

地下埋設変圧器の温度上昇(その2)

Thermal Performance of Distribution Transformers in Underground Vaults (2)

青 森 厚 吉*
Kokichi Aomori

Steady-state temperature rises in a conventional 3 phase 500 kVA transformer in completely open vaults were measured under various constant loads. One of the vaults was covered with grates with arbitrary openings, and the same tests were conducted. From these data and those reported in a previous paper, experimental equations available for calculation of transformer temperature rises in an arbitrary vault were derived.

1. 緒 言

地下埋設変圧器を設計するうえで、重要な問題の一つに変圧器の温度上昇がある。

前報⁽¹⁾では1φ 100kVA 変圧器を完全開放および密封地下孔に収納した場合の温度上昇値をピット寸法と変圧器損失から計算する実験式を得た。しかし、実際の地下孔では完全開放あるいは密封ということはごくまれで、適当な開孔率を有するグレーティングのカバーをするのが普通である。また、負荷密度の非常に高い都心部の配電用変圧器として750kVA 程度の大容量地下埋設変圧器の開発が進められている。

そこで本稿では3φ 500kVA 変圧器をグレーティングのカバーをした地下孔に収納し、温度上昇試験を行なった結果について述べる。さらに前報と本報の実験結果を一つにまとめる実験式を得たのでこれについて述べる。

2. 実 験 方 法

図1は本実験に用いた3φ 500kVA 変圧器の概略寸法である。

図1の変圧器をピット寸法(x/d)が0.224, 0.504および1.00の3種類の完全開放地下孔に収納する。各地下孔ごとに定格変圧器損失の約60%, 80%および100%の負荷を短絡法で供給した場合の巻線の定常温度上昇値を抵抗法により測定する。

次にピット寸法0.224の地下孔については、開孔率10%および65%のグレーティングのカバーをした場合の温度上昇値を同様に測定する。

ここで基準温度はピット外油槽(そう)(地下孔内変圧器の熱影響を受けない場所にある)の油温とする。またピット寸法(x/d)は前報⁽¹⁾と同様にピットと変圧器との間隙(かんげき)(x)をいたるところ等しくし、この(x)と変圧器寸法(d)(平面図における縦と横の平均値)との比(x/d)で表わす。ピットの深さは3mとする。

3. 実験結果および実験式

完全開放地下孔における変圧器巻線の温度上昇値は図2に示すとおりである。前報⁽¹⁾の1φ 100kVA 変圧器を完全開放地下孔に収納した場合の温度上昇値も同じく図2に示した。

図2と両変圧器の気中における温度上昇値(地下孔に入れないで大気中で行なった温度上昇試験における上昇値)から、次の実験式が得られた。

$$\theta = 0.8W^{0.096} x^{-0.12} T(W) \dots \dots \dots (1)$$

* 日立製作所亀戸工場

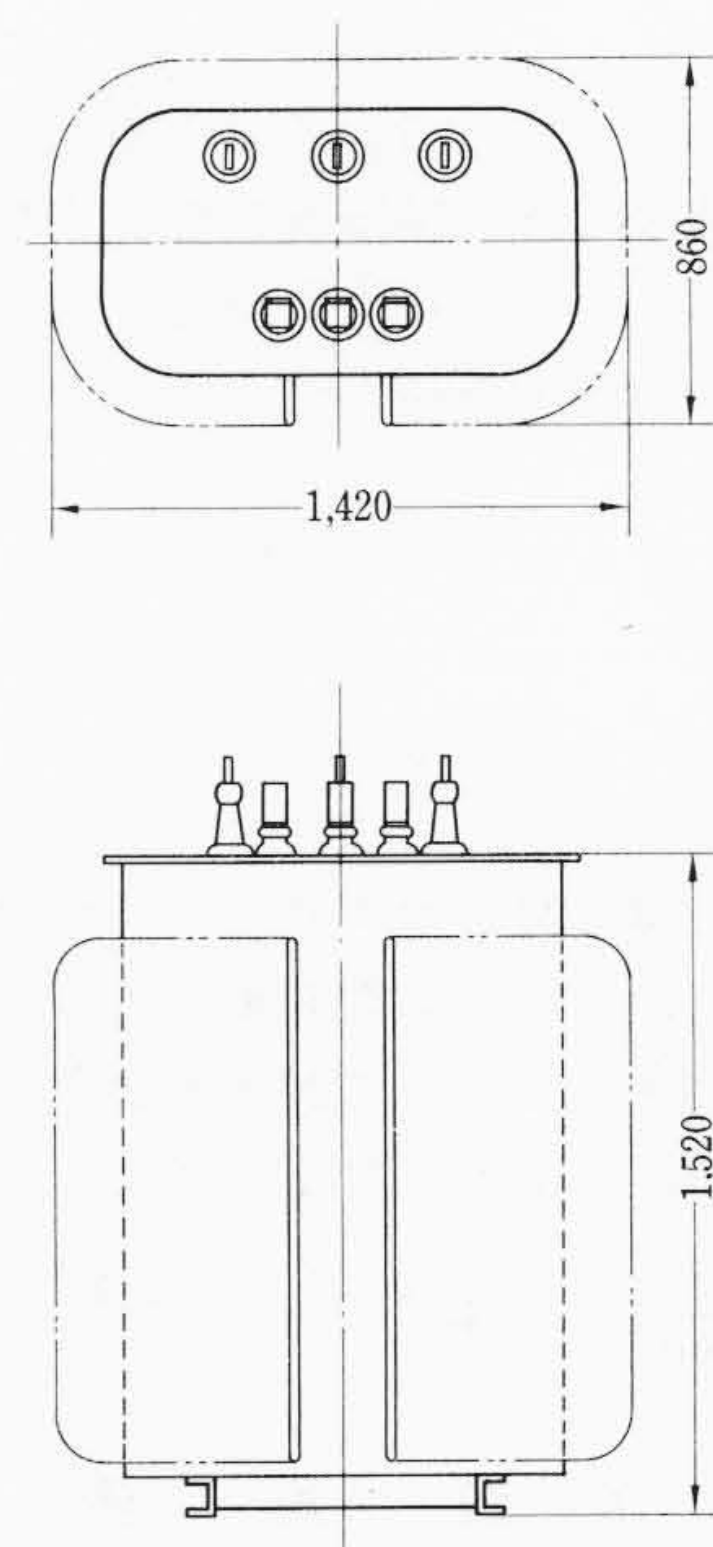


図1 供試変圧器概略寸法

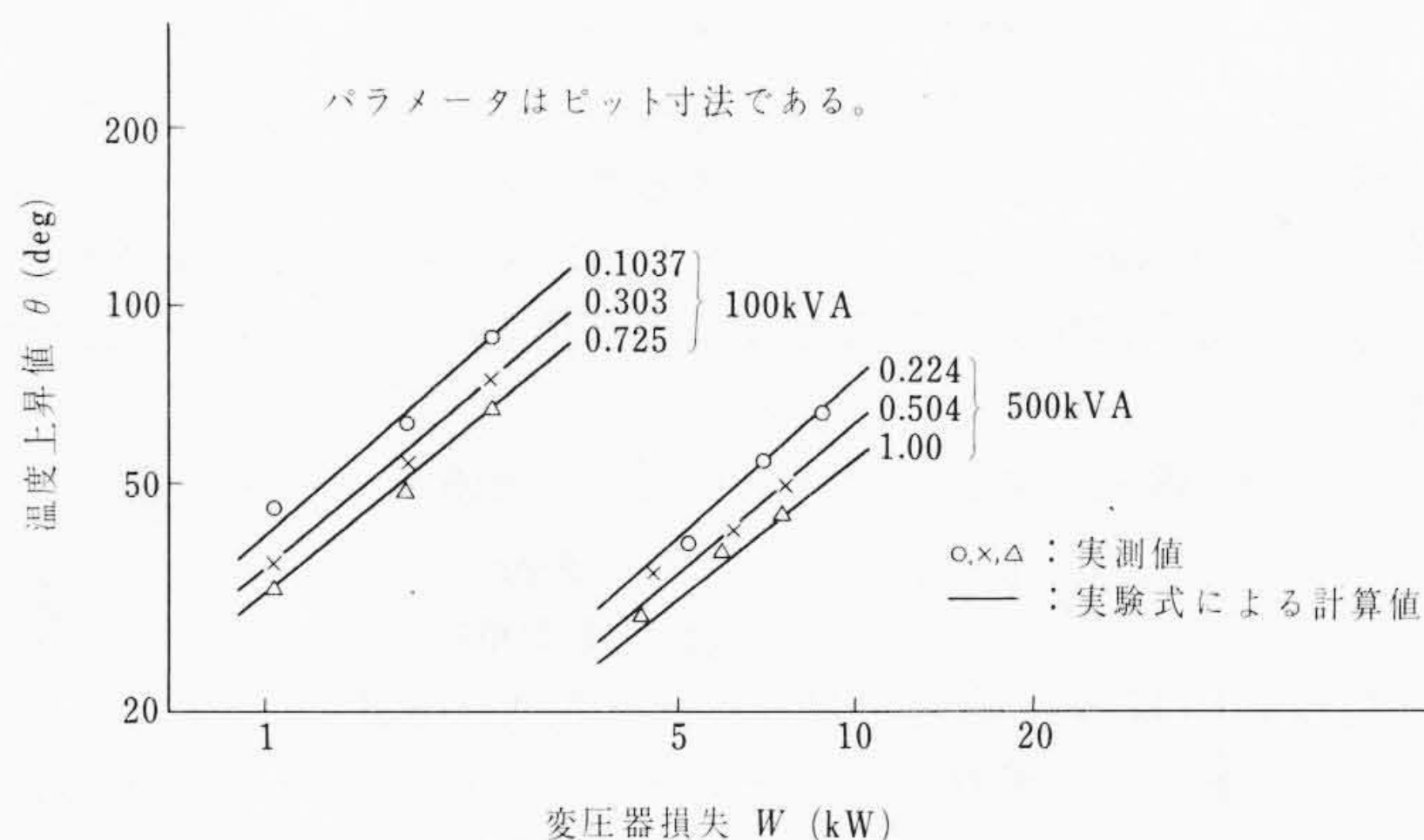


図2 完全開放地下孔における変圧器(巻線)の温度上昇値

ただし、 θ : 地下孔に収納した場合の温度上昇値 (deg)
 W : 変圧器損失 (kW)
 x : 変圧器とピットとの間隙寸法 (m)
 $T(W)$: 変圧器損失が W のときの気中における温度上昇値 (deg)

(1)式による計算値は図2に実線で示したものである。これより

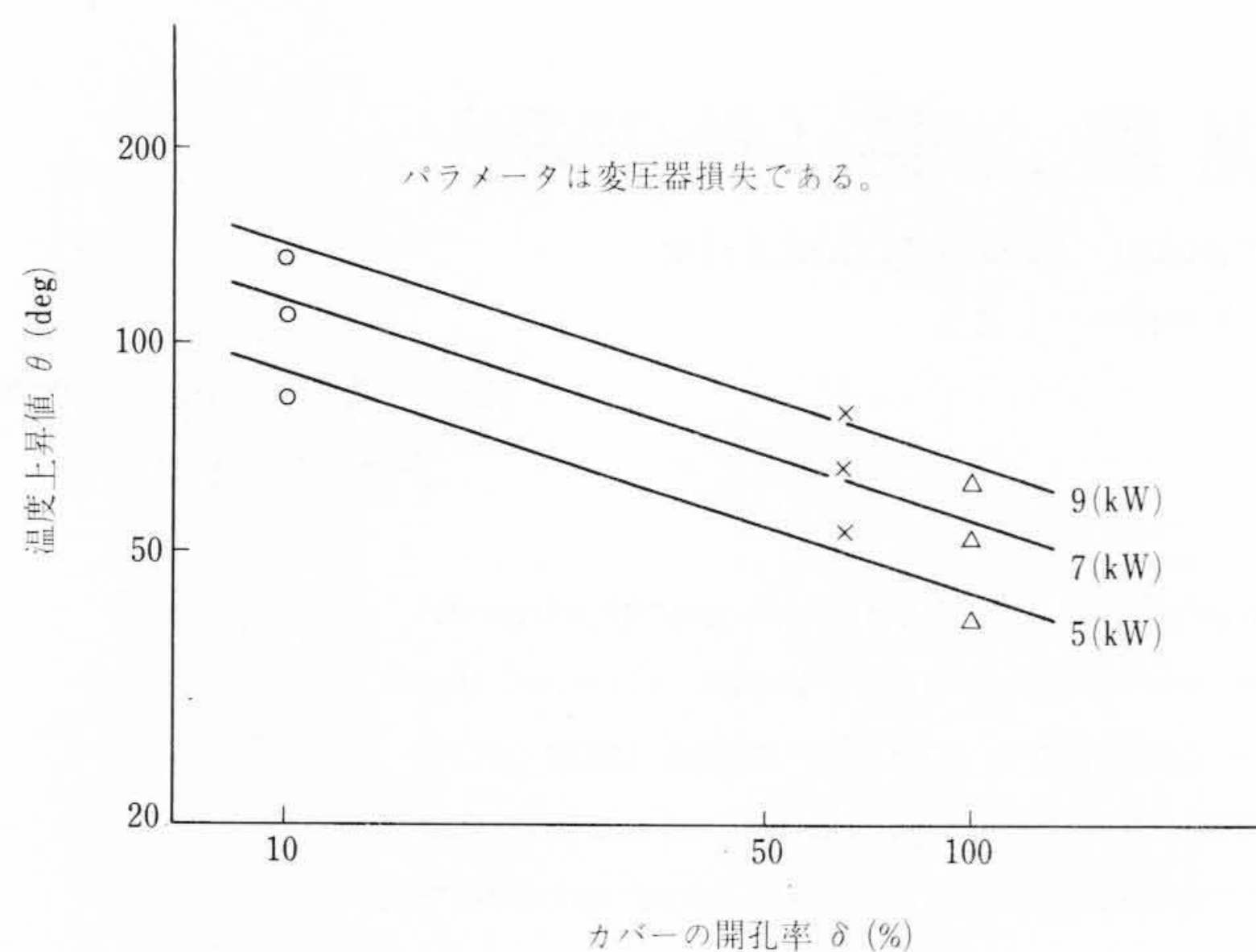


図3 グレーティング付地下孔における変圧器(巻線)の温度上昇値

実験式は実測値とよく一致していることがわかる。

次に、ピット寸法 0.224 の地下孔に開孔率10%および65%のグレーティングのカバーをした場合の温度上昇値は図3に示すとおりである。これより温度上昇値(θ)は開孔率(δ)の -0.323 乗に比例している。

これを式で表わすと次のようになる。

$$\theta = K\delta^{-0.323} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 δ :カバーの開孔率(%)

K :定数

(2)式はピット寸法 0.224 の地下孔について得られたものであるが、その他の地下孔についても開孔率の温度上昇値に及ぼす効果がほぼ等しいものとすれば、任意の地下孔に任意の開孔率を有するカバーをした場合の温度上昇値は(1)、(2)式より次式で表わされる。

$$\theta = 0.8 \left(\frac{\delta}{100} \right)^{-0.323} W^{0.096} x^{-0.12} W^{0.241} T(W) \quad \dots\dots\dots(3)$$

4. 適用例

一般に変圧器の気中における温度上昇値は単位表面積あたりの放熱量の0.8乗に比例すると言われている⁽²⁾。したがって $T(W)$ は次式のように表わされる。

$$T(W) = AW^{0.8} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 A :変圧器に固有の定数

実際に地下埋設変圧器を設計する際には、普通変圧器の許容温度上昇値($\theta_{\max}$)が与えられるから、(3)式の右辺が $\theta_{\max}$ 以下になるように変圧器損失(W)および間隙寸法(x)を決めなければならない。

そこで、(3)式に(4)式を代入し整理すると(5)式が得られる。

$$W^{0.896} x^{-0.12} W^{0.241} \leq \frac{\theta_{\max}}{0.8A(\delta/100)^{-0.323}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

左辺を $F(W, x)$ 、右辺を H とおけば(5)式は(6)式のようにになる。

$$F(W, x) \leq H \quad \dots\dots\dots(6)$$

x をパラメータとして $F(W, x)$ の値を図4のようにグラフにしておけば、 H は容易に計算できるから(6)式を満足する W および x を図4より簡単に求めることができる。以下、例を用いて説明する。

例1. 3 ϕ 500kVA 変圧器(ケース寸法:860mm $\times$ 1,400mm)を1,060mm $\times$ 1,600mmの地下孔に収納し、開孔率65%のグレーティングのカバーをした場合の許容変圧器損失はいくらか。

ただし、 $\theta_{\max}=55(\text{deg})$ 、 $T(W)=9W^{0.8}(\text{deg})$ とする。

解.
$$x = \frac{1060 - 860}{2} = 100(\text{mm}) = 0.1(\text{m})$$

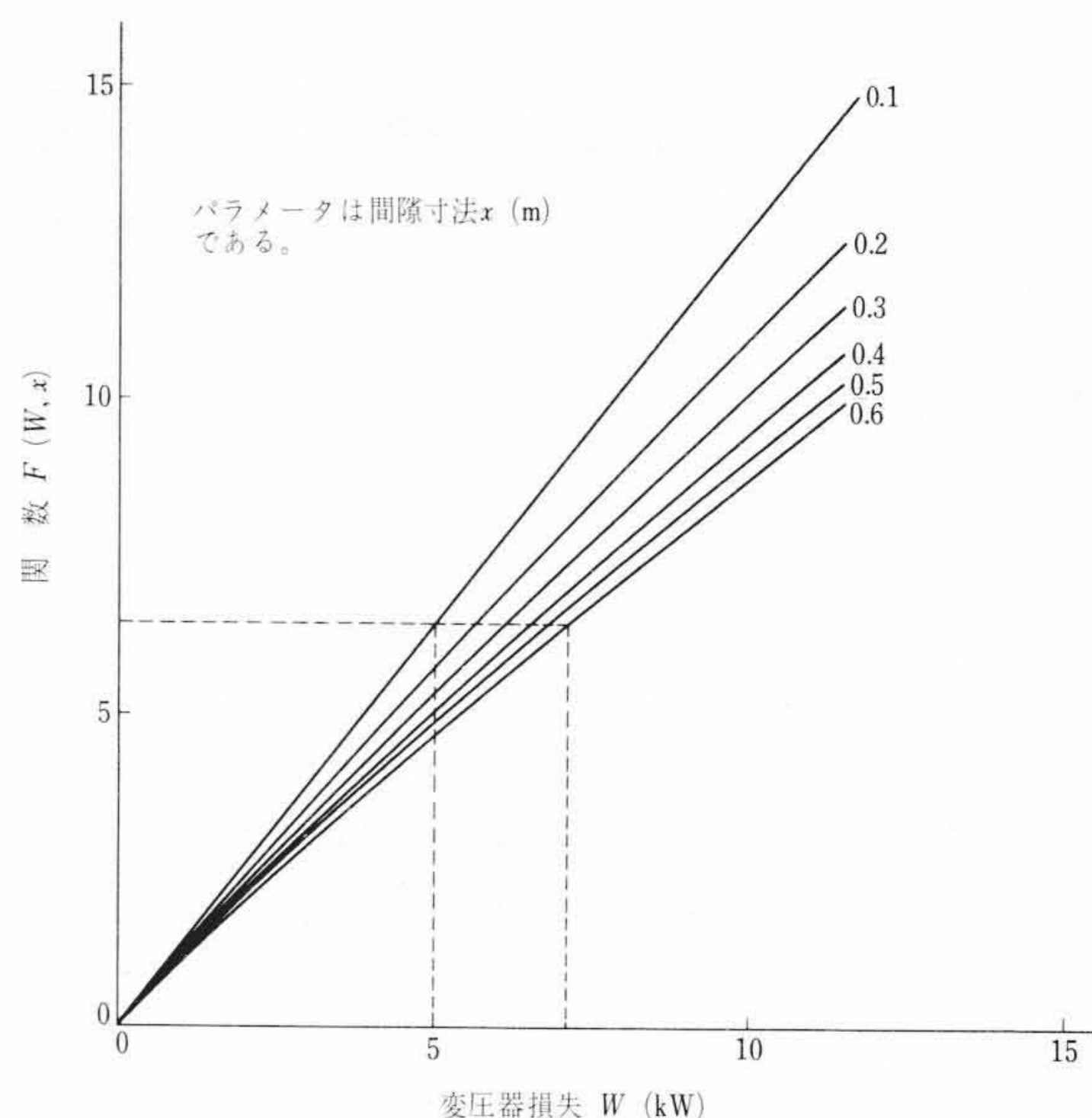


図4 $F(W, x)$ の計算値

$$H = \frac{55}{0.8 \times 9 \times 0.65^{-0.323}} = 6.46$$

図4より許容変圧器損失は5(kW)となる。この変圧器の定格変圧器損失(Wr)は、

$$Wr = \left(\frac{55}{9} \right)^{\frac{1}{0.8}} = 9.6(\text{kW})$$

とみなせるから、この場合の許容変圧器損失は定格損失の約52%となる。

例2. 例1において地下孔の大きさのみを大きくすることにより、許容変圧器損失を定格損失の75%以上としたい。地下孔の大きさを最低いくらにすればよいか。

解.
$$W = 9.6 \times 0.75 = 7.2(\text{kW})$$

$$H = 6.46$$

図4より $x=0.6(\text{m})$ 、したがって地下孔寸法を2,060mm $\times$ 2,600mm以上とすればよい。

5. 結 言

次の4条件が与えられれば、地下埋設変圧器の温度上昇値を計算により求められる実験式(本文(3)式)を得た。

- (1). 変圧器とピットとの間隙寸法(m)
 - (2). カバーの開孔率(%)
 - (3). 運転時の変圧器損失(kW)
 - (4). (3)と同じ変圧器損失のときの気中における温度上昇値(deg)
- また、上記実験式から直接計算により求めると複雑になるので、このグラフを書いておくことにより簡単に許容変圧器損失あるいは地下孔の大きさを設計できる方法について述べた。

参 考 文 献

- (1) 青森:地下埋設変圧器の温度上昇, 日立評論, 51, 12(昭44-12)
- (2) 電気学会:変圧器