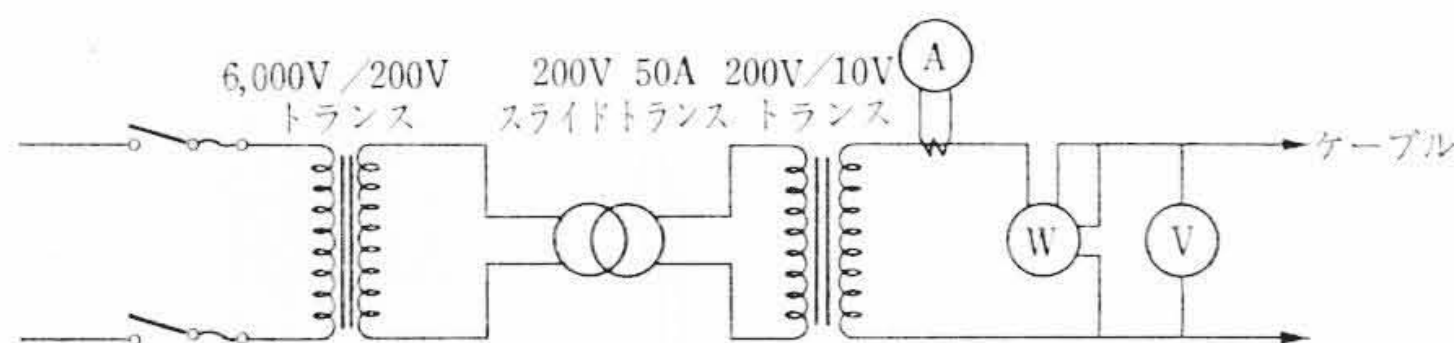
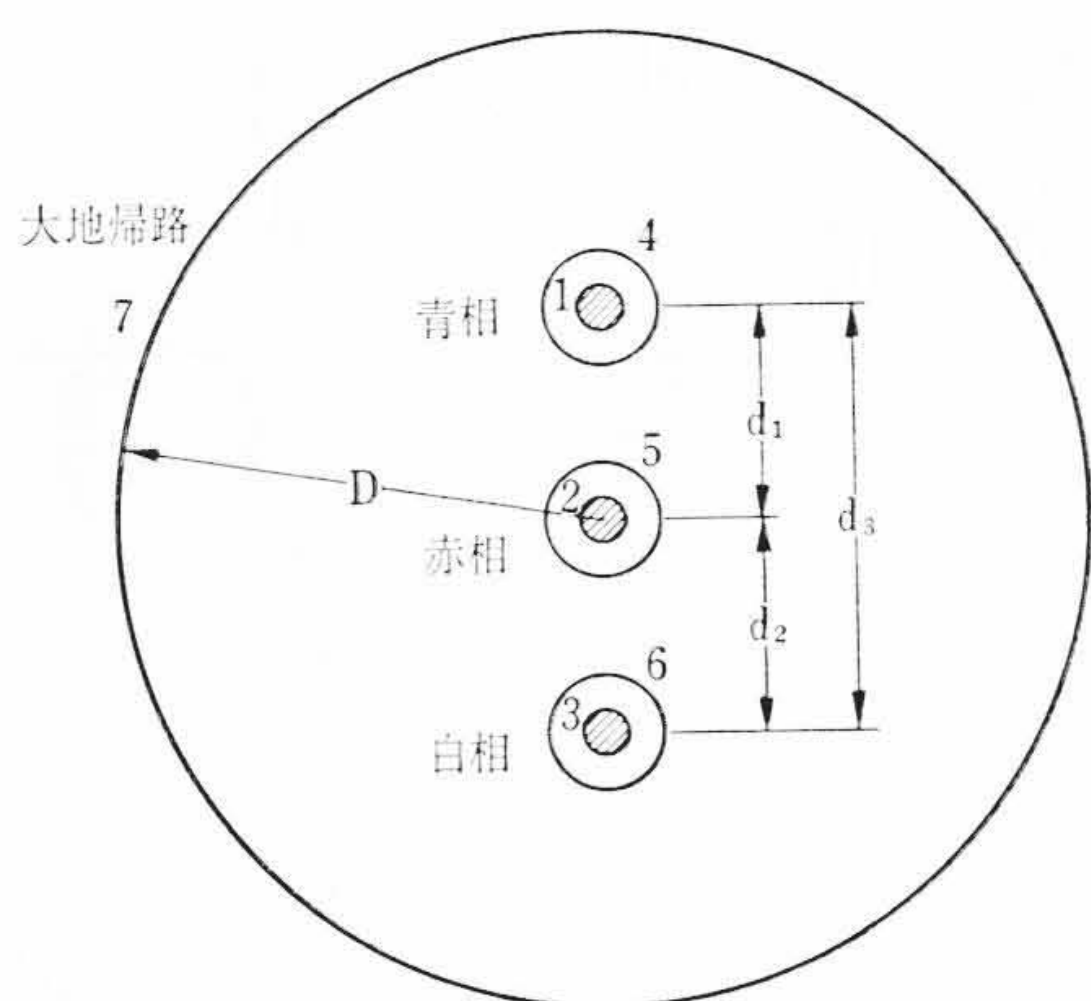


図7 インピーダンス測定回路



普通洞道部分 $d_1=d_2=0.45\text{m}, d_3=0.9\text{m}$
シールド部分 $d_1=d_2=0.25\text{m}, d_3=0.5\text{m}$

図8 等価ケーブル系統

いので鉛被ひずみを検討できなかった。そこで、同種の実験を工場内で余尺ケーブルで実施し理論的解析を行なった。

図6(a)はケーブル温度と最大スネーク点のスネーク変化量の関係、図6(b)はスネーク変化量と鉛被ひずみ変化量の関係を示すものである。ひずみ測定位置番号は図2に示してある。

〈スネーク変化量〉 ケーブル実長を l_0 、クリート間隔を L および最大スネーク量を δ_0 とすれば、ケーブルが余弦状にスネークしているときには次式が第1次近似として成立する。

$$\delta_0^2 = \frac{4L}{\pi^2} (l_0 - L)$$

同様にして、ケーブル長が l のときのスネーク量 δ は

$$\delta^2 = \frac{4L}{\pi^2} (l - L)$$

で、スネーク量変化 $\Delta\delta$ とケーブル長変化分 Δl の間には次式が成立する。

$$\Delta\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \frac{4L}{\pi^2} \Delta l} - \delta_0 \quad (1)$$

いま、 $\delta_0=80$ 、 $L=3,000(\text{mm})$ とすれば、スネーク変化量は図6(a)の点線となる。図3のb、b'曲線を導体温度との関係に直して図6(a)にプロットすると実線のようになり、現地実測のスネーク変化量は計算値より多少小さくなっている。

〈鉛被ひずみ〉 スネーク中央点でスネーク量が δ であるときの曲率半径 ρ は

$$\rho = \frac{L^2}{2\pi^2\delta}$$

であるから、スネーク量が $\Delta\delta$ だけ変化(増加)したときの鉛被ひずみの変化 $\Delta\varepsilon$ は鉛被外半径を R とすれば

$$\Delta\varepsilon = \frac{R}{\rho} - \frac{R}{\rho_0} = \frac{2\pi^2 R}{L^2} \Delta\delta \quad (2)$$

となる。 $R=38.2$ 、 $L=3,000$ とすると $\Delta\varepsilon$ は次式になり

$$\Delta\varepsilon = 0.837 \times 10^{-6} \Delta\delta \quad (3)$$

図6(b)の点線で表わされる。工場内実験で図2のストレングージ取付位置における鉛被ひずみ変化は図6(b)実線のものであり、ほ

表1 線路インピーダンス測定結果

試 番	項 目	実 測 値 ($\Omega/651\text{m}$)
1	二相往復回路インピーダンス	$0.124 + j0.418$ (30A通電)
2	三相回路インピーダンス	青 相 $0.184 + j0.178$
		赤 相 $0.164 + j0.163$
		白 相 $0.159 + j0.187$ (480A通電)
3	零相インピーダンス	$0.046 + j0.0606$ (50A通電)
4	シース開放時三相一括大地帰路インピーダンス	$0.048 + j0.102$ (50A通電)

ぼ一致している。なお、鉛被の許容ひずみ変化は $1,500 \times 10^{-6}$ で、この布設方式は、鉛被にほとんど疲労を与えないことが明らかとなった。

4. ケーブル線路のインピーダンス

商用周波に対するケーブル線路インピーダンスは実線路全体としての測定値が少なく、特に洞道布設の例はほとんどない。このルートは全長洞道であり、鉄たな布設という見地から今後の設計上の有力な資料とするため、特に詳細なインピーダンスの測定を行なった。

4.1 線路インピーダンス測定結果

図7に示すような回路でケーブル線路に電圧を印加し、電圧、電流および力率を測定してインピーダンスを計算した。測定結果を表1に示す。これらの結果から計算できるケーブル各部の定数の検討を行なってみる。

4.2 ケーブル線路の電圧電流の関係

実際の線路を図8に示すように簡易化して考える。すなわち、鉄たなの存在を無視し、図8の大地帰路7の位置(半径 D)を等価的に各ケーブルと同心状のものとする(一応、 D は $d_1 \sim d_3$ に比べて十分大きいと仮定する)。火力側の接地点を零電位とする。各導体に $i_1, i_2 \dots i_7$ なる電流が流れたときの開閉所側の電位 $e_1, e_2 \dots e_7$ はマトリクス表示で次式のようになる。

$$[e] = [Z] \cdot [i] \quad (4)$$

ただし、 $Z_{ii} = R_i + j\omega L_{ii}$

$$= R_c + j\omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\log \frac{2l}{r_c} - \frac{3}{4} \right) \dots \dots \dots \text{導体}$$

$$= R_s + j\omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\log \frac{2l}{r_s} - 1 \right) \dots \dots \dots \text{鉛被}$$

$$= R_e + j\omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\log \frac{2l}{D} - 1 \right) \dots \dots \dots \text{大地}$$

$$Z_{ij} = j\omega M_{ij}$$

$$= j\omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\log \frac{2l}{d} - 1 \right)$$

(4)式を解くことにより、任意の状態における各導体の電流配分、インピーダンスが計算される。しかし、(4)式には未知量が含まれているので、以下測定結果を使用してこれらの算定を行なってみる。

4.3 諸定数の算定

(1) 導体抵抗 R_c の算定

表1の試番1の二相往復回路インピーダンス測定結果より、一相当たりの導体抵抗は 0.062Ω ($0.095\Omega/\text{km}$)となる。ところで、工場実験でケーブルだけで実測した導体抵抗は $0.037\Omega/\text{km}$ でありかなりの差が生じている。この差は鉄製のたな、シールド鋼管あるいはコンクリート中の鉄筋などの合計による鉄損分と考えられる。すなわち、この測定結果から、鉄損分は $0.058\Omega/\text{km}$ となる。この鉄損分は電流値により異なる。たとえば、表1試番2の480A通電時の三相回路インピーダンスの結果と(4)式の計算を合致させるためには鉄損分として $0.216\Omega/\text{km}$ を仮定しなければ

ならない。すなわち、480 A 通電時の導体抵抗は両者を加えて $0.247 \Omega/\text{km}$ となる。

(2) 大地抵抗 R_e と等価大地面 D の算定

零相電流が流れる際の鉛被分流量などを計算するためには等価大地面 D の値が必要である。そこで、開閉所において鉛被接地線を取りはずし、鉛被に循環電流を流さないようにした状態で三相一括大地帰路インピーダンスを測定した。このときの見掛け上のインピーダンスは(4)式において、 $i_4=i_5=i_6=0$ 、 $i_1+i_2+i_3+i_7=0$ などの条件を代入して計算することができる。この計算値と実測値との比較から R_e と D が算定される。この系統では約 450 m が普通洞道部分、残りの 200 m がシールド部分となっており、ケーブル間隔、洞道の寸法などが異なっている。したがって、 D の値は場所により異なることが予想されるが、ここではケーブル間隔の差異は考慮に入れるが、 D の値は一定として算定した。

その結果、 $R_e=0.027 \Omega$ 、 $D=1.16 \text{ m}$ と計算された。 R_e は開閉所および火力側の接地抵抗、接地母線、鉄たなを含んだ値である。また、 D はかなり小さな値であるが、鉄たなや接地母線が近くに存在するため、等価的にはこのような小さい値になるものと考えられる。

(3) 鉛被抵抗 R_s は計算により $0.267 \Omega/\text{km}$ となる。

4.4 零相インピーダンスの検討

以上により諸定数が判明したので、これらを使い零相インピーダンスの検討をしてみた。(4)式を使って計算する場合、全相を考慮しなければならないが、ここでは簡単に一相のみを取り出して、三相を一括して1ケーブルで近似する。(4)式は次式のようにになる。

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= (R_c + j\omega L_{11})i_1 + j\omega M_{14}i_4 + j\omega M_{17}i_7 \\ e_4 &= j\omega M_{41}i_1 + (R_s + j\omega L_{44})i_4 + j\omega M_{47}i_7 \\ e_7 &= j\omega M_{71}i_1 + j\omega M_{72}i_2 + (R_e + j\omega L_{77})i_7 \\ i_1 + i_4 + i_7 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

開閉所側で e_4 と e_7 は等しいから

$$e_4 = e_7 \dots\dots\dots (6)$$

であり、これより鉛被を帰路とする電流成分は導体電流の 65% と計算される。ところで、実測値は 69% であり、ほぼ一致している。また、零相インピーダンス Z は

$$Z = \frac{e_1 - e_4}{3i_1} = 0.049 + j0.042 \Omega \dots\dots\dots (7)$$

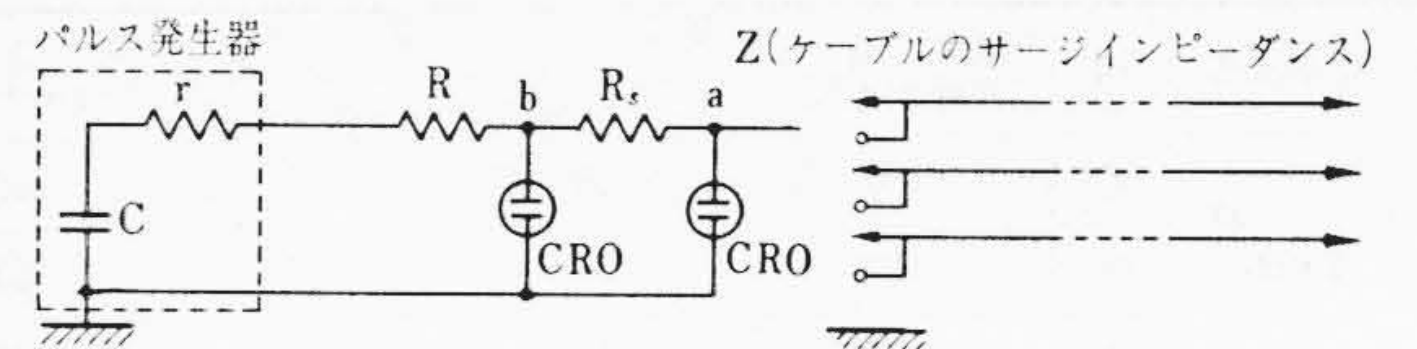
となり、実測値(表1試番3参照)と比較すると種々の近似の割には一致しているものと考えられる。

5. 侵入サージに対する検討

このケーブル線路に架空線から雷サージまたは開閉サージが侵入してきたときのケーブル心線およびシースの異常電圧のうち、ここではとくに、シースクロスボンド点に発生する異常電圧を中心に検討した。この問題に関してはすでに多くの実験的または理論的検討が行なわれているが^{(2)~(7)}、これらの理論をこの洞道内たな上布設方式によるケーブル線路に適用するには不明な要素が多い。そこで、これらを明らかにするため、サージ電圧に対するケーブルの基礎定数としてのサージインピーダンス、伝搬速度などをもあわせて検討した。

5.1 サージインピーダンス、伝搬速度および減衰特性

これらのデータ測定にはケーブルヘッドの接地線を取りはずし可能な状態にするとともに、中間の絶縁接続箱のクロスボンド線を取りはずし、各相ごとに通しとなるよう接続替えを行なった。測定は唐津開閉所側ケーブル端にくり返しサージ発生器をおき、図9に示すような電圧降下法で行なわれた。ケーブルの心線またはシースに



$R_s = Z$, $R = 1 \text{ k}\Omega \gg Z$, R_s = 標準抵抗
CRO : 陰極線オシログラフ
 $Z = \frac{R_s V_a}{V_b - V_a}$ (V_a, V_b はそれぞれ a 点, b 点と大地間の電圧)

図9 サージインピーダンス測定回路

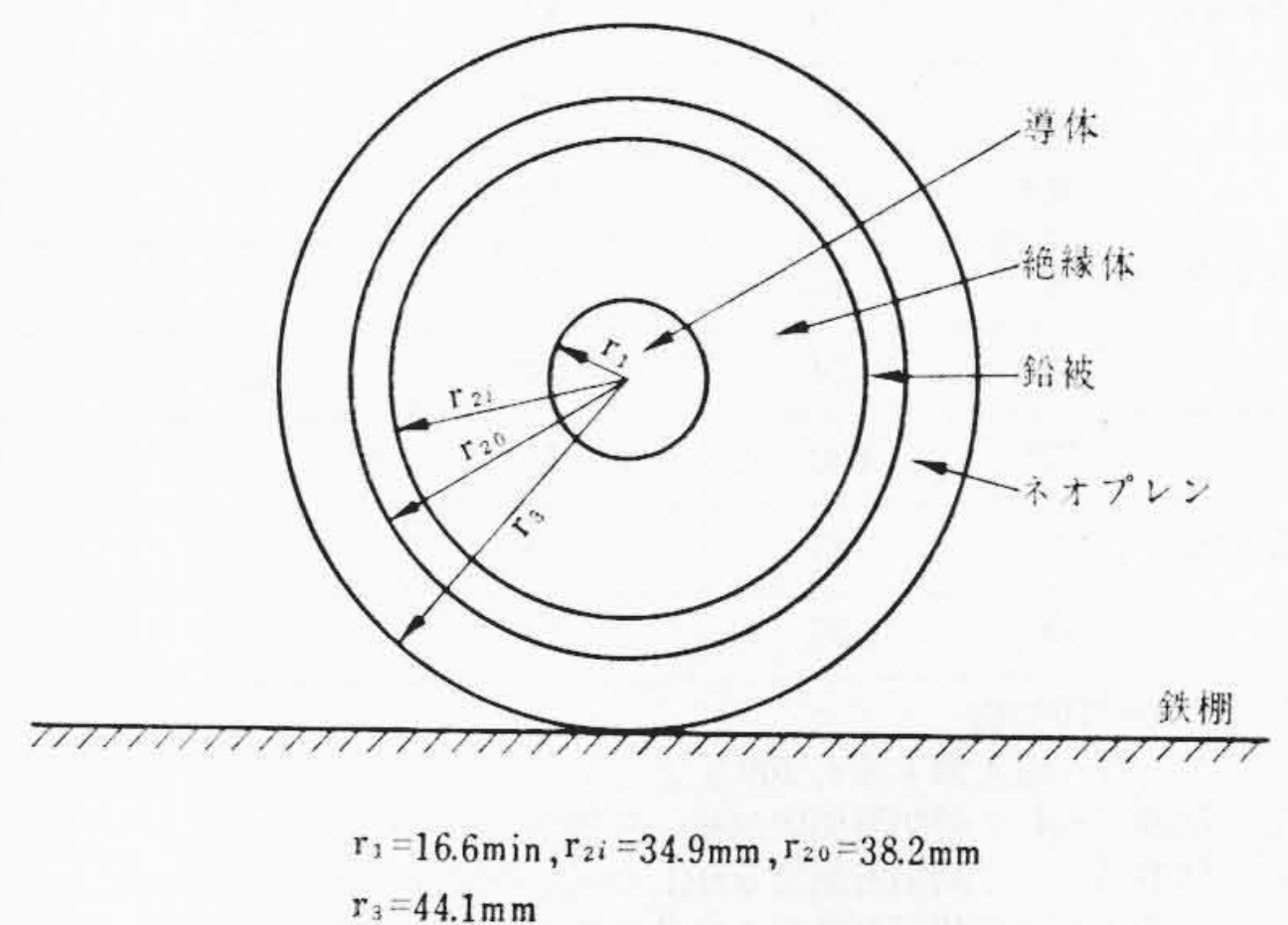


図10 ケーブル寸法と鉄たな

表2 ケーブル各部のサージ電圧に対する基礎特性

種 別	サージインピーダンス $Z(\Omega)$		伝 搬 速 度 $V(\text{m}/\mu\text{s})$		減 衰 量 (dB/km)
	実 測 値	計 算 値	実 測 値	計 算 値	
心線・大地間(シース開放)	45.7	46.8	159	148	2.88
心線・シース間(シース接地)	26.1	23.6	159	158	0.13
シース・大地間(心線開放)	20.5	23.2	159	140	7.4
他相間相互インピーダンス	0	0	—	—	—

方形波 ($0.5 \times 500 \mu\text{s}$ 波) を印加してサージインピーダンスを測定する。このオシログラムから同時に心線およびシースのサージ伝搬速度および減衰量を算定することができる。

測定結果を表2の実測値の欄に示す。各相は2~3%以内のばらつきで一致しているが、ここには平均値で示されている。なお計算値は次のような考え方で求められたものである。

図10はケーブルおよび鉄たなの位置、寸法を示したものである。サージ電圧に対しては鉄たなを電流帰路とみなしている。サージインピーダンス Z および伝搬速度 V はインダクタンス L および静電容量 C を用いて近似的に次式で表わすことができる。

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots (8)$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}} \dots\dots\dots (9)$$

ところで、これら L および C は実測および計算により次のように求められる。心線シース間の静電容量 C_1 は実測値より $0.269 \times 10^{-9} \text{ F/m}$ 、シース大地間の静電容量 C_2 は同じく実測値より $0.31 \times 10^{-9} \text{ F/m}$ である。また、サージ性の電流はそれに含まれる周波数成分が高いため表皮効果により均一には流れない。そこで、かりに導体表面にのみ流れると仮定して計算する。心線シース間のインダクタンス L_1 は $0.149 \times 10^{-6} \text{ H/m}$ 、シース大地間のインダクタンス L_2 は $0.167 \times 10^{-6} \text{ H/m}$ となる。これらの値を(8)および(9)式に代入することにより Z および V の計算値が求められる。

表2からもわかるように、実測値と計算値は前述の仮定による近似計算にもかかわらず比較的良好に一致しているといえる。 C_2 は工

表 3 サージ電圧侵入時の各点の最高電圧

試番	印加波形	相	開閉所側 心線大地間	第 1 クロス ボンド点 シース大地間	第 2 クロス ボンド点 シース大地間	火力側 心線・大地間
1	1×60 μs	青*	180 %	18 %	9 %	230 %
		赤	23	17	15	33
		白	27	13	17	22
2	1×60	青	23	19	14	32
		赤	22	9	18	24
		白*	175	19	9	230
3	1×500	青*	175	18	8	243
		赤	19	17	14	33
		白	26	13	16	22
4	9×134	青*	200	12	10	210
		赤	13	10	8	18
		白	14	7	11	12
5	1×60	青*	630	19	12	630
		赤	27	18	13	37
		白	27	13	15	24

(注) 1. * 印は印加相
2. ケーブル侵入第 1 波を 100% とした。
3. 試番 1~4 : 開閉所側印加相のみ整合がとられている。
4. 試番 5 : 開閉所側は 500Ω の抵抗を接続した。
5. 試番 4 では開閉所側青相心線最高電圧の半分を侵入第 1 波とした。
6. クロスボンド点システムの相別は開閉所側を基準にした。

場内で鉄たな上にケーブルをのせて商用周波で測定した値である。実布設ではさらに他相のたなおよび壁が存在するので C_2 の値はこれより大きくなり、インピーダンスとしては小さくなる可能性がある。さらに L_1 で電流分布のひろがりを考えれば、この値はより大きくなり、インピーダンスとしては大きくなると考えられる。

以上のような実測値と計算値との一致性および他相間相互インピーダンスが 0Ω であることなどから、このような布設方式のケーブルシステムのサージ伝搬特性を考察するときには、鉄たなを大地帰路とみなして扱えばよいことがわかる。

心線シース間の減衰量はシース大地間のその 2% 程度でありきわめて小さい値である。

5.2 クロスボンド点発生電圧

シースの接続を正規の線路状態（クロスボンド方式）にして、開閉所側より一相の心線シース間にサージ電圧を印加し、心線電圧波形および中間マンホール内のシース電圧波形を観測した。表 3 は各測定点の最高電圧を示したものである。ここで試番 1~4 は火力側ケーブル導体を開放とし、開閉所側印加相には心線シース間サージインピーダンスに等しい抵抗で接地して整合をとった場合である。この場合には火力側で反射して開閉所側に向かった波はそれ以上の反射をくり返すことはなく、火力側および開閉所側とも心線電圧は理論的には 200% 弱の値となる。ここで、電圧はすべて侵入第 1 波の波高値を基準とし、これを 100% として表示されている。試番 4 では波頭長が長く侵入第 1 波の波高値が現われる以前に火力側からの反射波が返ってくるので、基準電圧は開閉所側印加相心線最高電圧の半分を侵入第 1 波とした。試番 5 では火力側を開放、開閉所側に架空送電線を模擬して 500Ω の抵抗を介して印加した。したがって、心線電圧は両端で反射をくり返し、電圧は増大していく。この実験では侵入第 1 波の 630% にまで増大した。

クロスボンド点に発生する電圧は、このように侵入第 1 波を基準にして表現すると試番 4 を除いて、同じような電圧が発生している。波頭長が長くなるとクロスボンド点に発生する電圧は小さくなる。

ケーブルが各相独立し、相互インピーダンスがない場合、波高値 e なる方形波を一相心線に加えると第 1 クロスボンド点の印加相

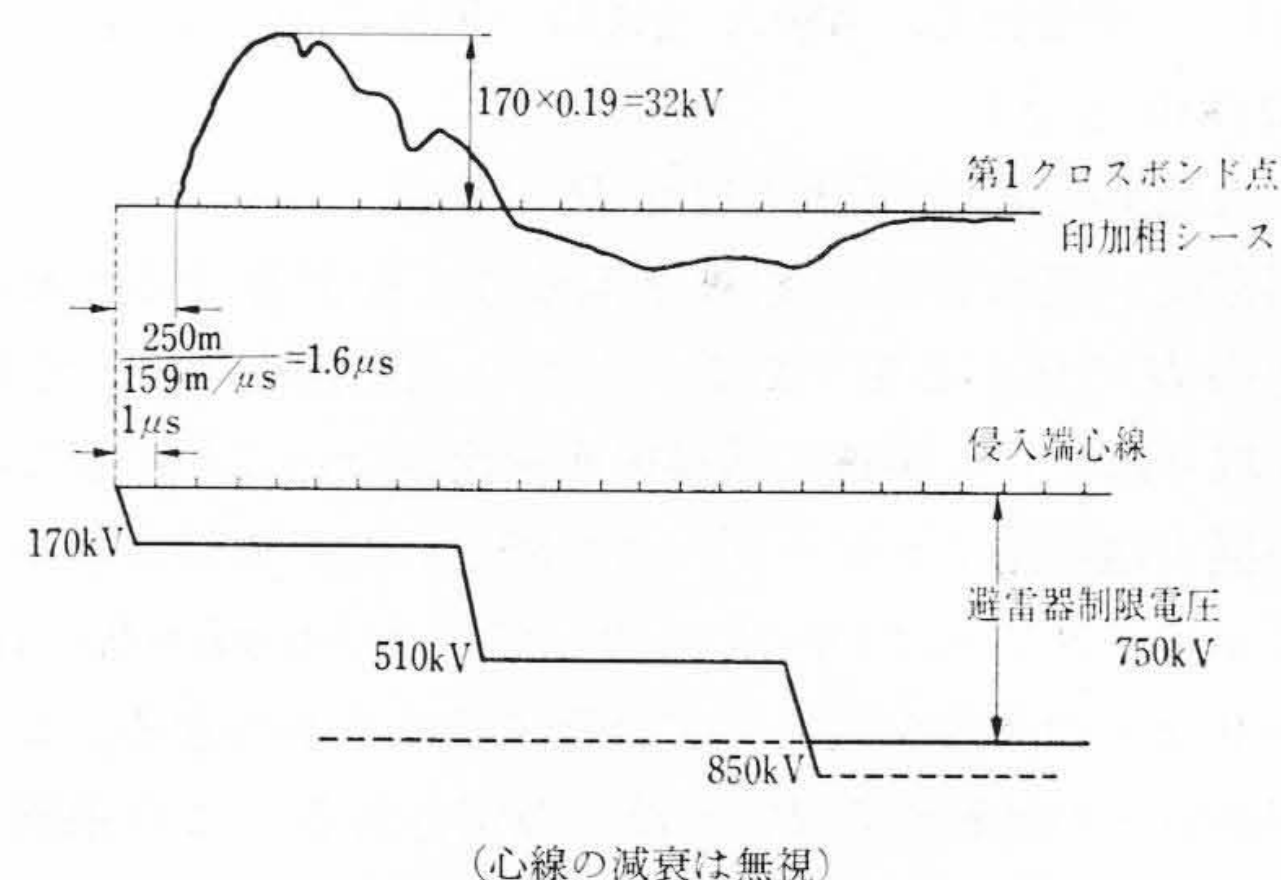


図 11 サージ電圧侵入時電圧波形

シース大地間には次の電圧 e_m が発生する⁽³⁾⁽⁵⁾。

$$e_m = \frac{2Z_2}{4Z_1 - Z_2} \cdot e \quad (10)$$

ここで、 Z_1 = 心線大地間のサージインピーダンス

Z_2 = シース大地間のサージインピーダンス

(10)式はあくまで簡略式であるが、前述の実験値を代入すれば、 e_m は侵入電圧 e の 25% となる。実測結果は 19% であり多少差がある。この原因として、侵入電圧が第 1 クロスボンド点に達するまでに波頭ひずみを受け方形波でなくなってくることが考えられる。

5.3 防食層保護装置について

外雷サージによってどの程度のシース異常電圧が発生するかを考えてみる。Bewley 氏⁽⁶⁾にしたがえば鉄塔雷撃電流として 100 kA、鉄塔塔脚抵抗を 20Ω、架空地線のサージインピーダンスを 350Ω、雷道インピーダンスを 400Ω とすると、鉄塔頂上に発生する電圧は 1,700 kV と計算される。この電圧が逆せん絡により架空線に侵入し伝搬してくるものとする。

架空線のサージインピーダンスを 500Ω、ケーブルのサージインピーダンスを 26Ω とすれば、実際にケーブルに侵入する電圧は

$$170\text{kV} \left(\cong \frac{2 \times 26}{500 + 26} \times 1,700 \text{ kV} \right)$$

となる。避雷器はケーブルのごく近くにおかれており、サージ侵入側端末の心線の電圧が 750 kV になったときに動作するものと仮定する。雷サージ電圧侵入側端末心線の電圧変化およびそのときのシース発生電圧を図 11 に示す。シース発生電圧は前項の実測結果から侵入電圧の 19% とした。したがって、シース発生電圧は 32 kV となる。図からわかるようにケーブル他端末からの反射波はシース電圧最高値には関係ないようである。

この系統でどの程度の開閉サージが発生するか不明であるが、火力側で開閉を行なったときに発生するサージがケーブルに大きな影響を与えるものと考えられる。いま仮に、この開閉サージを波頭長約 10 μs、波高値 527 kV（系統最高対地電圧 188 kV crest × 開閉サージ係数 2.8）とすれば、クロスボンド点には表 3 試番 4 の結果より 63 kV（= 527 kV × 0.12）の電圧が発生する。一方、架空線から侵入する場合には波頭ひずみにより、波頭長が長くなるであろうし、実際にケーブルに侵入する第 1 波は前述の外雷サージの場合のように約 10% となり問題とならない。

以上検討したように、雷サージまたは開閉サージにより場合によっては防食層の耐圧以上の電圧が発生することがあり、防食層を保護する装置が必要となる。現在、この系統には約 16 kV で放電する放電ギャップが設置されている。

6. 結 言

220 kV 西九州幹線唐津火力連絡線 1×500 mm² OF ケーブルの布設接続工事完了後に行なった各種試験の結果およびその検討結果

を報告した。

負荷電流によるケーブルの熱伸縮の検討の結果、本ルートで採用されているスネーク布設方式ではシースのひずみはほとんど鉛被に疲労を与えない程度であることがわかった。線路インピーダンスの測定によりケーブル線路各部の定数が明らかとなった。また、サージに対する検討により、雷サージまたは開閉サージにより時によっては防食層の耐圧以上の電圧も発生しうること、したがって、保護ギャップの必要性が明らかになった。

これらの資料が今後の超高圧地中線路の設計指針となれば幸いである。

終わりに、本試験にご協力いただいた九州電力株式会社ならびに

日立電線株式会社の関係各位に心から感謝する次第である。

参考文献

- (1) 伊藤：電気公論 597号, 368 (昭42-4)
- (2) 芳賀, 草野：電学誌 79, 1580 (昭34)
- (3) 石原：電力 49, 23 (昭40-2)
- (4) E. H. Ball, E. Occhini: TIEEE (PA & S) 84, 10, 974 (1965)
- (5) W. Watson, C. C. Erven: TIEEE (PA & S) 82, 66, 239 (1963)
- (6) 今井, 渡辺：電学誌 87, 3, 133 (昭42-3)
- (7) 大内, 渡辺, 中村, 加藤：電気学会東支大会 269 (昭42-10)
- (8) L. V. Bewley: Traveling Waves on Transmission Systems p. 359 (1951) (Book)



特許の紹介



特許第457598号 (特公昭40-8234号)

牟田明德・上原保彦・倉田賢

粒度分布直視測定方式

従来、懸濁液中の粒度分布を測定するには透明セル中に粒子を均一に分散させた懸濁液を入れ、その液面から一定の深さに液面に平行な細い光束を照射しておき、その透過光を光電変換素子に受け、懸濁液中の粉末の沈降によって刻々と変化する透過光強度を適当な方法で記録させ、さらに得られた曲線を解析して粒度分布を求めていた。しかし、この方法では曲線の記録と解析という二度手間を必要とし、しかも相当の労力と時間を要した。

本発明はこれらの欠点を除去するもので、粒子の懸濁液において、粒子の沈降開始後の一定時間 t を経過してから、図に示すように、光源2より得られる平行光束によって懸濁液の深さ方向を短時間内に走査し、セル1の反対側4で透過光強度を検知するよう構成したもので、しかも、光源の液面からの深さに比例した電気出力 h を発生する装置と透過光強度に比例した電気出力 I を発生する装置とによって、出力 h および I の変化を自動計算回路に導入し、この計算回路によって、一方では粒半径 r を他方では粒子の重量分布 $W(r)$ を計算し、この両結果をXY記録装置に導いて直接 $W(r) \sim r$ の関係すなわち粒度分布を直接自動描写させた粒度分布測定方式である。

上記のように本発明は新規な測定原理に基づくもので、従来の方法に比較し迅速かつ正確な測定結果が得られ、試料は少量で済み測定範囲も広い。

(小幡)

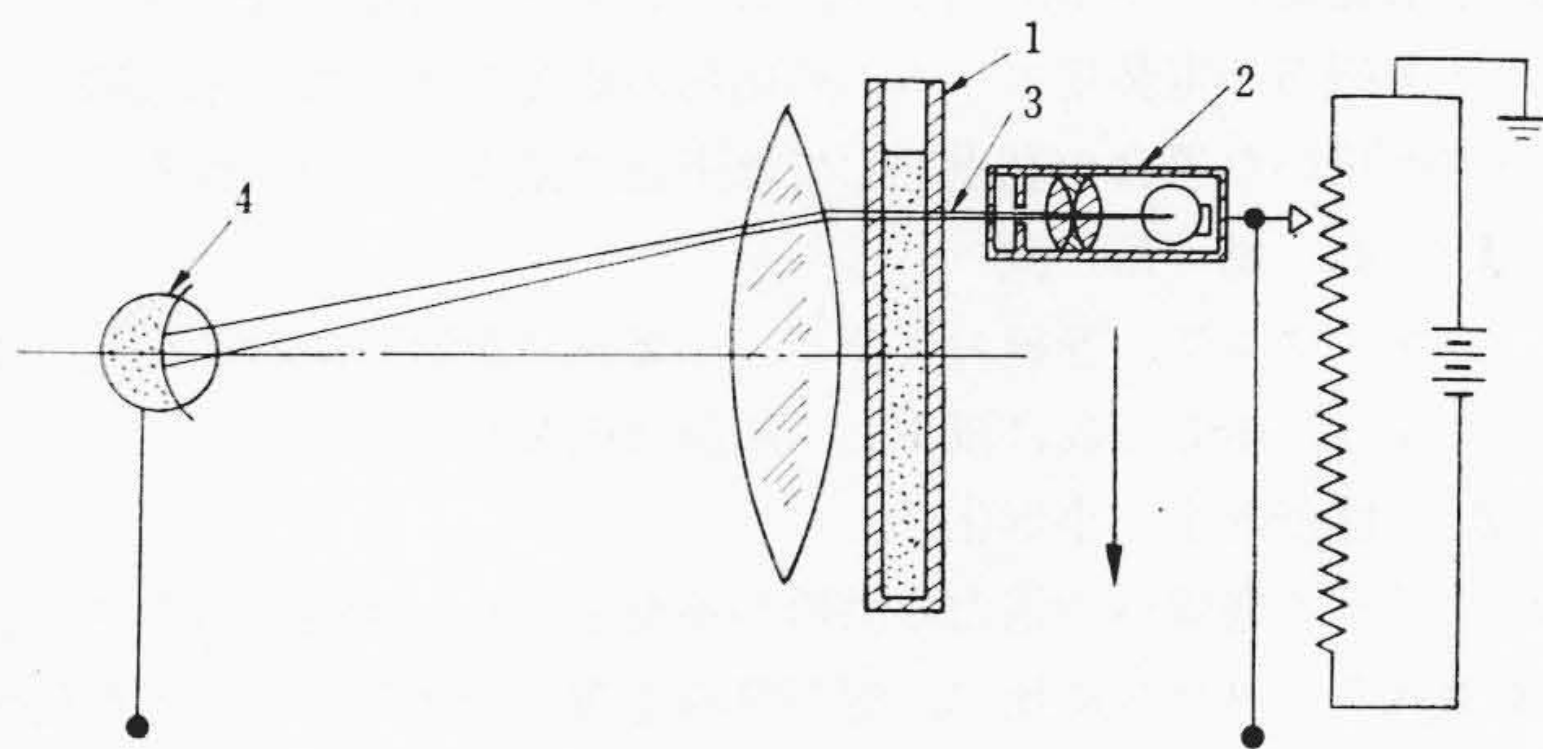


図 1

特許第457614号 (特公昭40-8593号)

牟田明德・上原保彦・倉田賢

光走査形粒度分布直視化測定方式

本発明は特許第457598号の改良に関するもので、特許第457598号の粒度分布直視測定方式は、粒子の沈降開始後一定時間を経てから深さ方向に走査する方式で、液面から深さ h の液層に達するに要する時間は短時間であり、液面から深さ h までのセル中の懸濁液中の粒度分布は測定開始時の粒度分布を示すとの考に基づいたものである。しかし実際は液面より深さ h の層に達するに要する時間 t' の間に該液層における粒度分布は t' 時間の間に沈降する粒子のため、液面における測定開始時の粒度分布とは異なったものとなる。

本発明はこの点の改良に関するもので、図に示すように、セル1の深さ方向に光源2からの平行光束3を走査し、セル1の反対側4でその透過光強度を検知する際光源の深さに比例した電気出力 h と、透過光強度に比例した電気出力 I の変化と、粒子の沈降開始後の一定時間 t から深さ方向に t' 時間を要して走査した際に、時間の経過に比例した電気出力 T とを直接自動計算回路に導入して一方では h および T の信号から被測定粒子半径 r を計算し、他方では被測定粒子の重量分布 $W(r)$ を計算し、これをXY記録装置に導入することによって、 $W(r) \sim r$ の関係、すなわち粒子の粒度分布を直

接描写せしめた粒度分布直視方式である。

これによって迅速にしてかつ精度の高い測定を可能とするものである。

(小幡)

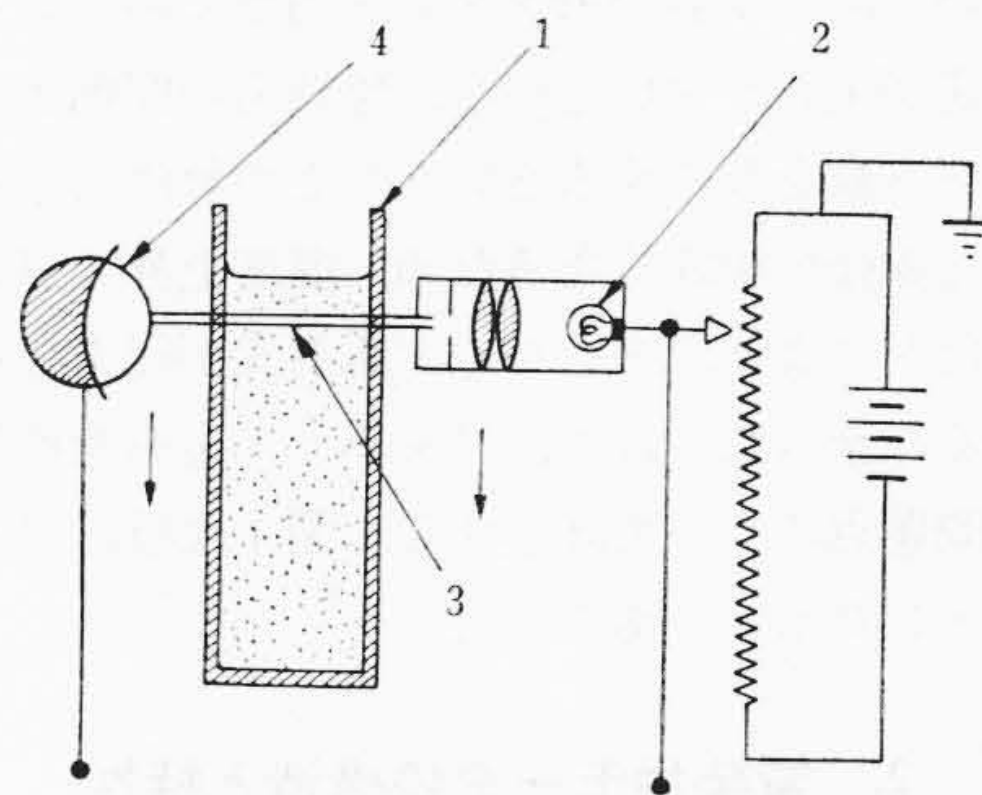


図 1