

# 超 高 圧 大 電 流 母 線

住 友 電 気 工 業 KK\*

中 野 孝

## 1. 緒 言

近時送電々圧は上昇の一途にあり、275 K V級送電線路はすでに、数年来全国的に広く実用せられ、現在ではその一段上の400 K V級送電線路の施設設計が関係者の間で行なわれており、それが実現される日も近くなった。一方送電系統も増大の一途をたどり、直接接地方式の採用から故障時電流は当然大きくなり、遮断器その他の機器はもちろん、発電所用母線にも超高压でしかも大電流容量の母線が要求せられるようになった。

超高压大電流母線の導体の選定はコロナ及び電流容量の2点から主として決定できる。コロナについては3導体以上の場合も工事及び分岐接続の簡単化、機械的特性の改善等の点から平面配列とした方が望ましい。この場合400 K V級を仮定して、最大表面電位傾度とコロナ雑音レベルを検討した。

次いで大電流母線については最近開発された耐熱アルミ撚線について述べ、変電所用導体として使用した場合の経済比較と実験結果について述べる。

## 2. 平面配列複導体のコロナ雑音特性

2・1 緒言 従来超高压架空送電線に採用されている複導体は素導体が正多角形の頂点に配置されているが、素導体数が2以上の3、4導体の場合、平面配列として一列に配置した方が機械的特性がよくなる場合が考えられる。特に変電所の母線として素導体数が3以上の複導体を採用する場合には、分岐接続の面などから平面配列とした方が望ましいと考える。本報告はこのような平面配列複導体のコロナ特性について検討したもので、紙面の都合上ここでは3相水平配置の400 K V級変電所母線の場合について述べる。

2・2 導体表面電位傾度の計算 導体配置を第1図のように考えると、各素導体の電位と電荷は導体の配置によつて決められる電位係数によつて関係づけられる。すなわち  $(V_n) = [A] (Q_n)$  これより電位係数の行列  $[A]$  の逆行列を求めることによつて各素導体が有する電荷  $Q_n$  が求められる。この場合逆行列を求める計算は

筆算では困難なので、電子計算機を用いれば比較的容易に求めることができる。導体表面電位傾度の最大値は中相の外側の導体(導体5または8)の電位傾度であるので、ここでは導体5について計算する。

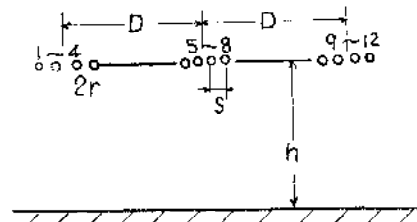
計算上  $D \gg S \gg \gamma$  と仮定すると、導体5の電位傾度  $g_5$  は  $Q_5, Q_6, Q_7 (=Q_8), Q_8 (=Q_9)$  より求められる。すなわち導体5における他の導体(6, 7, 8)による電界  $E$  は、

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum \frac{Q_n}{m_{5n}} \quad (m_{5n}: \text{導体5と他の導体との距離})$$

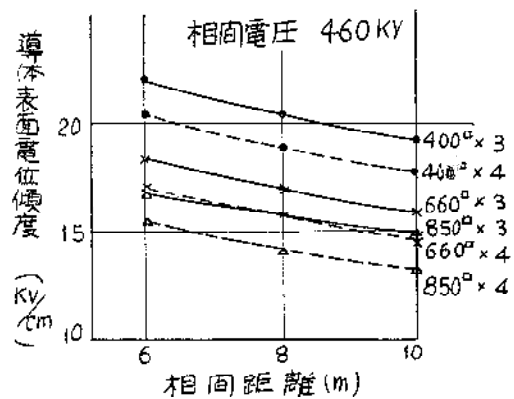
で与えられ、導体5の最大表面電位傾度  $g_5$  は

$$g_5 = 2E + \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_5}{\gamma} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[ \left( \frac{1}{3S} + \frac{1}{\gamma} \right) Q_5 + \frac{3}{S} Q_6 \right]$$

となる。なお平面配列3導体の場合も同様にして求めることができる。



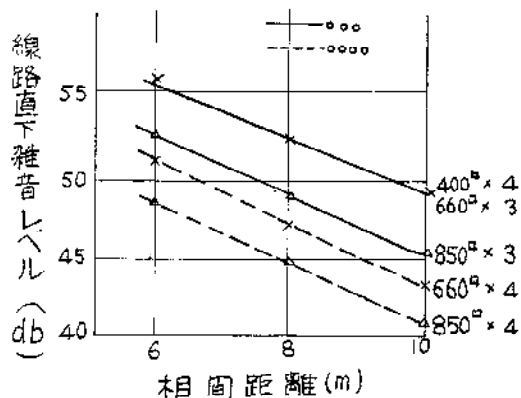
第1図



第2図

\*大阪市此花区恩貴島南60

**2-3 400 K V級変電所母線に対する検討** 計算条件を次のように考え、中相導体の最大表面電位傾度の計算結果を第2図に示す。(1)導体形式：平面配列3, 4導体3相水平配置。(2)母線間隔：D=6, 8, 10(m)。(3)アルミ燃線の導体寸法：400, 660, 850(mm<sup>2</sup>)。(4)素導体間隔：S=20cm。(5)導体地上高：h=10m。(6)相間電圧：460KV。この結果より晴天時のコロナ雑音レベルの推定を400KV級送電、専、委、送電分科会推奨の方法によつて行なう。その結果を第3図に示す。



第3図

この推定法は従来の複導体について求められたものである。このような場合に適用できるかどうか検討する必要がある。しかし平面配列4導体に対する試験線の試験結果では最大電位傾度に対する雑音レベル特性はほぼ多角形配列複導体の特性と一致している。大抵の雑音レベルは上述の方法によつて推定できるものとする。以上の特性から考えて、今後この種の複導体が超高压変電所の母線および特別な条件の線路に採用されることが予想される。

### 3. 耐熱アルミ合金線の利用

#### 3-1 概 説

系統の大型化に伴なつて発電所の主幹母線には常時数千アンペアの大電流を流すことが要求される。この場合の母線導体としては3つの方法あるいはそれらの組み合わせを考慮することができる。

- (イ) 1条当りの断面積を増す
  - (ロ) 1相当りの条数を増す
  - (ハ) 最高許容温度を上げることのできる材料を使う
- それぞれ得失があるが、ここでは(ハ)の場合として、耐熱アルミ合金線について述べる。

最近我々はアルミニウムに少量のジルコニウムを添加した合金を開発し<sup>2)</sup>、これを耐熱アルミ合金線として販売している。これを発電所用母線として使用すれば、最高許容温度を150°Cにとることができるので、電流容

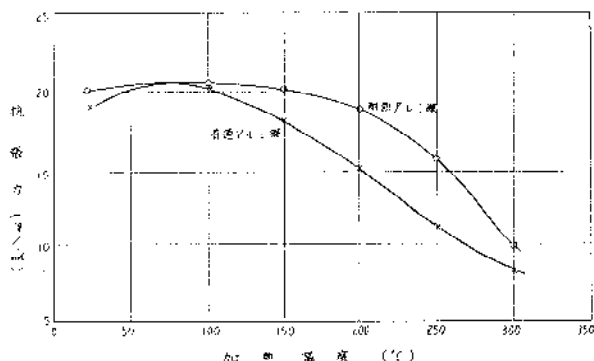
量は約2~5割増となる。以下に耐熱アルミ合金線の概要を述べると共に、最近2, 3の発電所用、大電流母線用導体として各種の導体の得失を比較し、更にある変電所用導体の場合にかくして決定した耐熱アルミ燃線及びその附属品の実験を行つたのでその結果を報告する。

#### 3-2 耐熱アルミ合金線<sup>2)</sup>

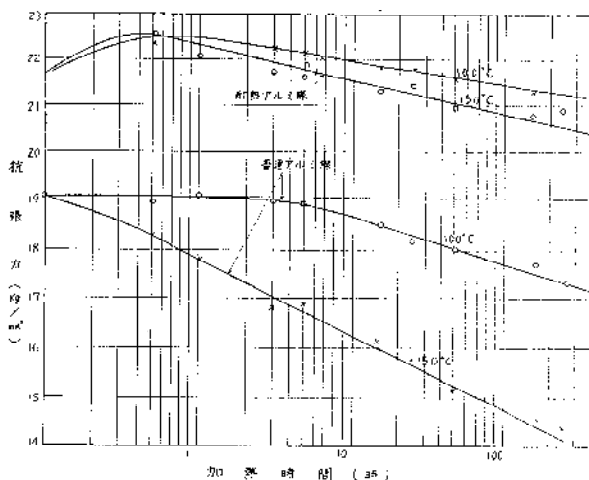
われわれは電気用アルミに対するジルコン添加の影響やその加工法について種々の検討を加えた結果、導電率においてわずかに硬アルミ規格を下廻るが、引張強さにおいてはむしろ硬アルミ線より高い値をもつ優秀な耐熱アルミ合金線を製造することが出来た。この耐熱合金線の特性をいくつかの例によつて示すと次の如くである。まず常温より300°Cの各温度に1時間加熱した後の引張強さの変化すなわち軟化特性を求めた結果を第4図に示す。図から軟化の開始温度は硬アルミ線では約100°Cであるが、耐熱アルミ線では約150°Cで50°C以上の上昇が認められる。

また第5図に示すように長時間加熱において硬アルミ線では引張強さを割るようなことはない。耐熱性の優れていることがわかる。

このように優れた耐熱性を有する耐熱アルミ燃線は電



第4図 1時間加熱による常温抗張力の変化 (3.2mm直径の例)



第5図 加熱時間による常温抗張力の変化 (3.2mm直径)

流容量を大きくとることができるから、多量の電力輸送が可能であり、発電電所の母線として使用する場合に、導体に必要な断面積は硬アルミ線に比して小さくとるこ

とができる。一方、一時的な過負荷にも耐えることもできる。第1表に耐熱アルミ線の、第2表に耐熱アルミ燃線のそれぞれの性能保証値を示す。

第1表 耐熱アルミ線

| 径<br>mm | 径の許容差<br>mm | 引張強さ kg/mm <sup>2</sup> |          | 伸 び<br>250mm<br>につき<br>% | 参 考                    |              |                    |              |       |
|---------|-------------|-------------------------|----------|--------------------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|-------|
|         |             | 最 小                     | 平 均      |                          | 断面積<br>mm <sup>2</sup> | 重 量<br>kg/km | 引張荷重 kg<br>最 小 平 均 | 電気抵抗<br>Ω/km |       |
| 4.5     | ±0.04       | 16.17                   | 16.87 以上 | 2.0 以上                   | 15.90                  | 42.93        | 257                | 268          | 1.87  |
| 4.2     | ±0.04       | 16.17                   | 16.87 以上 | 2.0 以上                   | 13.85                  | 37.40        | 224                | 234          | 2.26  |
| 4.0     | ±0.04       | 16.17                   | 16.87 以上 | 1.9 以上                   | 12.57                  | 33.94        | 203                | 212          | 2.36  |
| (3.8    | ±0.04       | 16.17                   | 16.87 以上 | 1.9 以上                   | 11.34                  | 30.62        | 183                | 191          | 2.62) |
| 3.7     | ±0.04       | 16.52                   | 17.23 以上 | 1.8 以上                   | 10.75                  | 29.03        | 178                | 185          | 2.77  |
| 3.5     | ±0.04       | 16.52                   | 17.58 以上 | 1.7 以上                   | 9.621                  | 25.98        | 159                | 169          | 3.09  |
| 3.2     | ±0.04       | 16.52                   | 17.58 以上 | 1.7 以上                   | 8.042                  | 21.71        | 133                | 141          | 3.70  |
| 2.9     | ±0.03       | 16.87                   | 17.93 以上 | 1.6 以上                   | 6.605                  | 17.83        | 111                | 118          | 4.50  |
| 2.6     | ±0.03       | 17.23                   | 18.28 以上 | 1.5 以上                   | 5.309                  | 14.33        | 91.5               | 97.0         | 5.60  |
| 2.3     | ±0.03       | 17.93                   | 18.98 以上 | 1.5 以上                   | 4.155                  | 11.22        | 74.5               | 78.9         | 7.15  |

- 備考 1. 本表の数値は20°Cにおけるものとする。  
 2. 断面積・重量・引張荷重および電気抵抗は標準径に対するものとする。  
 3. 平均引張強さは試験に供した1群中の試験片の引張強さの平均値をいう。  
 4. 弾性係数=6,300kg/mm<sup>2</sup>  
 5. 縦膨脹係数=23×10<sup>-6</sup>  
 6. 導電率=58%以上  
 7. 抵抗の温度係数=3.9×10<sup>-3</sup>  
 8. 密度=2.7g/cm<sup>3</sup>

第2表 耐熱アルミ燃線

| 公称断面積<br>mm <sup>2</sup> | 構 成<br>No./mm | 外 径<br>mm | 計算断面積<br>mm <sup>2</sup> | 重 量<br>kg/km | 最大抵抗<br>Ω/km(20°C) | 引張荷重<br>kg |
|--------------------------|---------------|-----------|--------------------------|--------------|--------------------|------------|
| 850                      | 61/4.2        | 37.8      | 844.9                    | 2334         | 0.0361             | 12,300     |
| 660                      | 61/3.7        | 33.3      | 655.8                    | 1812         | 0.0465             | 9,870      |
| 510                      | 37/4.2        | 29.4      | 512.5                    | 1413         | 0.0593             | 7,460      |
| 400                      | 37/3.7        | 25.9      | 397.8                    | 1097         | 0.0764             | 5,930      |
| 300                      | 37/3.2        | 22.4      | 297.6                    | 820.1        | 0.102              | 4,440      |
| 240                      | 19/4.0        | 20.0      | 238.8                    | 654.5        | 0.126              | 3,470      |
| 200                      | 19/3.7        | 18.5      | 204.3                    | 559.8        | 0.148              | 3,030      |
| 150                      | 19/3.2        | 16.0      | 152.8                    | 418.7        | 0.198              | 2,270      |
| 95                       | 7/4.2         | 12.6      | 96.95                    | 264.9        | 0.311              | 1,410      |
| 55                       | 7/3.2         | 9.6       | 56.29                    | 153.8        | 0.535              | 838        |
| 38                       | 7/2.6         | 7.8       | 37.16                    | 101.5        | 0.810              | 576        |

3-3 耐熱アルミ燃線の電流量

耐熱アルミ線は普通の硬アルミ線に比べて、常温では導電率が58/61=95%に低下するので、断面積を同じに採れば抵抗損は5%大きくなる。これは特別に高抗張力が要求される場合に使用するイ号アルミ合金線に比べて導電率が58/52=112%、即ち12%高く、同じ断面積に対して抵抗損は1%小さくなる。しかし許容最高温度では常温よりも抵抗が増加するので、抵抗は次の比になる。

第3表 各種アルミ線の抵抗比

|          | 導電率<br>(20°C)<br>% | 温度係数   | 最高温度<br>°C | 抵抗比<br>% |
|----------|--------------------|--------|------------|----------|
| 硬アルミ線    | 61                 | 0.0040 | 90         | 100      |
| イ号アルミ合金線 | 52                 | 0.0036 | 90         | 115      |
| 耐熱アルミ線   | 58                 | 0.0039 | 150        | 124      |

第4表 耐熱アルミ撚線及び普通アルミ撚線の長時間電流容量 (50〜)

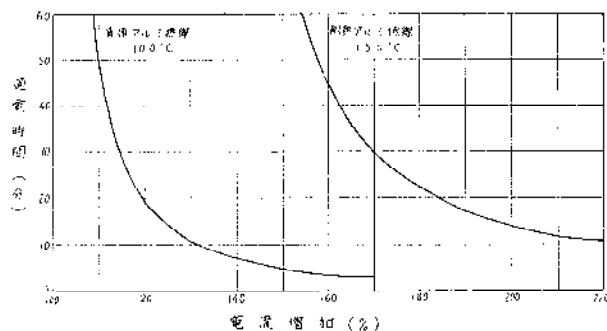
| 公称断面積<br>mm <sup>2</sup> | 構成<br>No./mm | 外径<br>mm | 抵抗<br>$\Omega/\text{km}(20^\circ\text{C})$ |        | 標準最大電流容量<br>A    |                  |
|--------------------------|--------------|----------|--|--------|------------------|------------------|
|                          |              |          | 耐熱   | 普通     | 耐熱 <sup>1)</sup> | 普通 <sup>2)</sup> |
| 850                      | 61/4.2       | 37.8     | 0.0361                                     | 0.0342 | 2,080            | 1,190            |
| 660                      | 61/3.7       | 33.3     | 0.0465                                     | 0.0441 | 1,750            | 1,015            |
| 510                      | 37/4.2       | 29.4     | 0.0593                                     | 0.0563 | 1,480            | 870              |
| 400                      | 37/3.7       | 25.9     | 0.0764                                     | 0.0726 | 1,250            | 740              |
| 300                      | 37/3.2       | 22.4     | 0.102                                      | 0.0969 | 1,030            | 620              |
| 240                      | 19/4.0       | 20.0     | 0.126                                      | 0.120  | 890              | 540              |
| 200                      | 19/3.7       | 18.5     | 0.146                                      | 0.140  | 805              | 490              |
| 150                      | 19/3.2       | 16.0     | 0.198                                      | 0.188  | 660              | 410              |
| 95                       | 7/4.2        | 12.6     | 0.311                                      | 0.295  | 490              | 305              |
| 55                       | 7/3.2        | 9.6      | 0.535                                      | 0.507  | 340              | 220              |
| 38                       | 7/2.6        | 7.8      | 0.810                                      | 0.769  | 260              | 170              |

1) 最高許容温度 150°C 周囲温度 40°C 表面係数 0.9  
 2) " 90°C 日射量 0.1W/cm<sup>2</sup> 風速 0.5m/sec

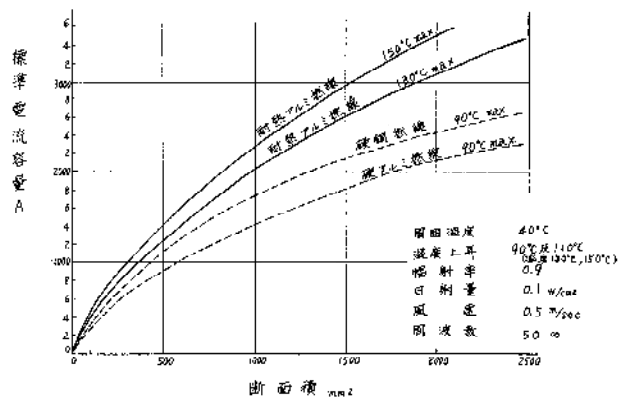
普通の硬アルミ線の代わりに耐熱アルミ線を使用すると連続許容最高温度は90°Cより150°Cまで上げ得るのでそのために電流容量が如何程増加し得るかを次表及び第7図に示す。

耐熱アルミ撚線と普通アルミ撚線の電流容量を比較すると前者は後者の約1.5倍で、直径が大なる程僅かずつ大となる。このように大なる電流容量を得る理由は、温度が90°Cより150°Cに増せば、熱放散が著しく良なるためである。次に短時間の過負荷電流容量について述べる<sup>4)</sup>。

導体に突然定電流を通した際の温度上昇の時間的变化は電気抵抗及び放熱量が時間とともに変化するのでは厳密にはかなり複雑な計算になるが、近似式が使えるので耐熱アルミ撚線及び普通の硬アルミ撚線がともに周囲温度40°C、電流による温度上昇50°Cで運転されている場合に、突然電流が増加し、耐熱アルミ撚線が150°C、硬アルミ撚線が100°Cになるための電流増加分と通電時間との関係を計算すると第6図の如くである。



第6図 90°Cで運転されていて突然電流が増加した場合の電流1時間特性



第7図 耐熱アルミ撚線電流容量特性

3-4 比較例と実験例

超高圧大電流母線として各種電線を比較した例を第5表に示す。

1260mm<sup>2</sup> 耐熱アルミ撚線、2導体に4500A (60〜)の電流を通電し電線及び附属品の温度上昇試験を実施した結果は次の如くであった。

温度上昇試験結果

| 測定場所           | 最高温度上昇 °C               |
|----------------|-------------------------|
| 圧縮型T分岐         | 44                      |
| S型(スプリング型) T分岐 | 49                      |
| アルミ合金製OBクランプ   | 50~51                   |
| ジャンパージョイント     | 68~78                   |
| アルミ合金製スペーサ     | 32                      |
| 耐熱アルミ電線        | 107~109                 |
| 通電電流           | 4,500A/相 2,250A/条 (60〜) |
| 気温             | 18°C 室内 無風              |
| 電線表面           | 製造時の光沢やや失う              |

(以下43頁に続く)

(39頁より続く)

第 5 表 電流容量各種母線の比較

| 電 線 種 別  |         | 裸アルミ撚線          | 同 左 (耐熱)          | 同 左 (耐熱)           | 裸硬銅撚線         |                   |
|----------|---------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| 所要電流容量   |         | A               | 3,000             | 3,000              | 3,000         |                   |
| 寸法及び特性   | 条 数     |                 | 2                 | 2                  | 1             | 2                 |
|          | 公称断面積   | mm <sup>2</sup> | 1,150             | 600                | 1,600         | 850               |
|          | 計算断面積   | mm <sup>2</sup> | 1,144             | 586.9              | 1,596         | 844.9             |
|          | 構 成     | No./mm          | 91/4.0            | 61/3.5             | 127/4.0       | 61/4.2            |
|          | 重 量     | kg/km           | 3,175             | 1,621              | 4,440         | 7,672             |
|          | 最小引張荷重  | kg              | 16,630            | 8,730              | 23,200        | 32,300            |
|          | 最大電気抵抗  | Ω/kg20°C        | 0.0254            | 0.0518             | 0.0191        | 0.0215            |
|          | 電 流 容 量 | A               | 1,550<br>(at90°C) | 1,550<br>(at150°C) | 3,120<br>(同左) | 1,590<br>(at90°C) |
| 投下資本経済比較 | 電 線     | %               | 100               | 64                 | 102           | 134               |
|          | 耐張クランプ  | %               | 200               | 200                | 200           | 200               |
|          | 分岐クランプ  | %               | 100               | 100                | 200           | 130               |
|          | 綜 合     | %               | 100               | 80                 | 120           | 105               |

#### 4. 結 言

超高压大電流母線として2, 3の検討を簡単に報告した。この場合母線の配列は複導体の平面配列となるのでそのコロナ雑音を検討した。更に電流容量から導体の断面積がきまる場合、耐熱アルミ撚線を使用すれば比較的電線を小さく出来ることを検討した。紙数に限りがあり十分意をつくしていない点も多いが、一応の概説を行なった。今後の超高压大電流母線を選定する場合に何らかの参考になれば幸である。

#### 参考文献

- 1) 昭和37年度連大会 No. 660 平面配列複導体のコロナ雑音特性
- 2) 住友電気 VOL. 76 新しい導電用アルミ合金
- 3) 当社提出技術資料 No. 1—1174 住友耐熱アルミ合金線
- 4) 昭和36年度電学会関西支部連合大会 9—33 耐熱鋼心アルミ撚線の過負荷電流容量について