

多条布設ケーブルの許容電流

Current Carrying Capacities in Cable Groups

相 田 和 男* 沼 尻 文 哉*

Kazuo Aida

Fumiya Numajiri

内 容 梗 概

ケーブルを多条布設した場合、1本当たりの許容電流は1条布設の場合よりも減少する。今回、モデルによって、ケーブルを150条まで布設した場合の許容電流の低減率を実験的に求めた。

たとえば、150条のケーブルを10段・15列に布設し、ケーブル間隔をケーブル外径の1倍にした場合、許容電流低減率は気中で0.44、砂中で0.17となる。

なお、多条に布設したケーブルの許容電流を求める実験式をケーブル間隔がケーブル外径の1倍と3倍の場合について確立した。

1. 緒 言

近年、電力需要の増加は著しいものがある。これら電力輸送に使用されるケーブルは大サイズ化され、しかも幾条も布設されて使用されるようになってきた。

ケーブルサイズの増大は製造上の面で制約されるので、送電容量の増加はケーブルの多条布設によって行なわれなければならない。

ここで問題になることは多条布設にすると熱放散が悪くなり、許容電流が減少することである。筆者らはすでに大電流裸母線の多条配列時の許容電流に対する一連の実験を行ない、計算式を確立した^{(1)~(3)}。

一方、電力ケーブルの許容電流に関しては10~20条程度までのものは文献その他に計算式が見られるが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、50条、100条布設した例はみられない。しかも、この場合には許容電流の低減は非常に大きく、現状では推定の域を脱し得ない。

今回、600V 1×8mm² ビニル電線を最大150条まで使用し、段数、列数およびケーブル間隔を変化させた場合の温度上昇試験を約2箇年にわたって行なった。布設は気中および砂中(土壌の模擬)布設の二つの場合である。

本論文はこれらの一連の実験結果と、許容電流低減に関する実験式の誘導について述べている。

2. 試料および実験方法

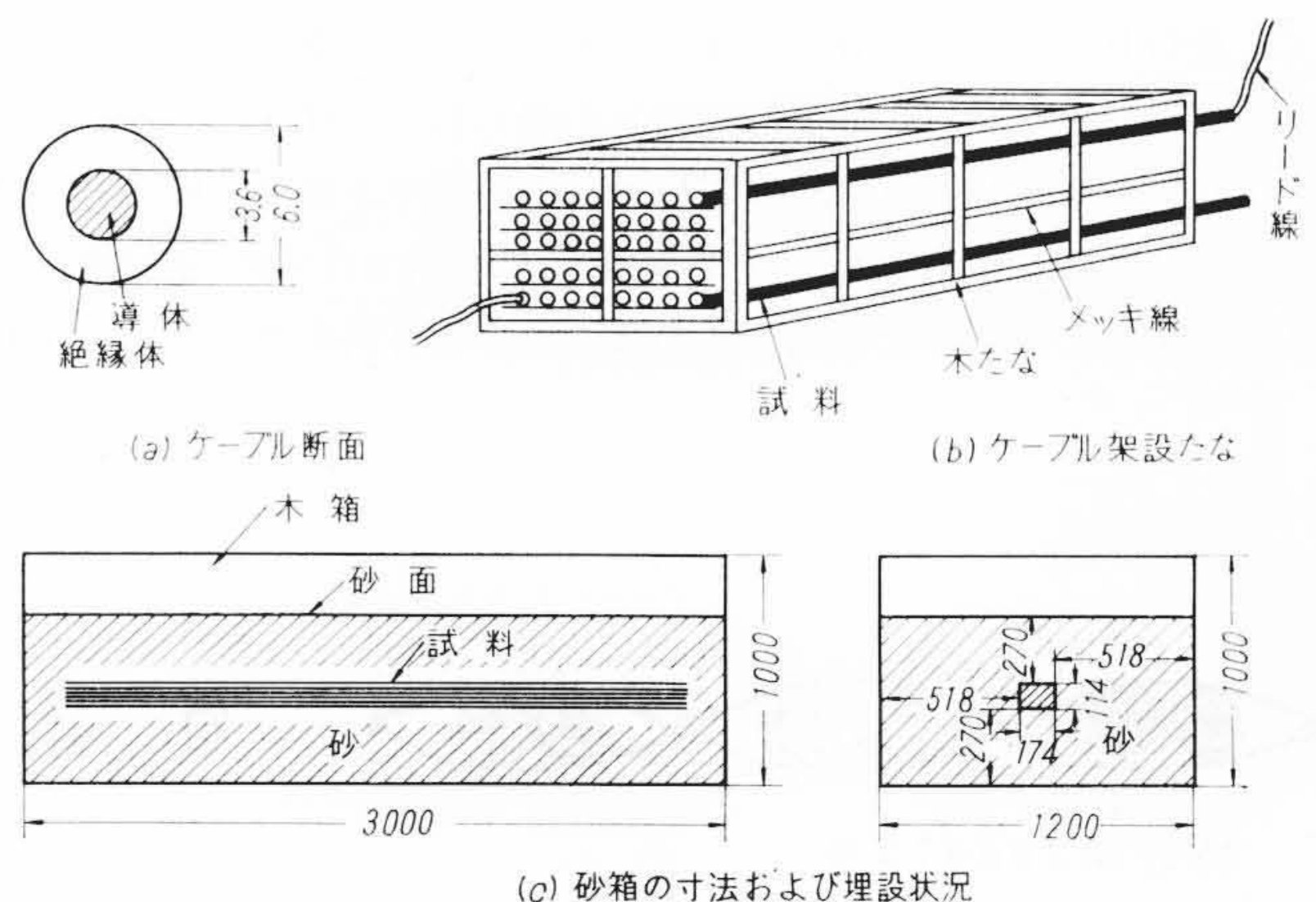
2.1 試料および構造

多条布設ケーブルの許容電流低減に関する実験を、大サイズのケーブルで行なうことは困難である。そこで、600V 1×8mm² ビニル電線を試料とし、モデル的に行なった。試料の断面を第1図(a)に示す。

この試料(長さ3m)を所定の段数(縦の配列数)および列数(横の配列数)に布設するため、第1図(b)に示すとおり、木およびメッキ線で柵(たな)を作り、それにビニル電線を取り付ける。

電力ケーブルの布設法は地中布設では一般に管路および直埋方式が採用されている。直埋ケーブルはケーブルの周囲が普通砂によって満たされている。したがって、今回の実験も気中と砂中埋設の場合について行なうことにした。

ここで問題になることは、土壌中にケーブルが布設された場合、ケーブルの許容電流が土壌の性質、湿度および周囲状況など⁽⁶⁾によって大きく変化することである。したがって、特定の実験結果から実際のケーブル布設時の許容電流を推定することは困難である。し



第1図 試料の構造

かし、まず砂中において1条だけの許容電流を求め、次に同一条件で、各段および列を変えた場合の電流を求め、その低減率を比較検討することになれば、一応他の場合の許容電流もこれから推定されるであろう。

したがって、許容電流の計算は、まず、ケーブル1条だけの許容電流を計算で求め、これにこの論文で求められる低減率を乗すればよい。1条だけの許容電流の計算は土壌の熱抵抗の値がわかれば一般式で簡単に求められる⁽⁷⁾。

以上の計画に基づき、できるだけ実験誤差を少なくし、また実験の簡単化を考慮して、第1図(c)に示す長さ3m、幅1.2m、高さ1mの木製砂箱を作り、その中に試料および砂を入れ実験を行なうことにした。

なお使用した砂は普通の海砂で、湿度4%のものである。

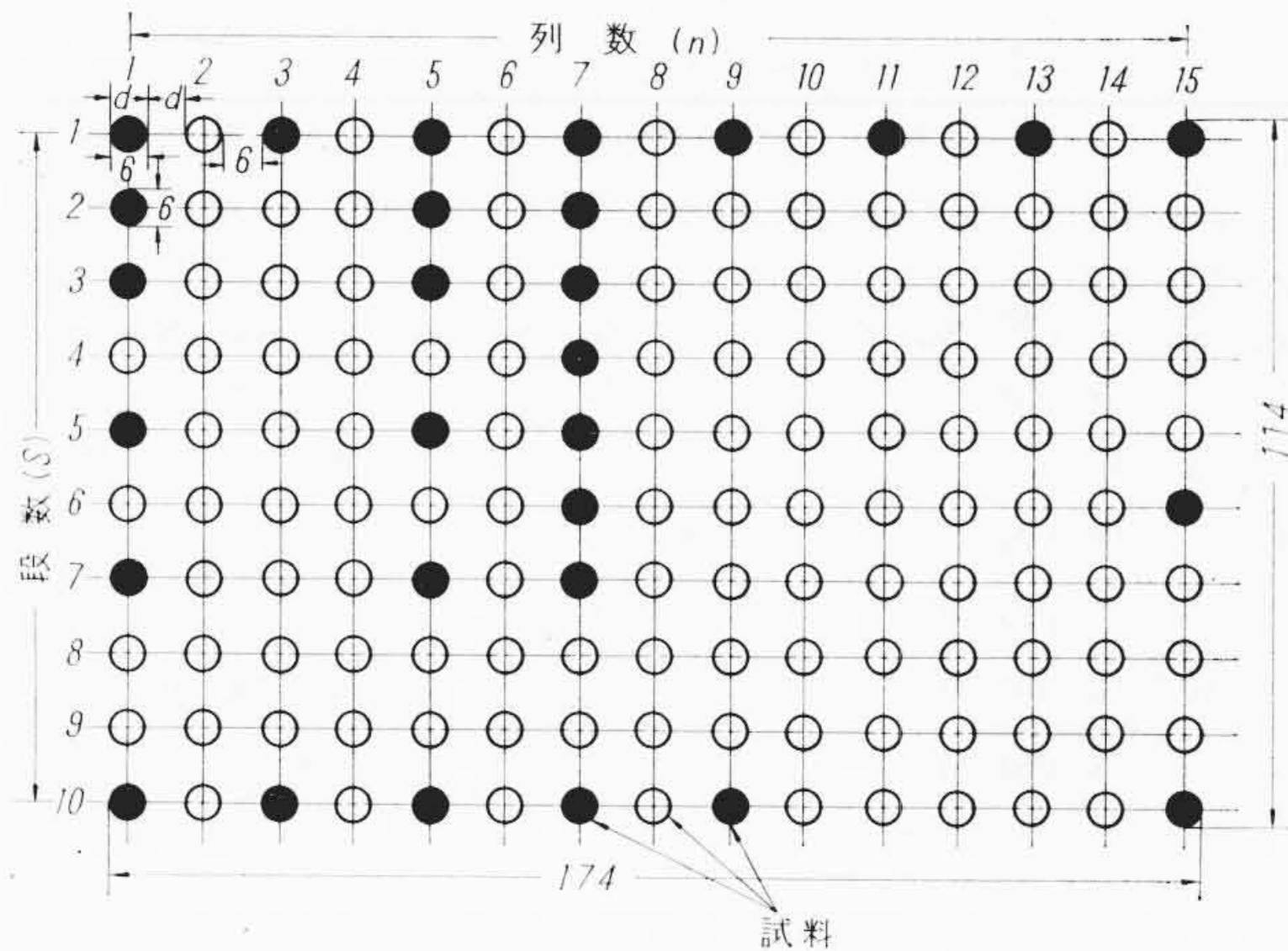
2.2 実験方法

まずビニル線の布設であるが、電線間隔は普通採用されている方法に従い、ケーブル外径の1倍および3倍とし、段数は5および10の2種類、列数は5、10および15の3種類とした。したがって、実験を行なった最大条数は10段×15列=150条である。

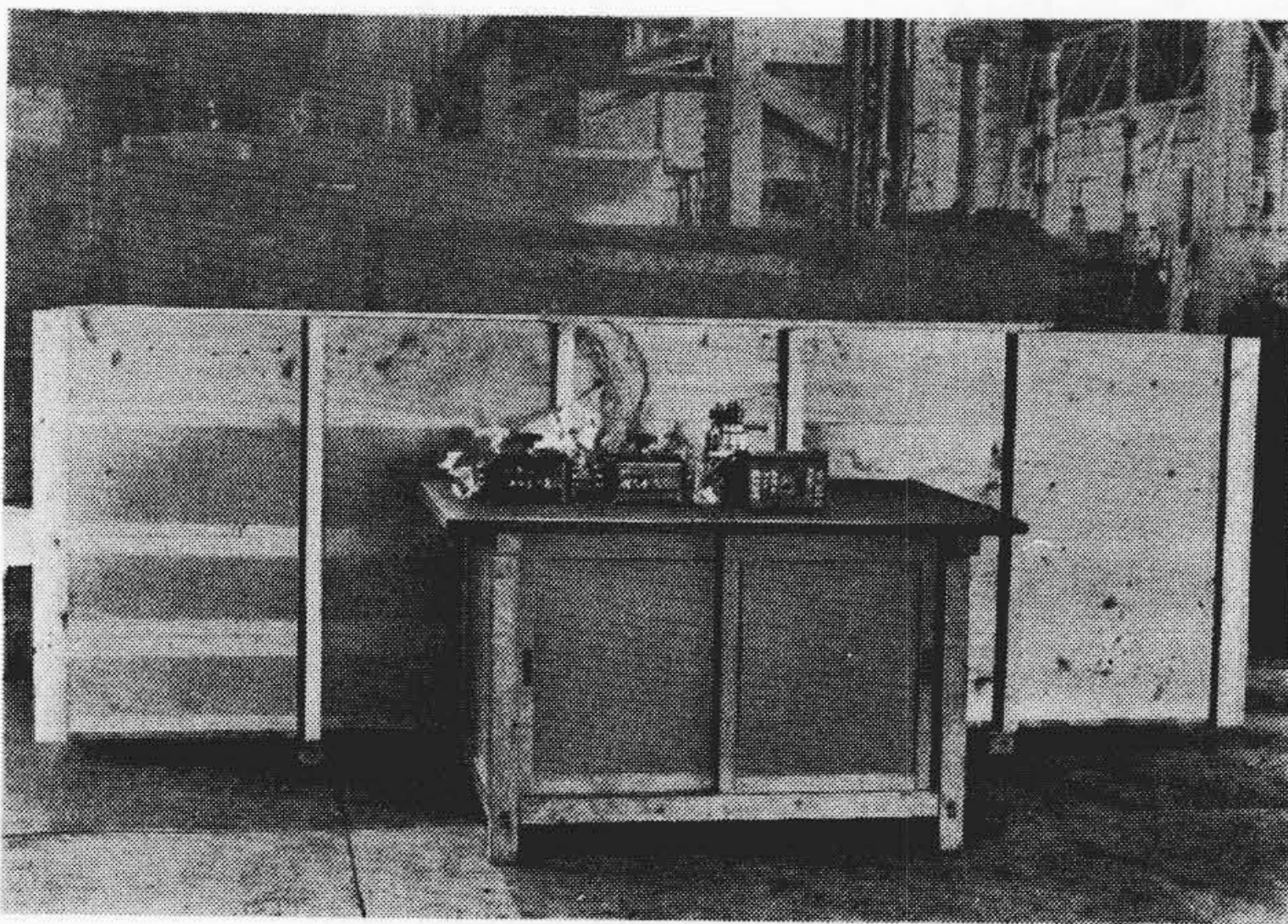
第2図に電線間隔1倍(外径6mmであるので6mmだけ離す)で10段・15列に布設した場合の配列を示す。各電線は直列に接続されて通電される。したがって、通電電流は各線とも同一である。温度測定は長さ3mの中心部において行なわれ、導体に熱電対をはんだ付けして測定される。温度測定点としては温度分布がわかるように20~30点をとった。

第2図の●印は熱電対を取り付けたビニル線を示したものである。温度分布は列数(横列)に対して対称と考えられるので、左半分が重点的に測定された。

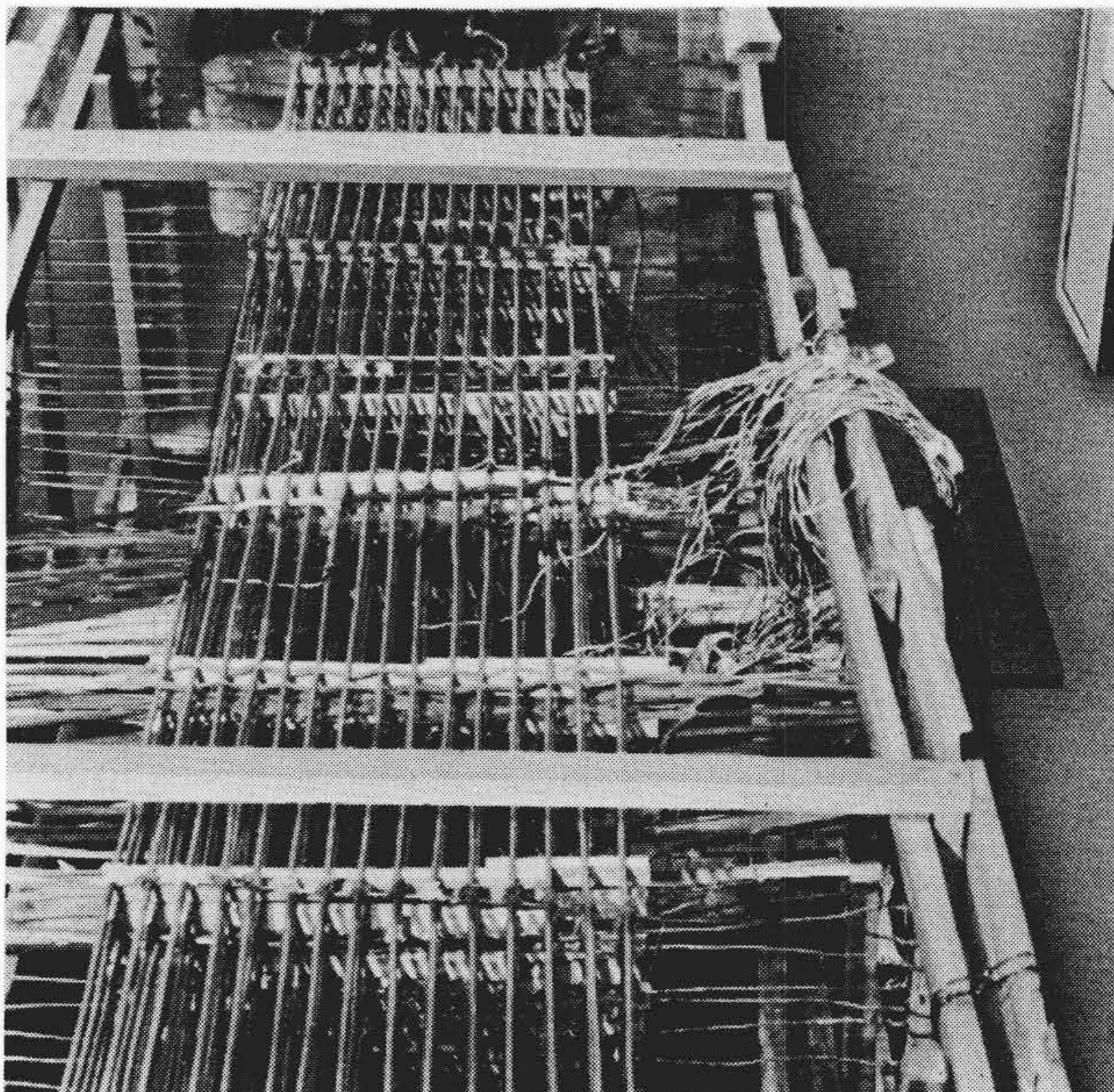
* 日立電線株式会社日高工場



第2図 気中10段・15列に布設した場合の温度測定位置 (●印で示す所)間隔1倍



第3図(a) 砂箱の外観



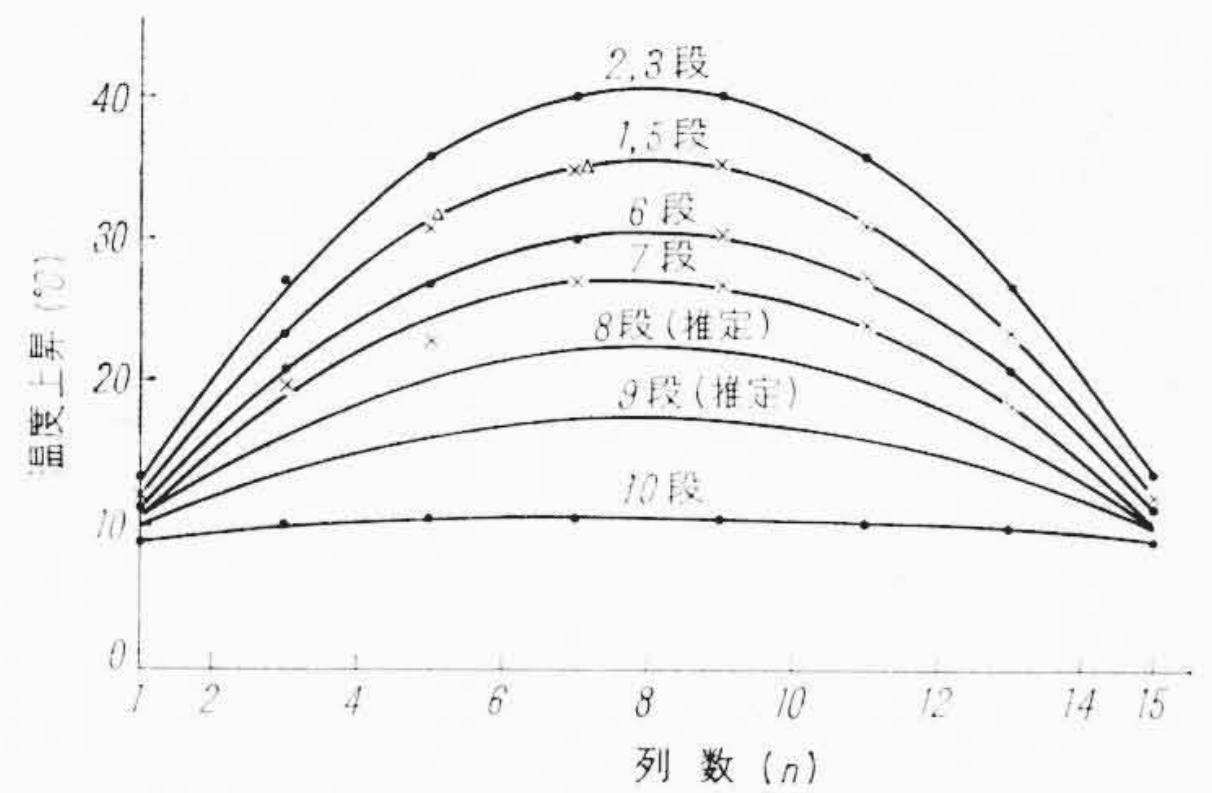
第3図(b) 気中10段・15列布設状況

第3図にこれらの実験状況を示す。

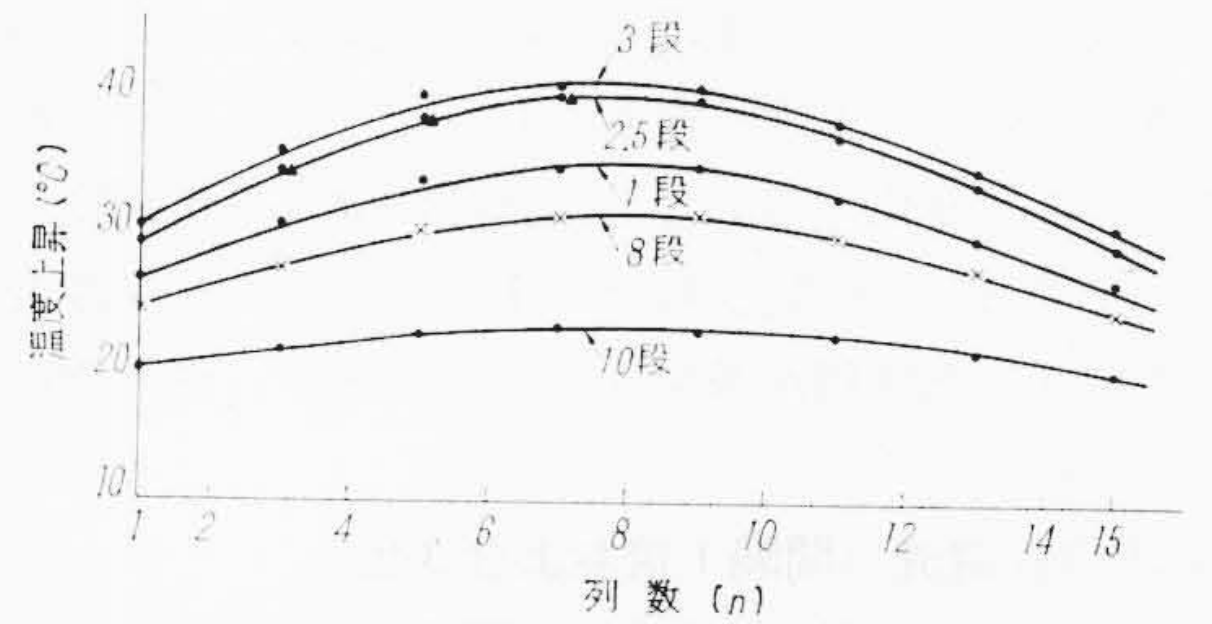
3. 気中多条布設時の温度上昇

3.1 各部の温度上昇 (間隔1倍および3倍)

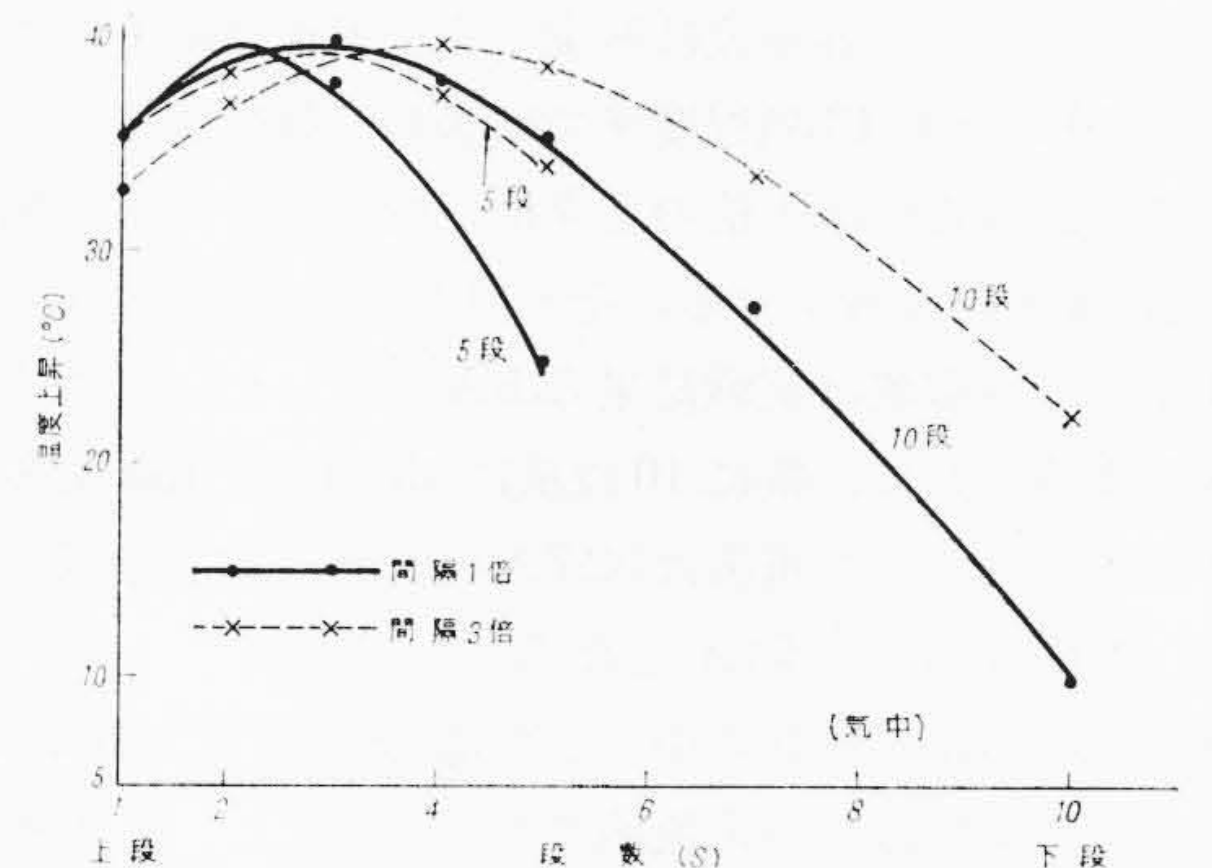
実験は第1表に示す条件で行なわれた。すなわち、5段で5, 10



第4図 気中10段・15列に配列した場合の温度分布 (電流32.7A)間隔1倍



第5図 気中10段・15列に布設した場合の温度分布 (電流54A)間隔3倍



第6図 5段および10段に布設した場合の段に対する温度分布 (7列目)

および15列に布設した場合の温度上昇を測定した。さらに10段にして同様に3種の列数で実験を行なった。

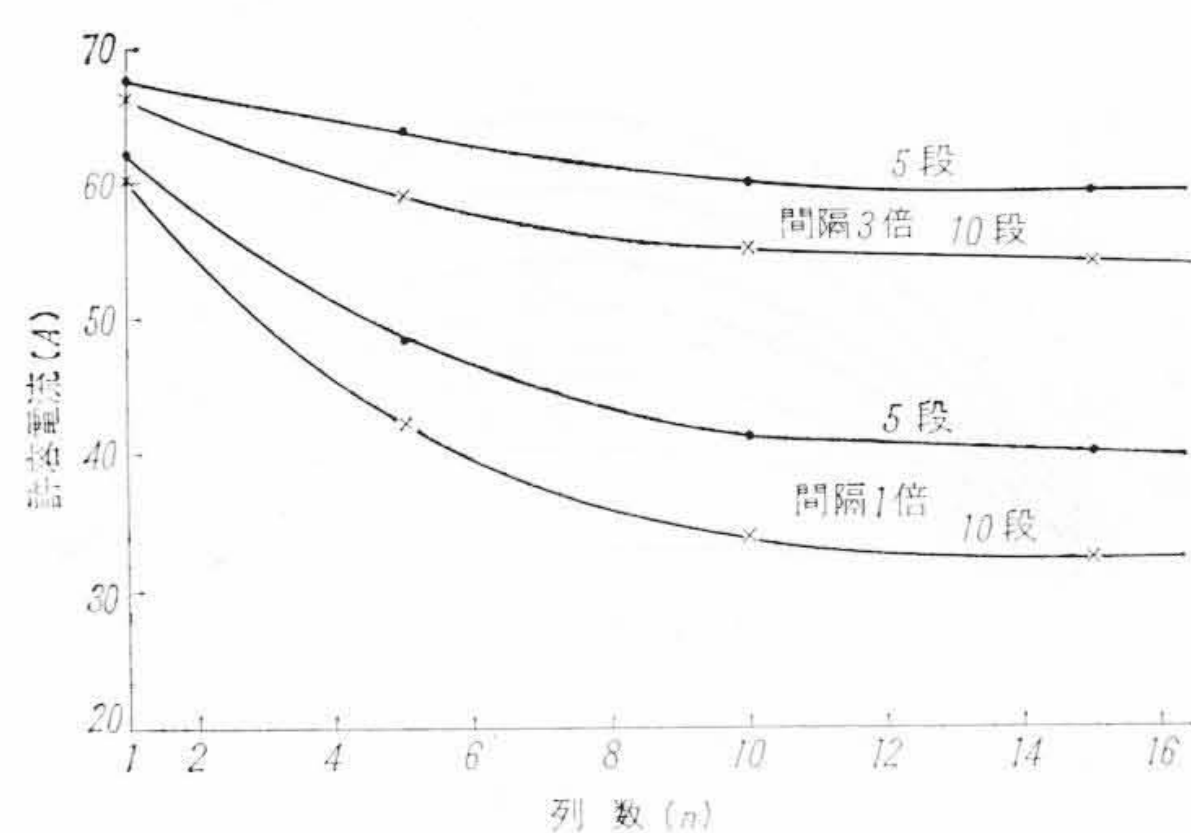
各布設条件における実験は最高温度上昇が40℃になるような電流を通电して行なわれた。すなわちビニル線全体が温度上昇40℃になる訳ではなく、最も温度上昇の大きな線が40℃になるときの電流である。

温度分布の一例を第4図に示す。電線間隔1倍で10段・15列の場合である。最高温度になる所は2段および3段であり、次に1および5段が高く、10段目(一番下側)が一番低い。図示されるとおり、段および列に対する温度差は著しい。この条件での許容電流は32.7Aである。

次に電線間隔3倍で10段・15列布設時の温度分布を第5図に示す。電線間隔が3倍になると第4図の1倍のときよりも、全体の温度差は小さく、また許容電流も増大する。最高温度になるのは3段目であり、次が2段および5段目である。

第4図および第5図に気中布設の場合の代表的温度分布を示したが、他の条件でも同じような結果が得られた。

5段および10段布設時の段に対する温度分布を示すと第6図となる。図示されたとおり、中央の段が一番高い温度になるとは限らない。気中布設の場合、熱放散は対流作用が主であり上部においてはその対流のため周囲温度が高くなり、また相互加熱作用も重畳す



第7図 氣中に多条布設した場合の1本当たりの許容電流
(600V 1×8mm² ビニル電線, 温度上昇 40℃)

るので熱放散が悪くなり、上段と下段との温度差および両端と中央列との温度差が著しく大きくなる。したがって電線の位置によって許容電流は大きく変化する。なお、電線間隔が3倍程度に離れると第6図の点線で示されるとおり、1倍の場合より温度差は小さい。これは相互加熱作用が減少するためであり、裸母線の場合と同じように考えられる⁽⁸⁾。

3.2 実測許容電流 (間隔1倍および3倍)

氣中において多条布設した場合の温度上昇が40℃になる電流を実験より求めると第2表に示すとおりとなる。これを図示すると第7図となる。

まず列数によって許容電流は減少する。電線間隔1倍では段数が5段および10段とも13列程度までは著しく減少する。電線間隔を3倍にすると許容電流は1倍のときほど減少しないが、列数に対しては10列程度までは減少する。それ以上では変化しない。

氣中1条の許容電流は実験結果73.5Aであった。この値に対し電線の間隔を1倍として、縦に10段横に15列合計150条多条布設すると、1条に流せる許容電流は32.7Aとなり、約半分以下に減少する。また、間隔3倍では54Aとなる。

第2表の電流値は電線群の中でどの部分の温度上昇も40℃を越えないときに1条に流せる電流値である。ただし、どの線にも同一の値の電流を流すものとする。

4. 砂中多条布設時の温度上昇

4.1 各部の温度上昇 (間隔1倍および3倍)

次の実験として、第1図(c)に示すとおりモデルビニル線の回りに砂をそう入し土壤布設を模擬して行なった。試験条件は第1表に示すとおり氣中と同じである。

まず、砂中に8mm² ビニル線を1条布設して温度上昇が40℃になるような許容電流を求めると67Aとなった。氣中の場合の73.5Aより約10%程度減少する。

次に第1表に示す条件で種々の実験を行なったが、定常状態になるまでの時間特性が約50~60時間かかり実験にかなりの期日を要した(氣中の場合約3時間程度である)。

第8図は電線間隔1倍、10段・15列布設時の温度分布を示す。最高温度になるのは5段目であり、全体の温度差はあまりない。他の条件でも同様の結果が得られた。

第9図に電線間隔1倍の条件で布設したときの段に対する温度分布を示す。点線は氣中の場合に対するものである。氣中の場合には上段のほうが高温となり、最上段と最下段との温度差も大きい。砂中布設の場合は段の中央が最高となり上段および下段との温度差は比較的小さい。

氣中布設の場合には熱放散に対流作用が主として関係するのに対して、砂中布設では熱放散は伝導作用が主であり、ケーブル群の中心部がどうしても高くなる。

第1表 試験条件 (氣中および砂中)

氣 中 布 設								砂 中 布 設							
電線間隔1倍				電線間隔3倍				電線間隔1倍				電線間隔3倍			
試 No.	段 数 (S)	列 数 (n)	本 数	試 No.	段 数 (S)	列 数 (n)	本 数	試 No.	段 数 (S)	列 数 (n)	本 数	試 No.	段 数 (S)	列 数 (n)	本 数
1	5	5	25	7	5	5	25	13	5	5	25	19	5	5	25
2	5	10	50	8	5	10	50	14	5	10	50	20	5	10	50
3	5	15	75	9	5	15	75	15	5	15	75	21	5	15	75
4	5	5	50	10	5	5	50	16	5	5	50	22	—	—	—
5	10	10	100	11	10	10	100	17	10	10	100	23	10	—	—
6	10	15	150	12	10	15	150	18	10	15	150	24	10	—	—

第2表 氣中に多条布設した場合の許容電流
(600V 1×8mm² ビニル線)

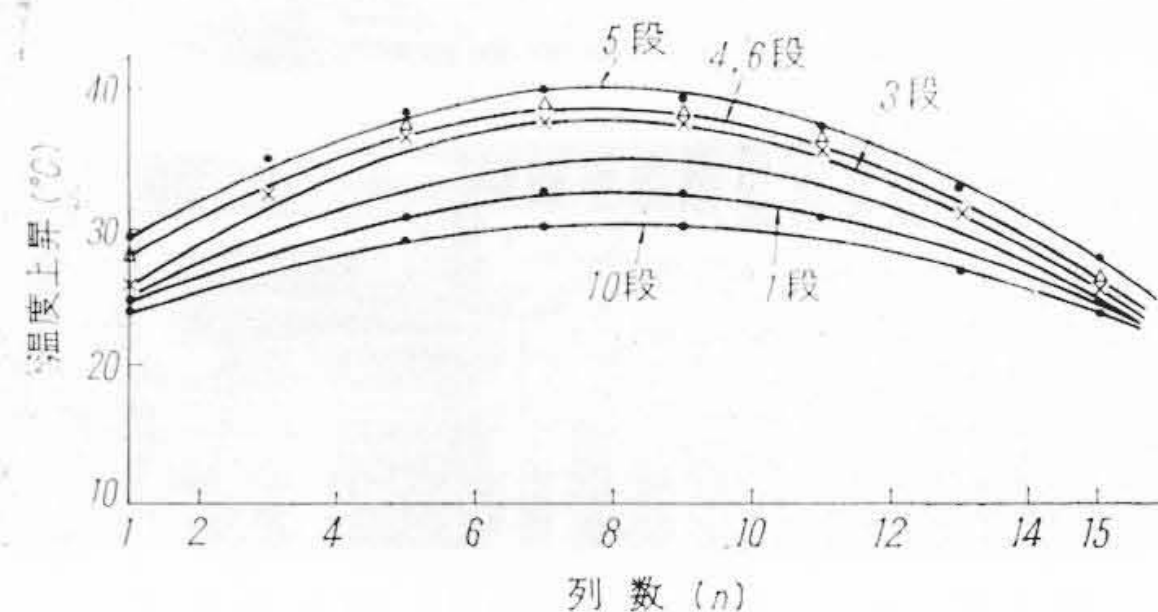
電線間隔		1 倍		3 倍		備 考
段 数 (S)	列 数 (n)	許容電流 (A)	低 減 率 K	許容電流 (A)	低 減 率 K	
5	1	62	1	67.6	1	氣中1条だけで温度 上昇 40℃ になる許 容電流は 73.5A で ある α を段による低減と すると (5段) 1倍 3倍 α=0.844, 0.92 (10段) α=0.816, 0.903
	5	48	0.775	63.5	0.94	
	10	41	0.661	59.6	0.882	
	15	40	0.645	59.1	0.874	
10	1	60	1	66.3	1	
	5	42.2	0.704	58.8	0.886	
	10	33.9	0.565	55.2	0.833	
	15	32.7	0.545	54.0	0.815	

注 (1) 許容電流は温度上昇 40℃ である。
(2) 許容電流は1本に流れる電流値を示す。

第3表 砂中に多条布設した場合の許容電流
(600V 1×8mm² ビニル線)

電線間隔		1 倍		3 倍		備 考
段 数 (S)	列 数 (n)	許容電流 (A)	低 減 率 K	許容電流 (A)	低 減 率 K	
5	1	44	1	44	1	砂中1条だけで温度 上昇 40℃ になる許 容電流は 67A で ある α を段による低減と すると (5段) 1倍 3倍 α=0.657, 0.657 (10段) α=0.612 —
	5	21.7	0.443	21.7	0.493	
	10	16.5	0.375	18.6	0.422	
	15	15.0	0.341	17.5	0.398	
10	1	41	1	—	—	
	5	16.5	0.403	—	—	
	10	12.5	0.305	—	—	
	15	11.5	0.280	—	—	

注 (1) 許容電流は温度上昇 40℃ の場合である。
(2) 許容電流は1本に流れる電流値を示す。

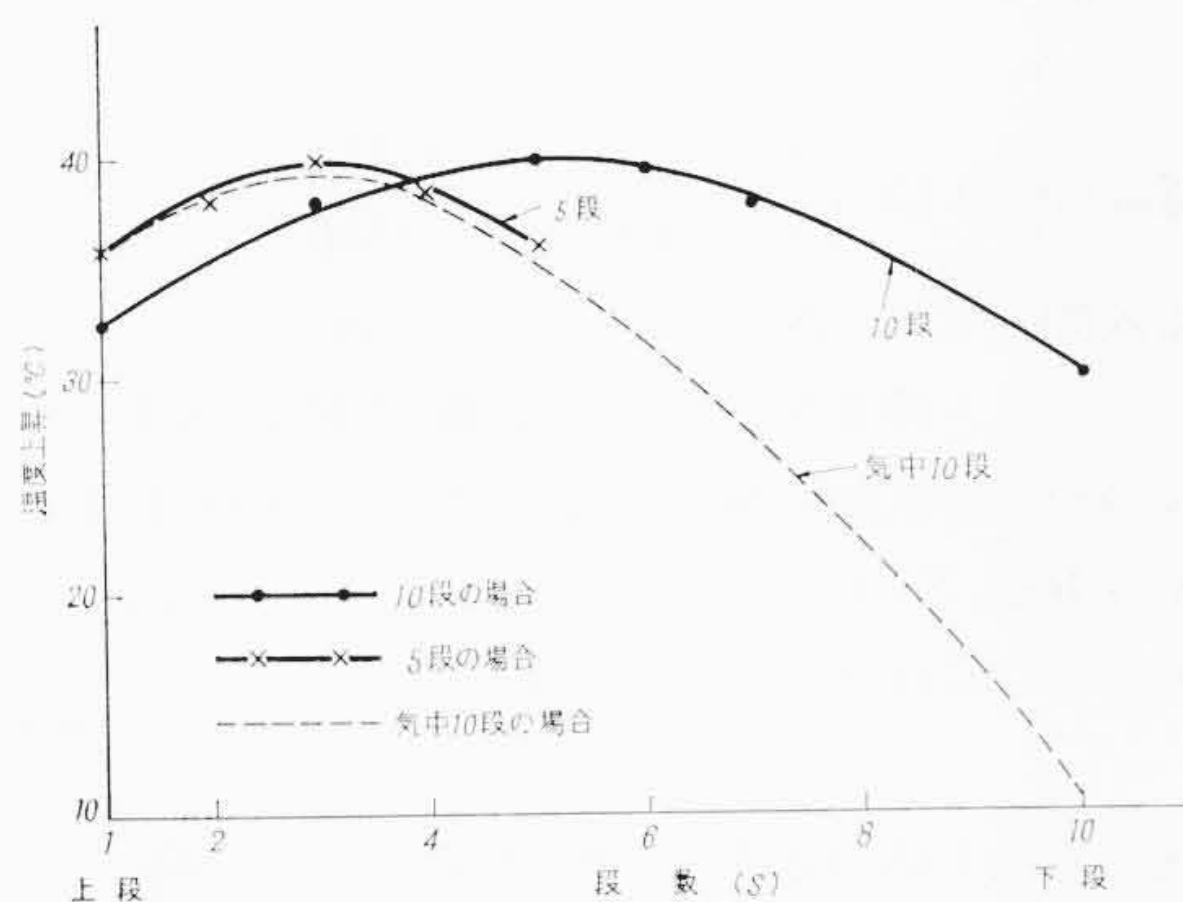


第8図 砂中10段・15列に布設した場合の温度分布
(電流 11.5A) 間隔1倍

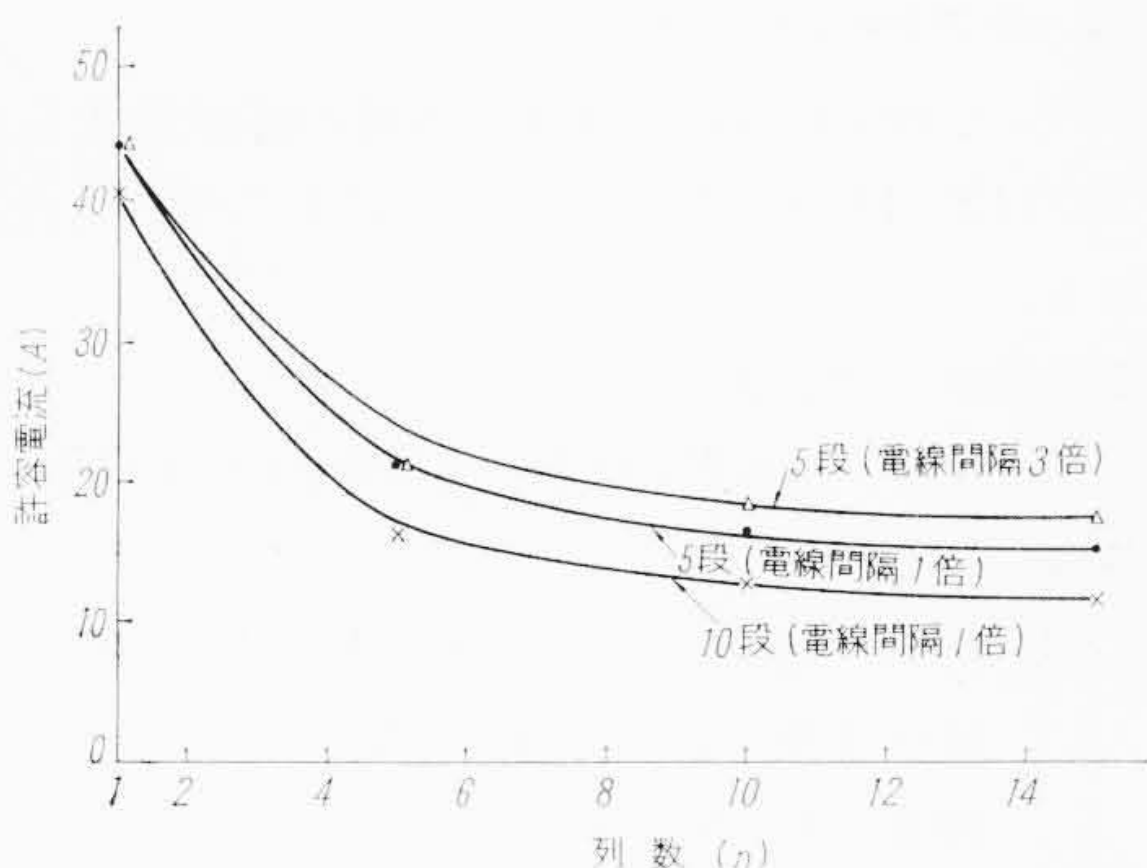
なお、電線間隔3倍の場合には5段の場合しか実験しなかったが、1倍の場合と大差がなかった。

4.2 実測許容電流 (間隔1倍および3倍)

各条件で砂中に多条布設した場合、温度上昇が40℃になる許容



第9図 5段および10段に配列した場合の段に対する温度分布(7列目) 間隔1倍



第10図 砂中に多条布設した場合の1本当たりの許容電流 (600V 1×8mm² ビニル電線, 温度上昇 40℃)

電流を実験より求めると第3表のようになる。これを図示したのが第10図である。砂中1条の場合の許容電流は67Aであるが、電線の間隔を1倍にして10段・15列に布設すると許容電流は11.5Aとなり1条だけの場合の17%程度に減少することがわかった。

5. 多条布設時の許容電流低減式

以上の実験結果より気中および砂中布設時の許容電流の低減率について検討してみる。温度上昇が40℃になる許容電流は前の第2表および第3表に示すとおりである。段に対する低減率を α とし、列に対する低減率を K とすると同表の右項および備考欄に示した値となる(なお、温度上昇50℃についても実験を行なったが同じ低減率が得られた)。

まず段数 (Step) による許容電流の低減率 α を図示すると第11図となる。次に列数 (Number) による低減率 K を示すと第12図となる。これらの図より多条布設時の許容電流 I_x は

$$I_x = I_0 \cdot \alpha \cdot K \dots \dots \dots (1)$$

ここで I_0 : 1条の許容電流 (A)

α : 段に対する許容電流低減率

K : 列に対する許容電流低減率

となる。

5.1 気中布設時の許容電流低減式の算出

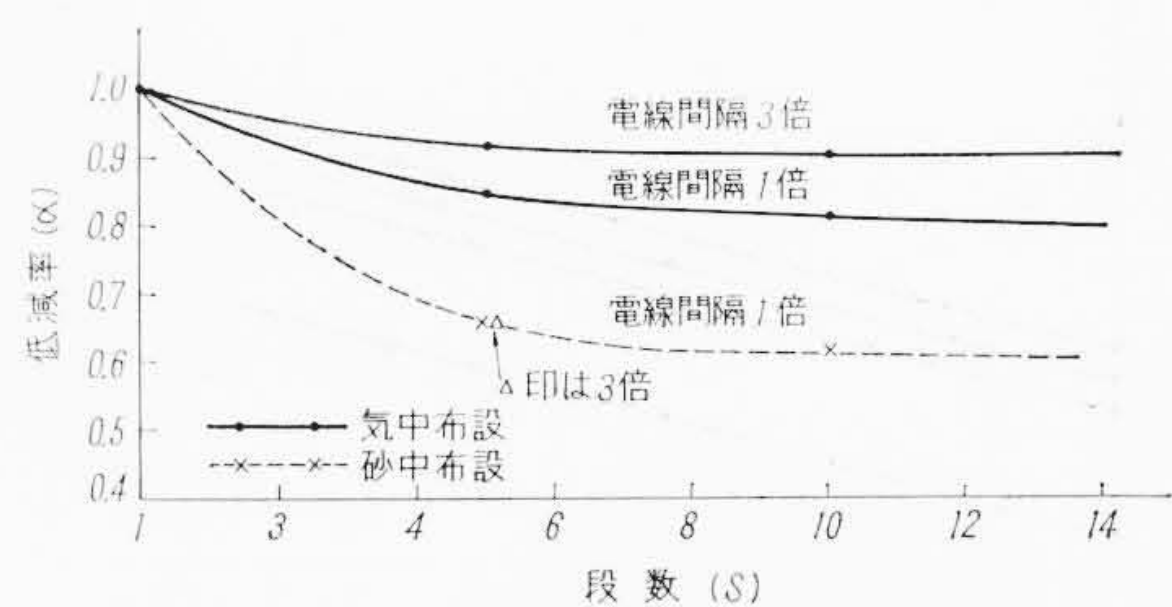
第11, 12図に示す低減率より実験式を算出してみる。まず気中布設時の段数 S に対する低減率 α は第13図に示すとおり対数グラフにおいて直線となり(2)式が得られる。

$$\alpha = -C \log_{10} S + 1 \dots \dots \dots (2)$$

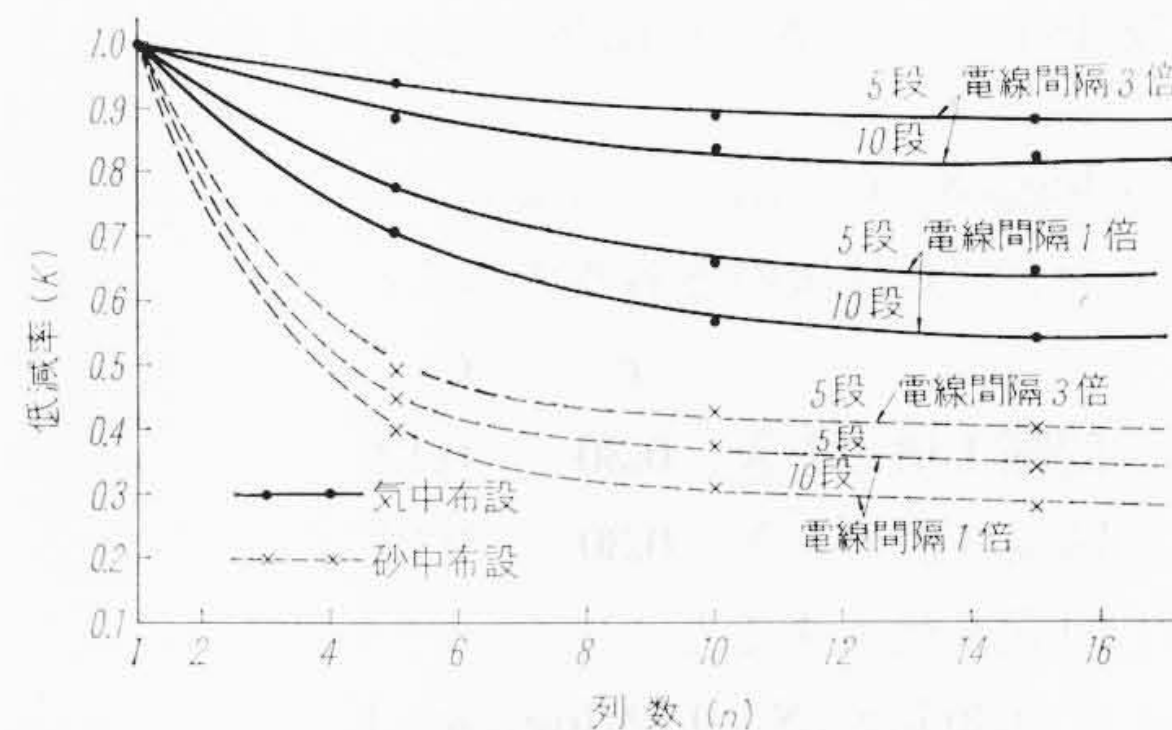
ここで

$$\text{電線間隔} \begin{cases} 1 \text{ 倍のとき} & C=0.2 \\ 3 \text{ 倍のとき} & C=0.1 \end{cases}$$

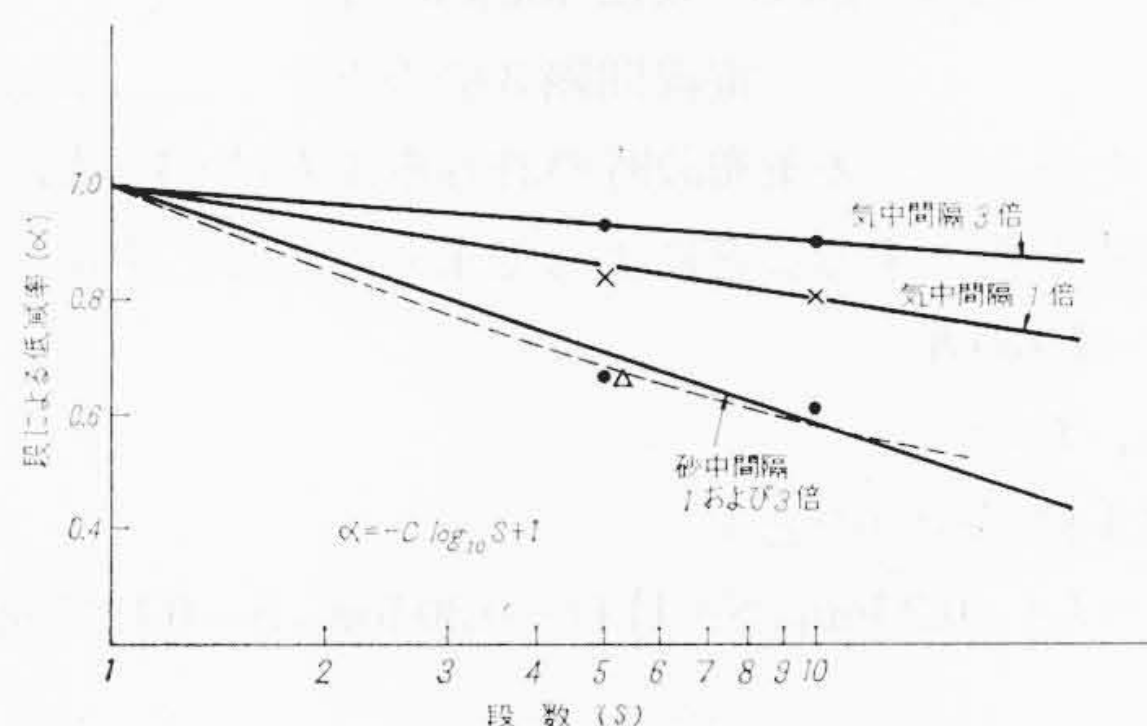
である。



第11図 多条布設時の段に対する電流低減率 (α)



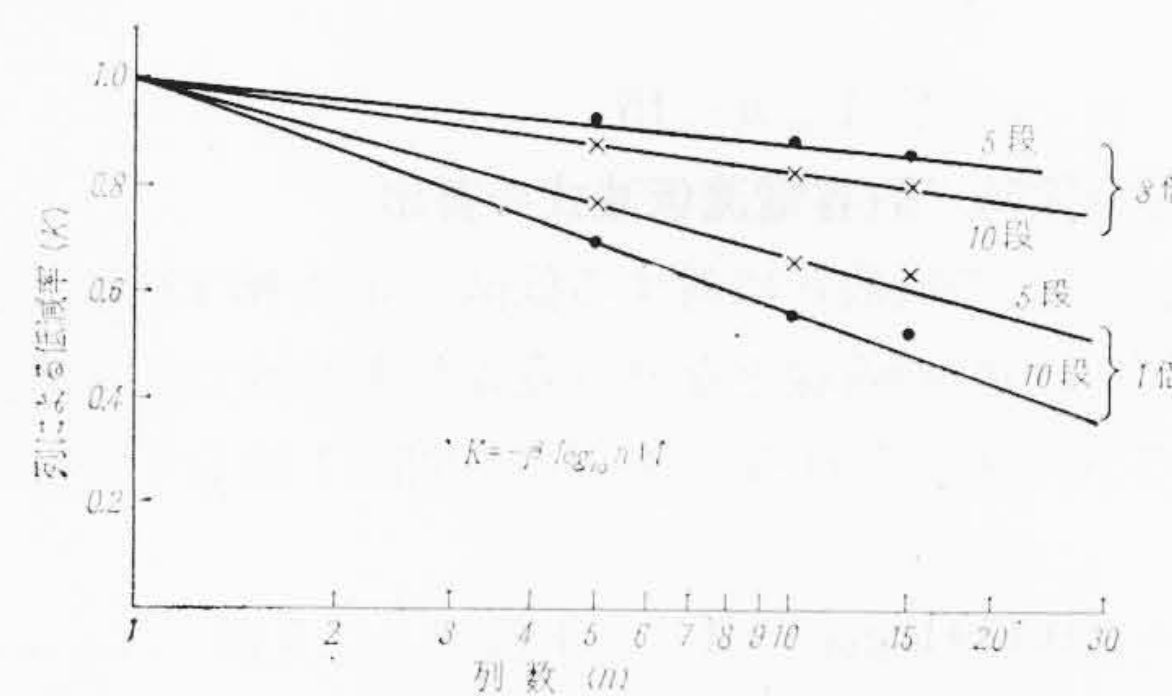
第12図 多条布設時の列に対する電流低減率 (K)



—●—●— 気中 間隔 3 倍
—×—×— 気中 間隔 1 倍
—○—○— 砂中 間隔 1 倍および 3 倍

α : 段に対する許容電流低減率
 S : 段 数

第13図 気中砂中布設時の α - S の関係



K : 列に対する許容電流低減率
 n : 列 数

第14図 気中布設時の K - n の関係

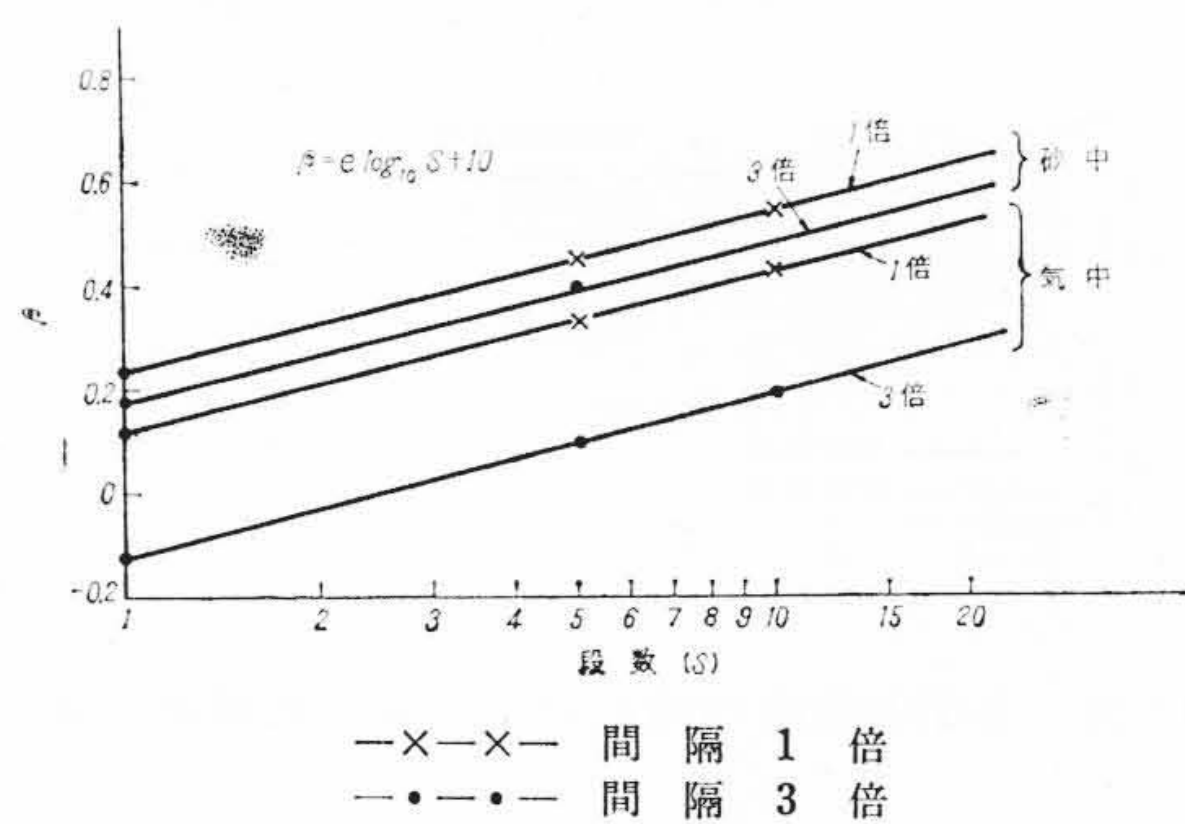
次に列数 n に対する低減率 K は第14図に示すとおり、普通一対数グラフで直線関係となり(3)式が得られた。

$$K = -\beta \log_{10} n + 1 \dots \dots \dots (3)$$

ここで β の値は

$$\begin{aligned} &\beta \\ \text{電線間隔 1 倍} &\begin{cases} S=5 \text{ のとき} & 0.329 \\ S=10 \text{ のとき} & 0.429 \end{cases} \\ \text{電線間隔 3 倍} &\begin{cases} S=5 \text{ のとき} & 0.10 \\ S=10 \text{ のとき} & 0.172 \end{cases} \end{aligned}$$

さらに、この β と段数 S との関係は第15図に示すとおりとなるので(4)式の関係が得られる。

第15図 β と S との関係 (気中および砂中)

$$\beta = e \log_{10} S + C \quad (4)$$

ここで、 e および C は次のとおりである。

	e	C
電線間隔 1 倍のとき	0.30	0.12
電線間隔 3 倍のとき	0.30	-0.12

(3)式に(4)式を代入すると

$$K = -(0.30 \log_{10} S + 0.12) \log_{10} n + 1 \quad (5)$$

$$K = -(0.30 \log_{10} S - 0.12) \log_{10} n + 1 \quad (6)$$

となる。したがって、多条布設時の許容電流 I_x は(1)式に(2)および(5)(6)式を代入することによって求められる。すなわち

$$I_x = I_0 \cdot \alpha \cdot K$$

であるから、 I_x は

電線間隔 1 倍(気中)のとき

$$I_x = I_0 \{-0.2 \log_{10} S + 1\} \{(-0.30 \log_{10} S - 0.12) \log_{10} n + 1\} \quad (7)$$

電線間隔 3 倍(気中)のとき

$$I_x = I_0 \{-0.1 \log_{10} S + 1\} \{(-0.30 \log_{10} S + 0.12) \log_{10} n + 1\} \quad (8)$$

ここに I_0 : 気中 1 条の許容電流 (A)

S : 段数 $1 \leq S < 10$ ただし間隔 3 倍の場合 $S > 2$ とする

n : 列数 $1 \leq n < 15$

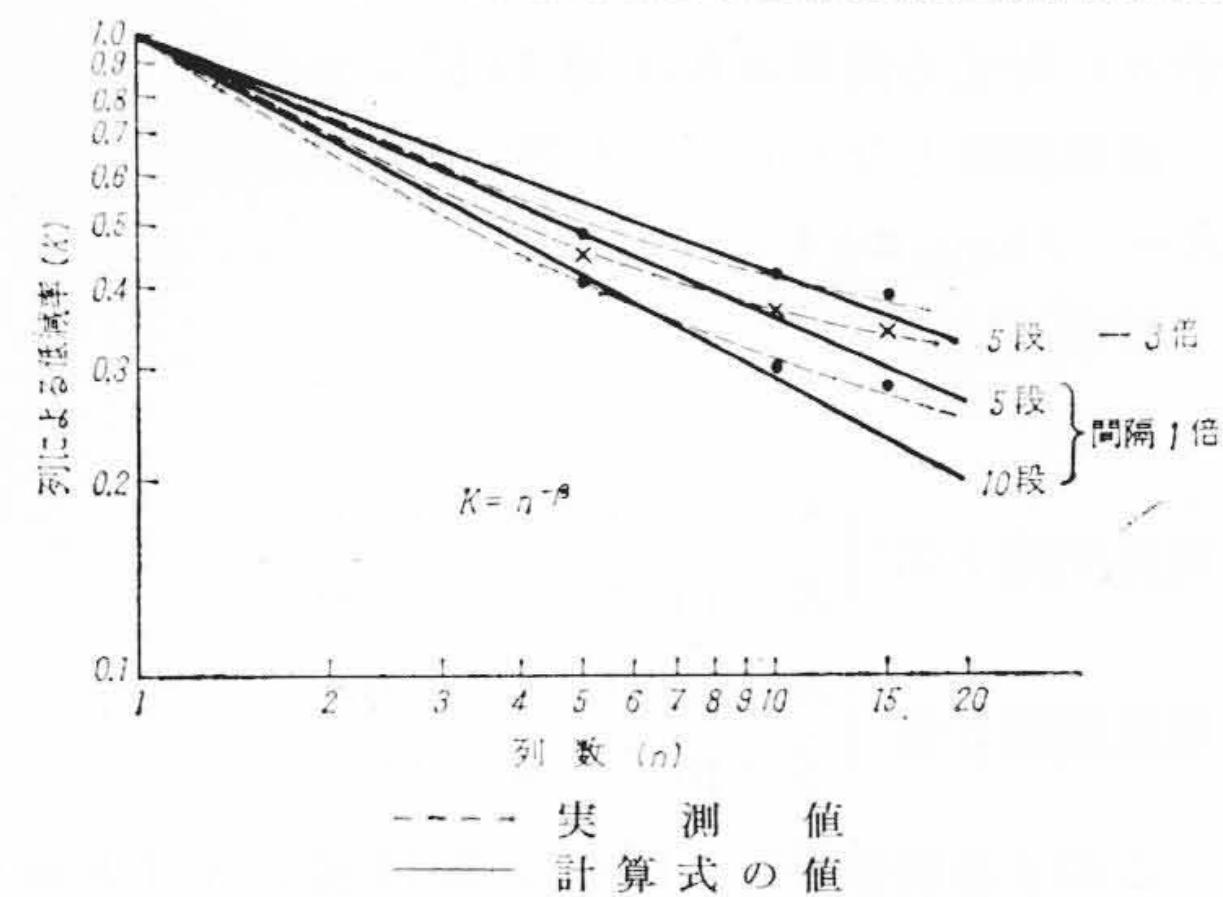
5.2 砂中布設時の許容電流低減式の算出

砂中布設の場合の段数 S に対する低減率 α は第13図に示すとおり気中の場合と類似の直線となり(点線が実測値であり多少誤差がある)、(9)式で表わされる。ケーブル間隔 1 倍も 3 倍もともに同じである。

$$\alpha = -0.429 \log_{10} S + 1 \quad 1 \text{ 倍および } 3 \text{ 倍} \quad (9)$$

次に、列数 n に対する低減率 K は第16図に示すとおり、多少大ざっぱな近似であるが両対数グラフで直線となり(10)式で表示される。

$$K = n^{-\beta} \quad (10)$$

第16図 砂中布設時の K - n の関係

ここで β の値は

	β
電線間隔 1 倍 $\begin{cases} S=5 \text{ のとき} \\ S=10 \text{ のとき} \end{cases}$	$\begin{cases} 0.454 \\ 0.540 \end{cases}$
電線間隔 3 倍 $S=5 \text{ のとき}$	0.383

さらに、この β と段数 S との関係は第15図に示すとおり気中布設時と同様の傾斜の直線的関係となり(11)式が得られる。

$$\beta = e \log_{10} S + C \quad (11)$$

ここで e および C は次のとおりである。

	e	C
電線間隔 1 倍のとき	0.30	0.25
電線間隔 3 倍のとき	0.30	0.18

(10)式に(11)式を代入すると

$$K = n - (0.30 \log_{10} S + 0.25) \quad 1 \text{ 倍} \quad (12)$$

$$K = n - (0.30 \log_{10} S + 0.18) \quad 3 \text{ 倍} \quad (13)$$

となる。したがって砂中における多条布設時の許容電流 I_x は(1)式に(9)式および(12)(13)式を代入することによって(14)式、(15)式から求められる。

電線間隔 1 倍(砂中)のとき

$$I_x = I_0 \{-0.429 \log_{10} S + 1\} \{n - (0.30 \log_{10} S + 0.25)\} \quad (14)$$

電線間隔 3 倍(砂中)のとき

$$I_x = I_0 \{-0.429 \log_{10} S + 1\} \{n - (0.30 \log_{10} S + 0.18)\} \quad (15)$$

ここに I_0 : 砂中 1 条の許容電流 (A)

S : 段数 $1 \leq S < 10$

n : 列数 $1 \leq n < 15$

以上の実験式より気中および砂中(土壌)布設時でしかも電線間隔が 1 倍および 3 倍、 $n=15$ 、 $S=10$ の場合までについて許容電流を求めることができる。

なお、実験式と実測値の対比であるが、気中布設の場合には 1~2% 程度の差でほとんど一致している。しかし、砂中布設の場合には実験式の導入過程において多少無理をしたため最大 14% 程度の差が認められた。

5.3 実験式の確認

次にこの実験式が妥当であるかどうか若干検討してみる。

まず、比較的ケーブル条数の少ない場合について検討してみる。佐藤氏⁽⁹⁾の文献によると 600 V 50 mm² BN ケーブル、三相 2 回線を気中に布設した場合(ケーブル間隔 1 倍)、許容電流の低減率は 0.94 となっている。これを筆者らの実験式より求めると($S=2$ 、 $n=3$ (7)式より) 0.845 となり約 10% 程度の差がある。われわれの実験は最大 150 条程度の多条数で行なったものであり、条数の少ないものでは多少誤差があると考えられる。

比較的ケーブル条数の多い場合についてはあまりデータが見当たらないが、P. Torchio 氏⁽⁴⁾の 36 条についての電流低減率と(直接比較することはできないが)ほぼ一致することがわかった。

次に、ケーブル間隔による低減について検討してみる。30 kV 単心 1,000 mm² ソリッドケーブル 3 条をケーブル外径の 1 倍と 2 倍離れた場合の許容電流は山崎氏⁽⁷⁾の計算によると前者が 925 A、後者が 1,020 A となっている。

したがって、電線間隔 1 倍と 2 倍の比は $925/1,020=0.91$ となる。これを筆者らの実験式より計算してみると 0.938 となり約 3% の差で一致している。なお、われわれの実験は電線間隔 2 倍は行っていないので 1 倍と 3 倍の場合のデータより内そうして推定した。また、気中の場合 $S=1$ は計算できないので $S=2$ 、 $n=3$ として求めた。

以上のような検討結果からわれわれの求めた実験式はほぼ妥当性のある実験式であるということが出来る。

なお筆者らの実験に使用した砂の熱抵抗は約 $70^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$ (熱抵抗針法により測定) であり, 多少湿った感じのする砂である。この値は W. A. Sinclair 氏⁽¹⁰⁾のデータより考慮すると妥当な値といえる。

以上の実験により, 一般的なケーブルの許容電流計算式⁽⁷⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾に筆者らの低減率を乗ずれば多条布設時の許容電流は簡単に求められる。

7. 結 言

多条布設ケーブルの許容電流低減に関する実験結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 600V, $1\times 8\text{mm}^2$ ビニル線を気中および砂中(土壌布設の模擬)に150条まで布設し, 温度上昇に関する実験を行なった。実験は電線間隔を電線外径の1倍および3倍離れたものについて, 5段で5列・10列および15列, また10段で5列, 10列および15列の布設条件で行なった。
- (2) 気中布設の場合には対流による熱放散が主であり, 10段程度にすると中央の段よりも上部の段が高い温度になる。砂中布設の場合には伝導による熱放散が主であり, ほぼ中央の段が最高になる。
- (3) これらの実験結果より許容電流低減に関する実験式を求めることができた。すなわち, 気中布設, 電線間隔の1倍の場合は(7)式が, また電線間隔3倍の場合は(8)式がそれである。砂中布設で電線間隔1倍では(14)式, 3倍では(15)式となる。

これらの式は最大10段・15列までの布設条数に適用される。

- (4) ケーブルを多条布設として使用すると許容電流は, 気中では(電線間隔1倍, 10段・15列)約55%も減少する。また砂中布設では(電線間隔1倍, 10段・15列)83%も減少することがわかった。なお確立した実験式は温度上昇 40°C の場合について求めたものであるが, 温度上昇 50°C の場合についても適用されることを実験的に確かめた。

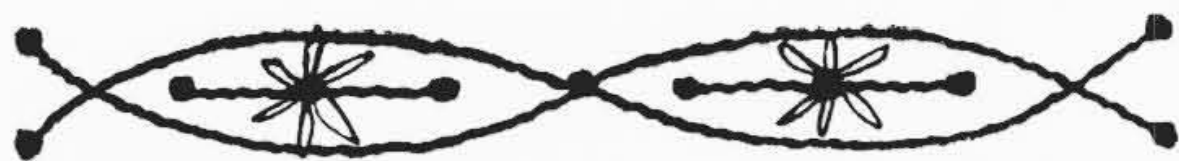
以上の実験結果より従来推定の域を脱し得ない状態であった多条布設ケーブルの許容電流に関する技術的問題の一部を解決することができると考えている。

しかし, これらの結果はあくまで実験的に求められたものであって理論的な裏付けはなされていない。われわれは第1段階として実験式の誘導を行なったが, 第2段階としてこの実験式を説明する理論の確立を行なうことを今後の研究の目標としている。

終わりに, 終始ご指導いただいた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。なお, 実験は当研究部本田および佐藤氏の協力の賜物であることを付記してお礼にかえる次第である。

参 考 文 献

- (1) 依田, 相田: 電気学会東支大会 No. 224 (昭 35-11)
- (2) 相田, 依田: 日立評論 43, 95 (昭 36-5)
- (3) 依田, 相田: 電気学会連合大会 No. 808 (昭 36-4)
- (4) P. Torchio: TAIEE, 40, 107 (1921-7)
- (5) 加藤: OHM 臨時増刊 44, 4号, 31 (1957-3)
- (6) R. J. Wiseman, R. W. Burrell: TAIEE, 79, 794 (1960-12)
- (7) 山崎: 古河電工, 第9号, 44 (昭 13-5)
- (8) H. B. Dwight, H. W. Tileston: G. E. R., 43, 213 (1940)
- (9) 佐藤, 増田: 電気学会東支大会 No. 267 (昭 35-11)
- (10) W. A. Sinclair, F. H. Buller: TAIEE, 79, 820 (1960-12)
- (11) D. M. Simons: TAIEE, 42, 60 (1923-6)
- (12) 東野, 代谷, 木原: 電気公論 38, 1510 (1960-12)



特許第308028号 (特公昭37-15867)

特 許 の 紹 介



伴 野 正 美・高 木 武
徳 山 巍・佐 藤 興 吾

半 導 体 ス イ ッ チ ン グ 素 子 の 製 造 法

本発明は基体半導体に p 形, n 形不純物からなる不純物ドットを合金化する際, 上記 p, n 不純物の偏析係数の時間的変化を利用して上記基体の再結晶領域に p 形, n 形の2層を形成する方法を用いた半導体スイッチング素子の製造法に関する。

以下本発明の代表的な実施例, pnp⁺n⁻スイッチング素子の製法について説明する。n 形 Ge 薄片 22 の表面上に Pb に少量の In を含有せしめてなる不純物合金片 25 を, それと反対側の表面上に Pb に5~30%の In とそれより少量の例えば0.1~20%程度の Sb とを含有せしめてなる不純物合金片 26 を夫々付着して $700\sim 750^{\circ}\text{C}$ の温度で溶着せしめ, $25^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の速度で冷却さす。この際生ずる再結晶層 21 はもちろん p 形であるが, その反対側に構成せられる再結晶層は前記実効偏析係数の変化割合の差によって p 形再結晶層 23 および n 形再結晶層 24 である。なお前述の諸条件で得られた再結晶層 23 および 24 においては p 領域 23 中での実効不純物濃度は n 領域 24 中での実効不純物濃度よりも大きくなる。また基体半導体として i 導電形または p 領域 21 の不純物濃度より低い不純物濃度の p 導電形半導体でもよい。

上記実施例によって明らかにされた如く, 本発明方法は従来の

pnpnスイッチング素子製法に比較して作業工程を簡易化し, 且つ良好な特性を有するスイッチング素子をバラツキ少なく, 歩留り良く得られる等実用的に著しい特長を有する。(志 村)

