

電力ケーブルの内部強制水冷

Forced Water Cooling of Conductor for Power Cables

沼尻文哉*
Fumiya Numajiri

内 容 梗 概

電気炉、高周波誘導加熱炉などに最近水冷ケーブルが用いられつつある。本論文は導体内部に通水路をもうけ強制水冷する電力ケーブルの内部冷却方式に対する理論式の誘導と実験的検討結果を述べたものである。理論と実験結果はよい一致を示した。この内部強制水冷方式によれば、200 mm² ブチルゴム絶縁ケーブルで数千アンペアの電流を通電できる。

一方、事故による通水停止時の導体温度上昇特性も解析した。

1. 緒 言

一般のケーブルを使用して大電流を通電する場合には、われわれは、超特大サイズのケーブルを開発するか、多数条のケーブルを並列に接続して使用するか、どちらかの方法を取っている。ケーブルを多条布設する場合には、布設上の困難とケーブル1条当たりの許容電流の大幅な低減が問題となる。これらの問題に対する最良の解決策としてケーブルの強制冷却があげられる。

強制冷却ケーブルのうちで冷却効果が最も大きなケーブルは導体内部に通水孔を持つ内部水冷ケーブルである。この種のケーブルは現在、高周波誘導炉あるいは電気炉に使用されている。このケーブルは、とくに、水冷電極あるいは水冷コイルへの通電ケーブルおよび短時間くり返し大電流負荷用ケーブルとして最適のものである。

内部水冷ケーブルは導体の電流密度を非常に高くできるという点に経済的利点を有するのであるが、逆に、電流密度が高ければ導体中の電力損失が大きく、この点が大きな欠点となっている。冷却媒体として水を使用するため、給水部分における絶縁性が問題になる。したがって、内部水冷ケーブルは千ボルト以下の電源には簡単に使用できるが、20 kV 以上の高電圧に適用するには特殊な給水端子が必要になる。この意味から超高压ケーブルにおいては内部強制油冷方式が採用されている。また、内部水冷ケーブルは冷却区間の長さに限界があり、数百米以上を冷却するには区間を分割して冷却することが必要である。

本論文は 200 mm² ブチルゴム絶縁内部水冷ケーブルの導体温度上昇特性を実験によって求め⁽¹⁾、理論式との一致を確認するとともに、概略設計のための資料を与えるものである。

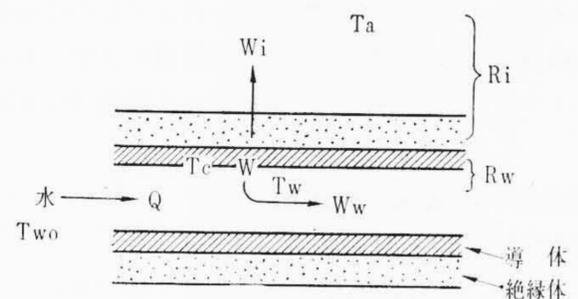
2. 冷却理論

2.1 冷却時における導体温度上昇

熱的に定常状態にある場合で考えると、導体発熱量は絶縁体を通じて外界に消散する熱量と水に吸収される熱量との二つに分けられる。内部水冷ケーブルでは導体と冷却体が直接接触するので、導体抵抗の温度変化は無視できない。そこで、冷却水の入口点より x の距離部分で次式が成立する。(第1図)

$$\left. \begin{aligned} Wdx &= W_i dx + W_w dx \\ Wdx &= W_0 \{1 + \alpha(T_c - T_a)\} dx, \quad W_0 = I^2 R_{AC} \\ R_i W_i dx &= (T_c - T_a) dx \\ R_w W_w dx &= (T_c - T_w) dx, \quad W_w dx = CQd(T_w - T_a) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 W : 導体発熱量 (W/cm)
 W_i : 外部放散熱量 (W/cm)



第1図 冷却説明図

- W_w : 水の吸収熱量 (W/cm)
- W_0 : T_a °C における導体発熱量 (W/cm)
- T_c : 導体温度 (°C)
- T_a : 周囲基底温度 (°C)
- T_w : 水温 (°C)
- R_i : 導体外部 (絶縁体と表面放散あるいは土壌との和) 全熱抵抗 (°C·cm/W)
- R_w : 導体-水間熱抵抗 (°C·cm/W)
- C : 水の熱容量 (40°C で 4.16 W·s/°C·cm³)
- Q : 流量 (cm³/s)
- I : 通電電流 (A)
- R_{AC} : T_a °C における交流抵抗 (Ω/cm)
- α : 導体抵抗温度係数 (1/°C)

なお、20°C の導体抵抗 R_{20} および温度係数 α_{20} 、表皮(効果)係数 k_s より、 R_{AC} および α は

$$\left. \begin{aligned} R_{AC} &= k_s R_{20} \{1 + \alpha_{20}(T_a - 20)\} \\ \alpha &= \alpha_{20} / \{1 + \alpha_{20}(T_a - 20)\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1')$$

となる。

R_w は流量 Q と水温 T_w の関数であるが⁽²⁾⁽³⁾、これを一定と仮定すると(1)式より水温に対する次の基本微分方程式が成立する。

$$\frac{d(T_w - T_a)}{dx} + \frac{(T_w - T_a)}{CQ(R_i' + R_w)} = \frac{W_0 R_i'}{CQ(R_i' + R_w)} \dots\dots\dots (2)$$

ただし

$$R_i' = R_i / (1 - W_0 R_i \alpha) \dots\dots\dots (2')$$

入口水温を T_{w0} (°C) とすれば、上式の解は

$$T_w - T_a = W_0 R_i' \left\{ 1 - \varepsilon^{-\frac{x}{CQ(R_i' + R_w)}} \right\} + (T_{w0} - T_a) \varepsilon^{-\frac{x}{CQ(R_i' + R_w)}} \dots\dots\dots (3)$$

であり、ケーブル導体温度 T_c は(1)、(3)式より

* 日立電線株式会社日高工場

$$T_c - T_a = W_0 R_i' \left\{ 1 - \frac{R_i'}{R_i' + R_w} \varepsilon^{-\frac{x}{CQ(R_i' + R_w)}} \right\} + \frac{R_i'}{R_i' + R_w} (T_{w0} - T_a) \varepsilon^{-\frac{x}{CQ(R_i' + R_w)}} \dots\dots (4)$$

となる。したがって、ケーブル遠端、すなわち水の出口点において導体温度を最高許容温度に押えた場合、ケーブルの冷却区間長と流量の比は次式である。

$$\frac{L}{Q} = C (R_i' + R_w) \log_e \left[\frac{R_i'}{R_i' + R_w} \times \frac{(T_{w0} - T_a) - W_0 R_i'}{(T_m - T_a) - W_0 R_i'} \right] \dots\dots (5)$$

ここで、 L : ケーブル冷却区間長 (cm)
 T_m : ケーブル導体の最高許容温度 (°C)

2.2 通水停止時の導体温度—時間特性

事故によって通水停止を受けたときの導体温度変化は冷却ケーブルの過負荷耐量あるいは電流遮断時間を判定するのに必要である。

通水停止は無冷却にほかならない。過渡温度状態においては発熱量 W は W_i とケーブルの熱容量に蓄積される熱量 W_h とに分けられる。

$$\left. \begin{aligned} W dx dt &= W_i dx dt + W_h dx dt \\ W_h dt &= C_h d(T_c - T_a) \end{aligned} \right\} \dots\dots (6)$$

ここで、 W_h : 導体に蓄積される熱量 (W/cm)
 C_h : ケーブルの熱容量 (W・s/°C・cm)
 t : 時間 (s)

上式と(1)式の一部より次の微分方程式が得られ、

$$\frac{d(T_c - T_a)}{dt} + \frac{T_c - T_a}{C_h R_i'} = \frac{W_0}{C_h} \dots\dots (7)$$

これより次式が得られる。

$$T_c - T_a = W_0 R_i' \left\{ 1 - \varepsilon^{-\frac{t}{C_h R_i'}} \right\} + (T_{c0} - T_a) \varepsilon^{-\frac{t}{C_h R_i'}} \dots\dots (8)$$

ここで、 T_{c0} : 通水停止直前の導体温度 (°C)
 R_i' : (2')式に同じ

一方、水は100°C以上で気化する。気化して膨張した蒸気は出口より噴出する。この間中、ケーブルの導体温度は全長にわたってほぼ一定に保たれる。

通水停止直前に T_{c0} °C であった水(以後通水停止となるため水温は導体温度に等しい)が水の気化温度 T_u °C になるまでの時間 t_a (s) は

$$t_a = C_h R_i' \log_e \left[\frac{(T_{c0} - T_a) - W_0 R_i'}{(T_u - T_a) - W_0 R_i'} \right] \dots\dots (9)$$

であり、 T_u °C の水が気化潜熱を吸収して蒸気になるまでの時間 t_b (s) は次式である。

$$t_b = \frac{R_i' S \rho E_u}{W_0 R_i' - (T_u - T_a)} \dots\dots (10)$$

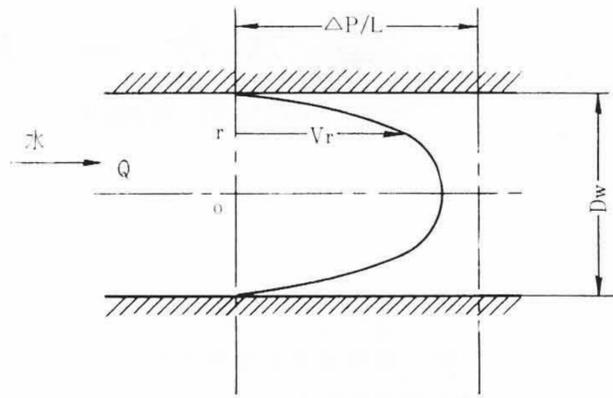
ここで、 t_b : T_u °C の水が気化するまでの時間 (s)
 S : 通水路の断面積 (cm²)
 ρ : 水の密度 (g/cm³)
 E_u : 水の気化熱 (W・s/g)

なお、(10)式は発生熱 W が外部放散熱 W_i と気化熱 $S\rho E_u$ との和に等しいとして求められた。

したがって、通水停止から温度が T_u °C 以上に上昇する直前までの時間 t_u (s) は次式である。

$$t_u = t_a + t_b \dots\dots (11)$$

水が完全に噴出し終わる時間は入口付近の水が蒸発するときであるので、 $T_{w0} = T_{c0}$ として(11)式を求めればよいが、実際には蒸気



第2図 圧力降下説明図

とともに水も噴出するので、時間 t_b は(10)式で与えられるよりもずっと短くなる。

2.3 通水管中の圧力降下⁽⁴⁾⁽⁵⁾

第2図のように円筒管中を流れる水は管壁では静止し、管中心で最大流速になっている。これらの流速は同心円状に分布しており、次の方程式が成立する。

$$\mu \left(\frac{d^2 V_r}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dV_r}{dr} \right) = -g \frac{\Delta p}{L} \dots\dots (12)$$

ここで、 V_r : 中心より半径 r (cm) 点の流速 (cm/s)
 Δp : 通水管両端の圧力差 (g/cm²)
 L : 通水管全長 (cm)
 μ : 流体の粘性係数 (g/cm・s)
 g : 重力加速度 (cm/s²)

これを解いて

$$V_r = \frac{g}{4\mu} \left(\frac{\Delta p}{L} \right) \left(\frac{D_w^2}{4} - r^2 \right) \dots\dots (13)$$

が得られ、流量 Q は次式になる。

$$Q = \int_0^{D_w/2} 2\pi r V_r dr = \frac{\pi g D_w^4}{128\mu} \left(\frac{\Delta p}{L} \right) \dots\dots (14)$$

ここで、 D_w : 通水管内径 (cm)
 Q : 流量 (cm³/s)

一方、管摩擦係数とレイノルズ数との間には層流のとき次の関係が与えられている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$f = \frac{64}{N_R}, \quad N_R = \frac{4\rho Q}{\pi\mu D_w} \dots\dots (15)$$

ここで、 f : 管摩擦係数
 N_R : レイノルズ数

したがって、管内の圧力降下 Δp は次式となる。

$$\Delta p = \frac{8}{\pi^2} \frac{\rho f}{g} \left(\frac{LQ^2}{D_w^5} \right) \dots\dots (16)$$

(15)式の f は層流に対するもので、 $N_R < 2,000$ で成立する。 $N_R > 2,000$ ならば乱流になるので、プラントル・ニコラゼの式およびコールブルックの式より⁽⁶⁾、 f の値として次式で提示される f_2 、 f_3 を用いなければならない⁽⁵⁾。

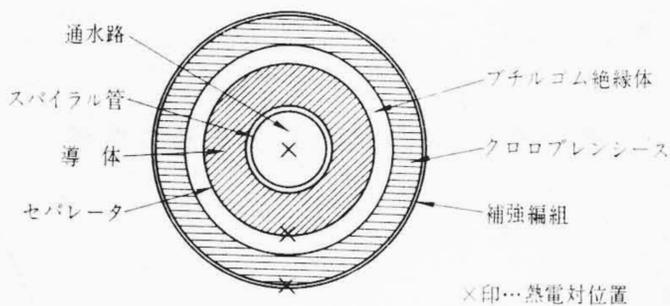
$$\left(1 + \frac{D_w}{s} \right) \frac{1}{N_R \sqrt{f_2}} < 0.005 \text{ のとき} \\ \frac{1}{\sqrt{f_2}} = 2 \log_{10} \left(1 + \frac{D_w}{s} \right) + 1.14 \dots\dots (17)$$

$$\left(1 + \frac{D_w}{s} \right) \frac{1}{N_R \sqrt{f_2}} > 0.005 \text{ のとき} \\ \frac{1}{\sqrt{f_3}} = \frac{1}{\sqrt{f_2}} - 2 \log_{10} \left[1 + 9.31 \left(1 + \frac{D_w}{s} \right) \frac{1}{N_R \sqrt{f_2}} \right] \dots\dots (18)$$

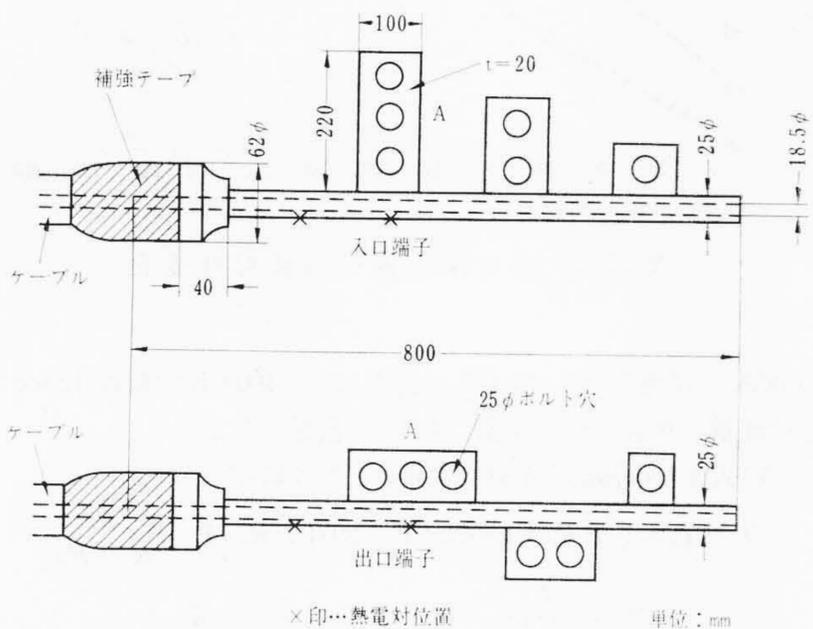
ここで、 s : 通水路のスパイラル管の厚さ (cm)。

第1表 200 mm² 内部水冷ケーブルの構造

項目	単位	規格値	
公称電圧	V	800	
導体	スパイラル管外径	mm	13.7
	公称断面積	mm ²	200
	構成	本/mm	1,292/0.45
	外径	mm	25.8
セパレータ厚	mm	0.05	
ブチルゴム絶縁厚	mm	3.0	
クロロプレキシース厚	mm	4.8	
補強用埋込ヘンソ厚	mm	(1.0)	
標準仕上外径(約)	mm	42	
最大仕上外径	mm	44.1	
導体抵抗(20°C)	Ω/km	0.0947	
試験電圧	V/1分	5,000	
絶縁抵抗(20°C)	MΩ/km	160	
概算重量	kg/km	3,460	



第3図 ケーブル断面



第4図 内部水冷ケーブル端子構造概略

3. 冷却特性の実験的検討

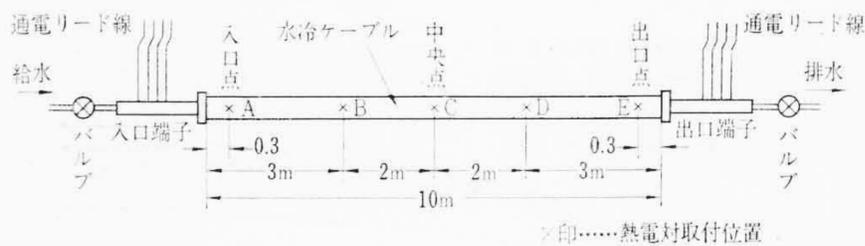
3.1 実験の概要

実験は高周波誘導炉用の 200 mm² ブチルゴム絶縁クロロプレキシース内部水冷ケーブルを使用して行なわれた。第1表および第3図はケーブルの特性および構造を示すものである。使用ケーブル長は 10 m で、その両端に 0.8 m の端子が付く。第4図は給電および給水用端子の寸法を示したものである。

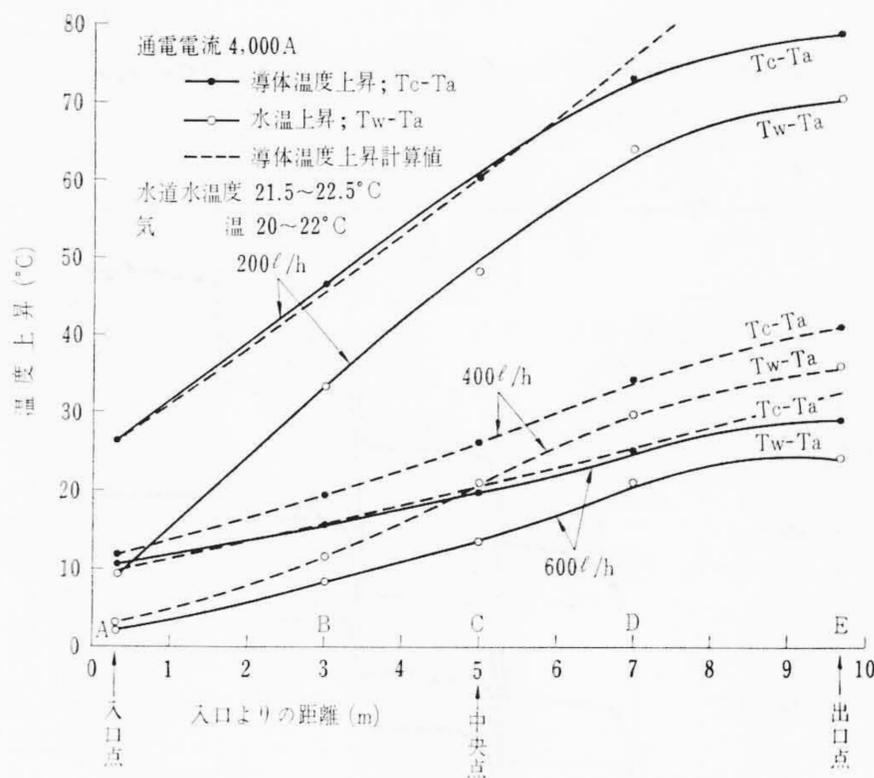
給水は流量計および流量調整バルブを通して直接水道水で行なわれた。ケーブル遠端の出口側にも流量調整バルブを付け、流量の正確な調整はこのバルブで行なった。温度測定場所は第5図の5箇所で、それぞれの点において導体温度、シース(外層)温度および水温の三つが熱電対で測定された。流量は温度測定時の排水をピーカーに取り正確にチェックされる。

3.2 導体温度上昇と流量の関係

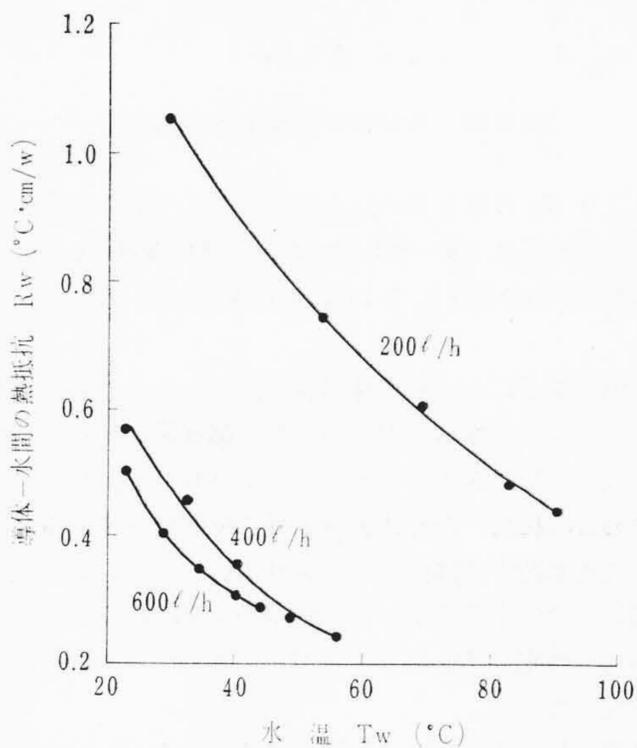
第6図は流量が 200, 400 および 600 l/h のときの導体温度上昇



第5図 実験配置



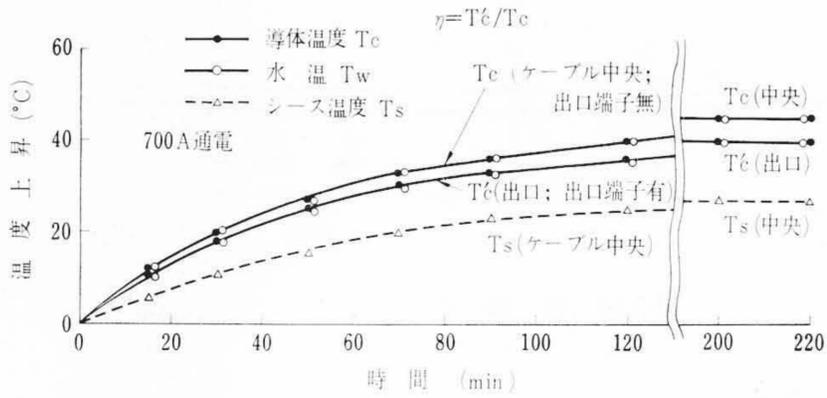
第6図 長さ方向の温度分布 (200 mm² 水冷ケーブル)



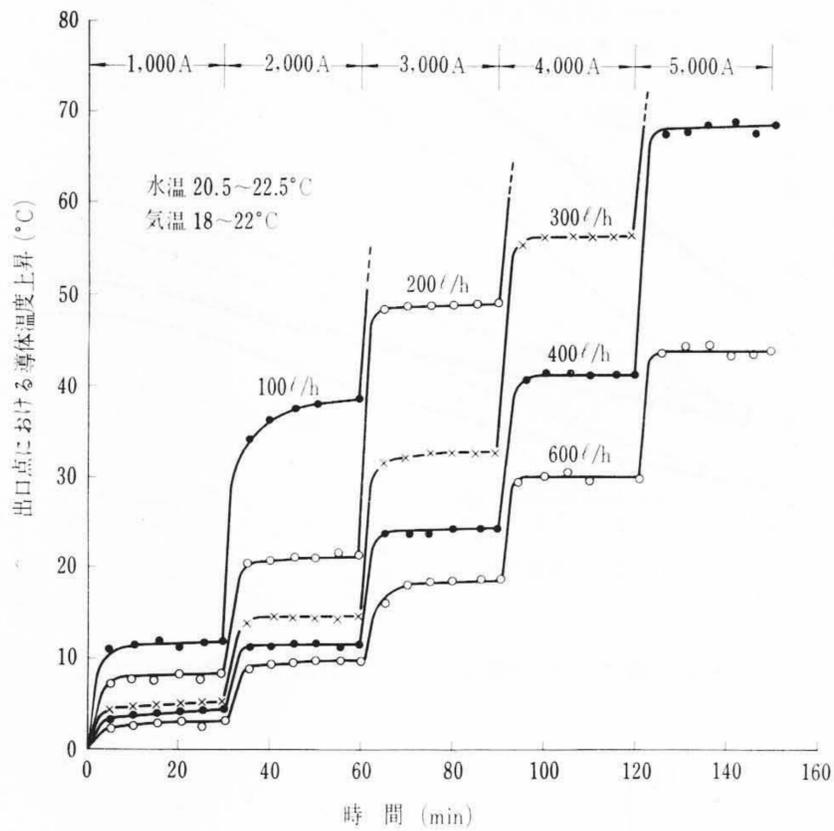
第7図 導体と水との間の熱抵抗

($T_c - T_a$) と水温上昇 ($T_w - T_a$) の分布である。実線、破線は実測値、点線は(4)式による導体温度上昇の計算値である。入口より 7 m までは実測と計算とはよく一致しているが、出口点近傍では実測値は大きく下回る。これは出口点に取り付けられた端子の影響である。

導体温度 T_c と水温 T_w との差は導体-水間の熱抵抗 R_w によって生ずるもので、点線の計算値はこれを一定と仮定して求められたものであるが、第6図から明らかとなり、 R_w は流量および水温に依存し、それらの増加とともに減少する傾向を持つ。第7図は実



第8図 非冷却時の温度上昇時間特性 (静水; 700A 通電)



第9図 冷却時の温度上昇時間特性

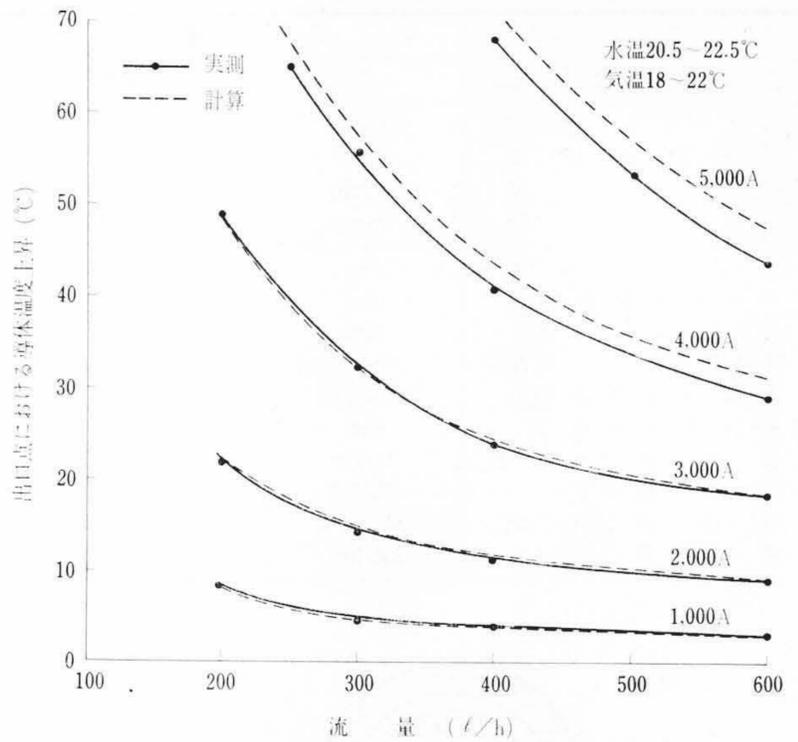
験データより R_w の値を求めたものである。一般の水冷ケーブルの使用条件では流量は 200~800 l/h, 水温は 20~80°C と考えられるので, R_w は大きめの値として 1.0°C·cm/W 程度を考えればよいであろう。

一方, 出口端子における導体温度の低下をみるため, 通水しない状態で, 出口端子有無の状況を調べた。第8図はケーブル中央点のC点(出口端子無に相当)と出口端子より0.3m部分のE点(出口端子有の場合に相当)の導体温度上昇の時間特性である。通電電流は700Aで通水路中には静水が満されている。これから端子による出口点(E点)の温度降下率 η は $\eta=0.89(=40/45)$ となる。

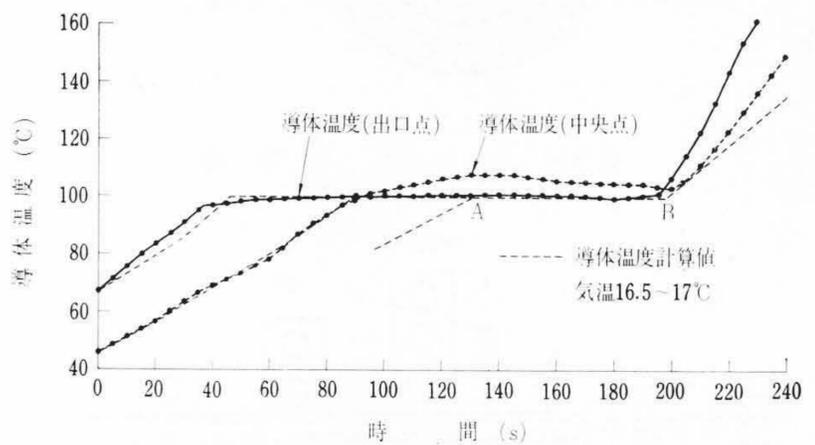
以上の二つの定数 R_w と η を考慮して実験データの理論式による解析を行っていく。

導体温度上昇—時間特性 第9図は出口点(E点)における導体温度変化の時間特性を示したものである。導体温度上昇は5~10分後には完全に一定値に達している。冷却時には発生熱の大部分が水によって持ち去られるので, 温度上昇の時定数は非常に小さくなる。たとえば, 100 l/hの流量では入口にはいった水は排出されるまでに約6.5分かかるので, 導体温度上昇の時定数はたかだか水がケーブルを一巡する時間程度と考えてよいであろう。したがって, 過電流が流れた場合には迅速に流量を増すか, あるいは水がケーブルを一巡しないうちに電流を遮断しなければならない。

導体温度—流量特性 第10図 実線は導体温度上昇の流量による変化を出口点(E点)において求めたものである。最高周囲温度を35°Cとしてこの水冷ケーブルに45°Cの温度上昇を許容すれば,



第10図 導体温度上昇と流量の関係



第11図 通水停止後の導体温度変化

4,000Aの電流容量は400 l/hで得られる。400 l/hは毎秒120cc以下の流量で水道水圧で容易に得られる流量である。

(4)式より導体温度上昇は次式のとおりになる。

$$T_c - T_a = \eta \left[k_s R_{20} \{ 1 + \alpha_{20} (T_a - 20) \} I^2 R_i' \left\{ 1 - \frac{R_i'}{R_i' + R_w} \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{L}{\epsilon C Q (R_i' + R_w)} \right\} + (T_{w0} - T_a) \frac{R_i'}{R_i' + R_w} \right. \\ \left. - \frac{L}{\epsilon C Q (R_i' + R_w)} \right] \dots \dots \dots (19)$$

ただし, $R_i' = R_i / (1 - k_s \alpha_{20} R_{20} I^2 R_i)$

ここで, η : 端子による温度降下率 (=0.89)

k_s : 表皮係数 (=1.02)

熱抵抗 R_i として第8図より求められる実測値 90.1°C·cm/W を使用し, 実験時の条件を代入して(19)式より求めた導体温度上昇は第10図破線であって, 電流が大きくなると計算値は実測値からずれる。この原因は端子効果 η が発熱量によって変わること, 熱抵抗 R_i の変化あるいは初期入力条件の違いによるものと判断される。いずれにしてもその差は大きくなく, 温度上昇は高めに計算されるので実用的には問題を生じない。

3.3 通水停止時の導体温度変化

第11図は入口側バルブによって通水を停止してからの導体温度の時間変化を実測したものである。水は37分後出口端子より噴出し, ケーブル内のすべての水が蒸気とともに排出されるまで導体温度はほとんど一定に保たれる。図中の点線は水の噴出前後における

第2表 端子部温度上昇

流量 (l/h)	電流 (A)	端子温度上昇 (°C)	
		入口側	出口側
100	2,500	18.5	49
200	1,000	5	6.5
	2,000	10	19
	3,000	19.5	40
	4,000	36.5	69
300	1,000	3	4
	2,000	8	12.5
	3,000	20.5	28.5
	4,000	33	50.5
400	1,000	2	2.5
	2,000	6.5	8
	3,000	15	20
	4,000	29	33
	5,000	51	61.5
500	5,000	47	50
600	1,000	2.5	2.5
	2,000	7.5	8
	3,000	15.5	17
	4,000	27	27
	5,000	42.5	43.5
800	5,000	30	30

導体温度の変化特性を(8)式より計算したものである。

(10)式によれば、100°Cの水がすべて蒸気化するまでの時間は約150秒であるが、入口点の水が100°Cになる時間(A点)から温度急昇時間(B点)まで約70秒程度であるので、水の約50%は水蒸気にならないで排出されていることになる。

3.4 水冷ケーブル端子の温度上昇

第2表は出入口端子の温度上昇を測定したものである。電流は第4図のA端子のみから流された。端子部の温度上昇はケーブル部よりも数°C~10°C低い、その傾向は一様ではない。

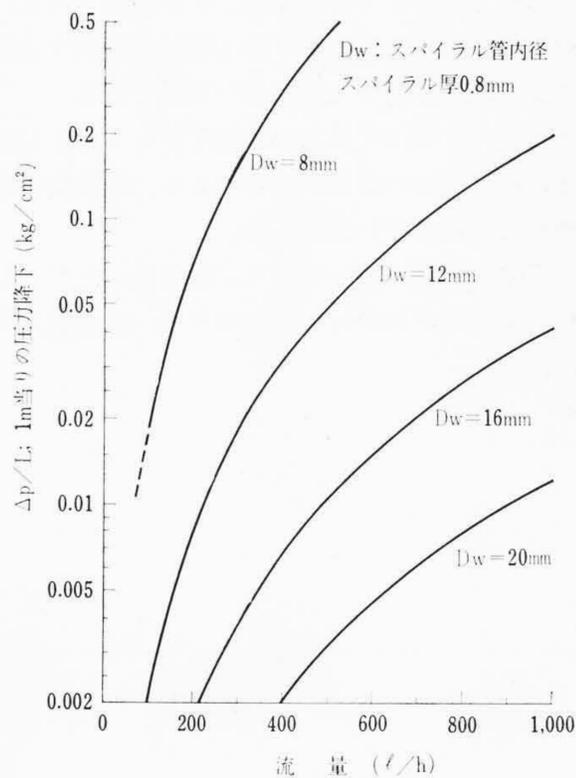
4. 内部水冷ケーブル設計上の指針

内部水冷ケーブル設計に当たっての問題は(1)所要流量の決定と(2)導体サイズの決定の二つである。

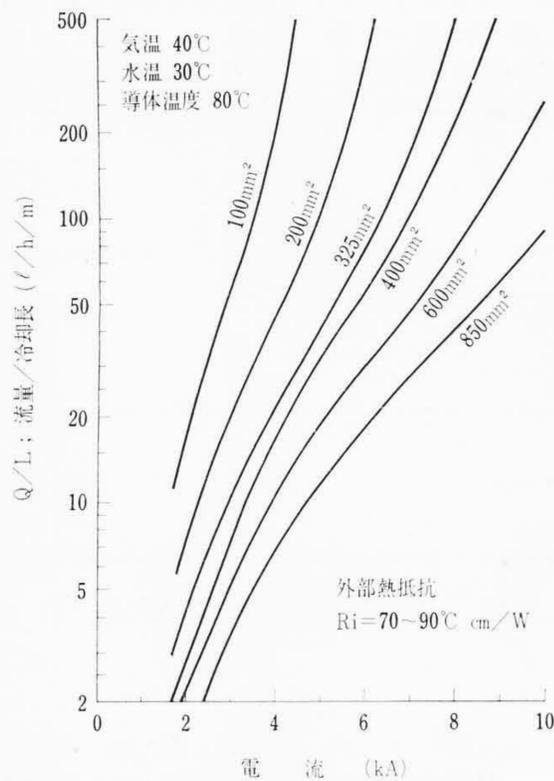
流量に加えらるる制限は給水方式によって決定される最低水圧であって、ケーブル通水路両端の圧力降下がこの最低水圧よりも小さくなるように通水スパイラル管の内径を決定しなければならない。第12図は(15)~(18)式を用いて通水管中の圧力降下 Δp (kg/cm²) とケーブル冷却区間長 L (m) の比 $\Delta p/L$ を流量 Q (l/h) に対して計算したものである。スパイラル管の厚さ s (=0.8 mm) を一定としてその内径 D_w (mm) を8~20 mm に選んでいる。 $L=20$ m, $Q=400$ l/h のとき水圧を1 kg/cm² に押えるとするならば、スパイラル管内径は12 mm でなければならない。 $Q=800$ l/h では16 mm の内径が必要であろう。

この種の水冷ケーブルは水道に直結されて通水されるのが最も経済的であるが、水道の水圧は十分な流量を与えるので問題はない。

次に、導体サイズの選定を考える。夏期最高気温を40°C、その時の水温を30°Cとして、(5)式よりケーブル導体温度80°Cのときの流量を求めたものが第13図である。縦軸は流量 Q (l/h) と冷却区間長 L (m) の比 Q/L で示され、導体公称断面積をパラメータにして求められている。外部全熱抵抗 R_i は70°C・cm/Wと90°C・cm/Wとの二つについて計算されたが、その差はわずかで同一曲線上にプロットされた。たとえば、電流6,000 Aを20m通電する場合、600mm²のケーブルで600 l/hの流量が必要である。これを400 mm²のケーブルで満足させるには所要流量は1,100 l/hとなり、通水管の内径 $D_w=12$ mm では圧力降下は5 kg/cm² となって水道水圧では無理



第12図 通水管中の圧力降下と流量の関係



第13図 所要流量と通電電流の関係

である。(第12図)

第12, 13図は内部水冷ケーブルの初期設計の資料であって、導体サイズおよびケーブル構造が選定されたならば、正確な所要流量は理論式によって再計算されることが必要である。なお、第13図では端子部の影響は見積られていないので、端子による低減効果があればその分だけ裕度が増すことになる。

5. 結 言

内部冷却ケーブルの冷却理論式を確立したが、実験結果によると給水端子の影響が大きいことが判明した。水冷ケーブルは冷却終端において導体温度が最高になるので、われわれは出口側端子に留意して水冷ケーブルの設計を行なわなければならない。出口側端子の電流容量を大きく取るほうが冷却効果は良好である。

内部水冷ケーブルは流量による許容電流の変化が大きいので、給水源の特性で設計上のすべての因子が決定されるといっても過言ではない。断水などに備えて給水槽を設置すれば理想的であるが、経

済の見地から水道と直結して使用することが推奨されるので、内部水冷方式の実施に当っては流量低下時に電源を遮断する装置は不可欠のものである。これは簡単な継電器で実現できる。

内部水冷ケーブルを60kV以上の高電圧ケーブルとして用いる場合には特殊な給水用端末の開発が必要であり、絶縁体の劣化に対して十分な考慮がなされなければならない。

終わりに、実験の実施に際して種々ご協力をいただいた日立電線株式会社日高工場三好英男氏および相田和夫、三上俊二の諸氏に感謝する次第である。

参考文献

- (1) 相田, 三好, 沼尻: 四学会連合大会講演論文集 No. 1051 (昭38-4)
- (2) P. Ralston, G. H. West: CIGRÉ No. 215 (1960)
- (3) 岡田, 広瀬, 長浜, 目見田, 代谷, 高田, 林, 北村: 住友電気 79, 23 (昭37)
- (4) 玉木: 応用力学講座 流体力学 III, 27 (昭33 共立出版株式会社)
- (5) C. T. W. Sutton, A. M. Morgan, W. G. Hawley, N. Hewett, K. J. Hacke: CIGRÉ No. 228 (1960)
- (6) 日本機械学会: 機械工学便覧 8-17 (昭36)

Vol. 25 日立造船技報 No. 4

目次

論文

- 耐キャビテーション・エロージョン性材料
- アンチピッチングタンクの理論的ならびに実験的研究
- 円筒内面の回転式クロムメッキ法
- 低放射性廃液の自動選別装置の試作(第2報)
- 組立式鉛しゃへいのしゃへい効果, 強度および工作法

- 主機ディーゼル機関の振動および騒音 (第3報完)
——主機ディーゼル機関の架構の振動——
- 新デジタル形図示平均有効圧指示装置の試作
- 冷蔵庫内温度分布および防熱壁の熱貫流率
- 鋼のリーマ加工について
- 油送船“紀伊春丸”増トン改造工事

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60

第27巻 日立 第6号

目次

- キュボラから低周波誘導炉へ
——作業がらくで、安い材料でもよい地金を得る——
- 宇宙の温度, 圧力を地上に再現する
- ナイロン原料を生む大プラント
——宇部興産カプロラクタム工場——
- デジコンとアナコンが握手
——ハイブリッド計算システム——
- 中継台も専任交換手も不要の構内自動電話交換機登場
- 注目を集める日立バスユニットとムーブネット
- 広がる材料革命
——プラスチックにメッキする——

- 明日への道標
——宇部カプロラクタム工場——
- 日立ハイライイト
——ルームクーラー, ファミリークーラー, 扇風機——
- 成果のかけこみ
——車両実験設備——
- 電線百話 そろりと参ろう「遅延ケーブル」
- 日立だよ
- 読者の声 「ルームクーラーの取り付け」

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座 東京71824番

取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座 東京20018番