

電 源 開 発 株 式 会 社 御 母 衣 発 電 所 納
相 分 離 形 密 閉 母 線

Isolated Phase Bus for the Miboro Power Station
Electric Power Development Co., Ltd.

佐々木 生 行* 岡 部 正 治*
Seigyō Sasaki Masaharu Okabe

内 容 梗 概

電源開発株式会社御母衣発電所に納入した相分離形密閉母線は定格電圧 16.5 kV、定格電流 5,000 A、短時間電流 50 kA の大容量品であるほか、地下発電所内の発電機と、約 350 m 隔てた地上の主変圧器間を接続する 1, 2 号機の全長 720 m に及ぶ長距離のものであり、さらにその途中約 220 m は 22.5 度の傾斜をもったトンネル内を通ず特異性をもったものである。したがってこの傾斜部に設置される母線の温度上昇については特に十分な検討と設計がなされ、その確認のため工場モデル試験が行なわれた。

1. 緒 言

発電機器の単位容量の増大に伴い、その脱落が系統に与える影響も大きい。したがって主回路母線装置も電気的および機械的いずれにも信頼度が高く、しかも保守点検の簡易な相分離形密閉母線の採用が顕著である。

御母衣発電所に納入した相分離形密閉母線は、地下発電所内の発電機と約 350 m 隔てた地上の主変圧器間を接続する主回路母線で 1, 2 号機の全長 720 m に及ぶ長距離のもので、その途中約 220 m は 22.5 度の傾斜をもったトンネル内に設置される特異性をもつものである。本母線の製作にあたっては重要母線であるほかに、長い傾斜配置という特殊な設置条件があるため、特に下記の諸点に設計の重点が払われた。

- (1) 長い傾斜配置の母線の温度上昇分布について十分な検討を行ない、設計予定値の確認のために、実寸大および縮小モデルを用いて工場モデル試験を行なった。
- (2) ユニット母線間の可とう接続部は通電容量を増し、また保守点検を簡略化するため片側を熔接構造とした。
- (3) 設備費を低減するために、トンネル内設置部分についてはユニットの母線長を運搬、搬入、据付上許される最大長とした。

本母線は工場における商用周波および衝撃波の絶縁試験、各部の耐電流強度試験などに合格し、また現地据付完了後の実負荷温度上昇試験の結果も、工場における設計予定値、モデル試験の温度上昇分布とよく一致し、地下傾斜部のほか発電機室、地上屋外部全般にわたって許容温度上昇限度以下であることを示した。

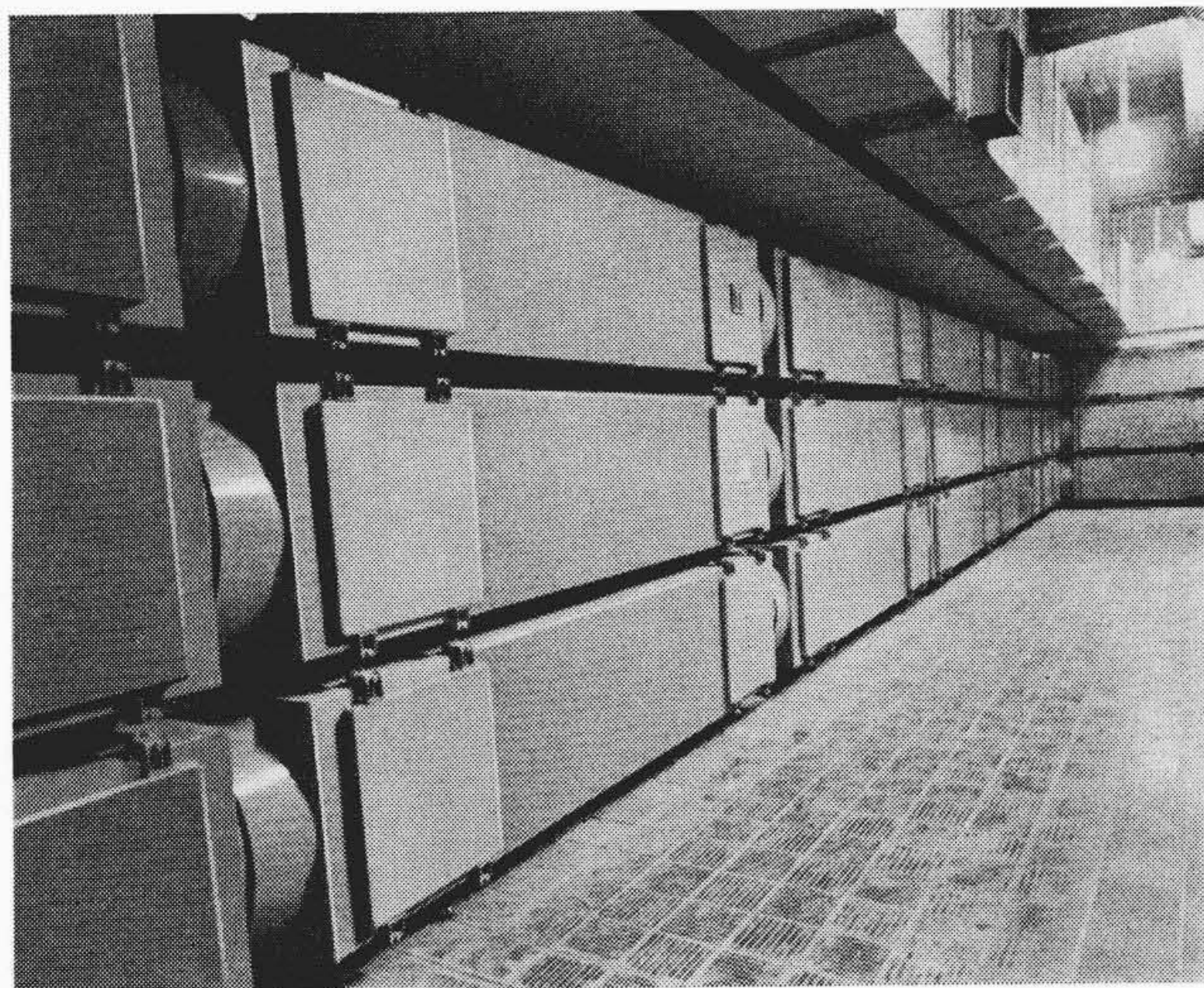
以下、本母線の内容について紹介する。

2. 構 造 の 大 要

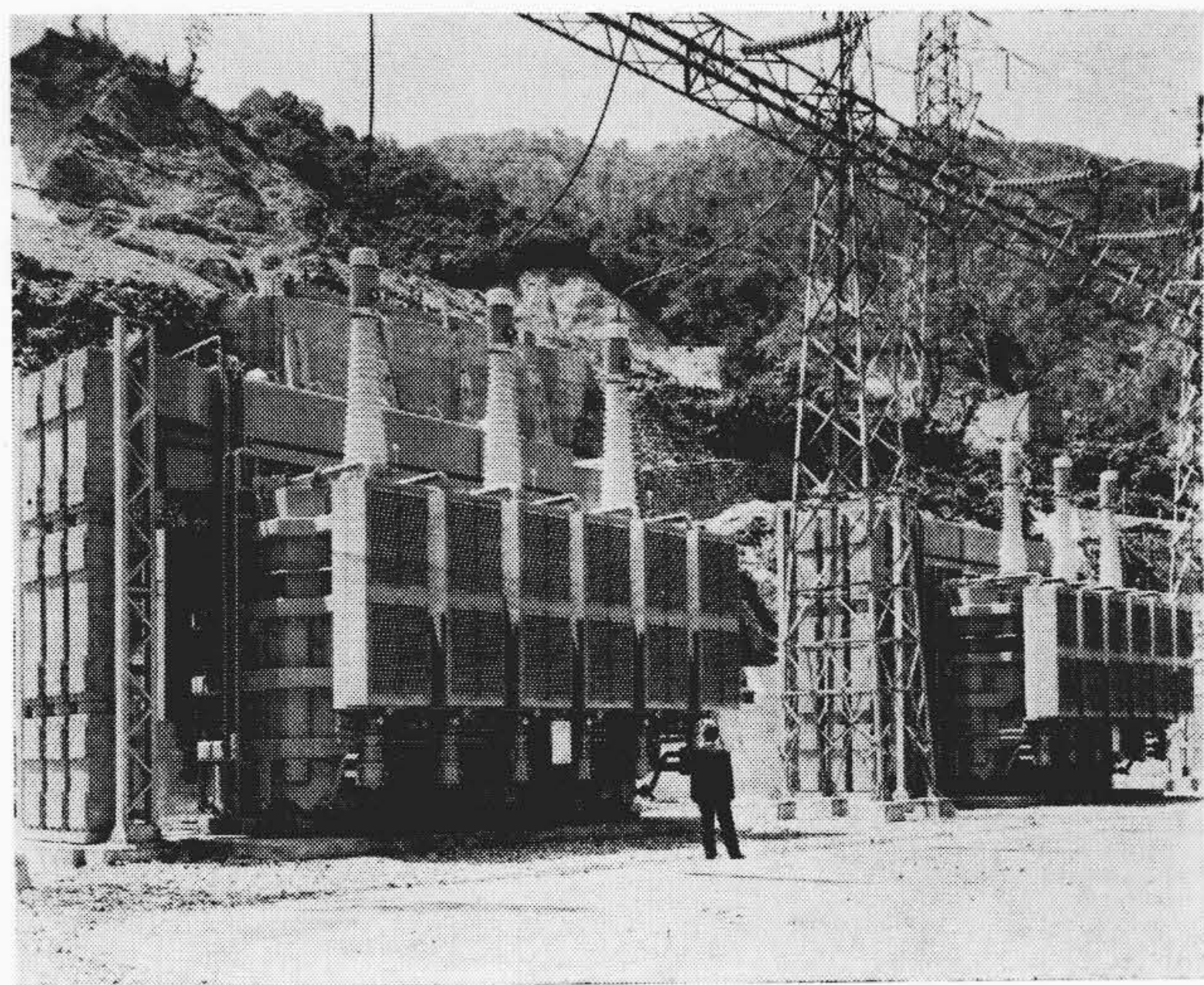
一般に相分離形密閉母線は主として大電流、大容量の母線に用いられる。その構造はがい子で支持された裸母線を各相別に独立した非磁性シース内に収め、このシースは運搬、据付けを容易にするため三相一括のベース上に組み立てられている。母線用導体は放熱効果と耐電流強度を増すためにチャンネル形に成形した電気銅を使用し、その支持方法はルーズホールド式とし、熱膨脹、収縮による母線の伸縮が支持がい子に応力を与えることのない構造にしてある。またユニット間接続部には可とう性接続導体を使用して、母線の伸縮と据付誤差を吸収するようになっている。

短絡事故時の母線相互間には短絡電流による強大な電磁力が作用するため、母線およびその支持がい子は大きな機械的強度を必要と

するが、相分離形密閉母線の場合はメタルシースの電磁遮へい効果によって、その作用力を大きく弱めうるので、シースなしの場合に比べ母線および支持がい子の強度軽減を計ることができるとともに安全強度を十分にとることができる。またこの電磁遮へい効果はシース材料の比抵抗の小さいほど有効であるので、シース材としてはアルミ板を使用している。このアルミシースは自動熔接機により熔

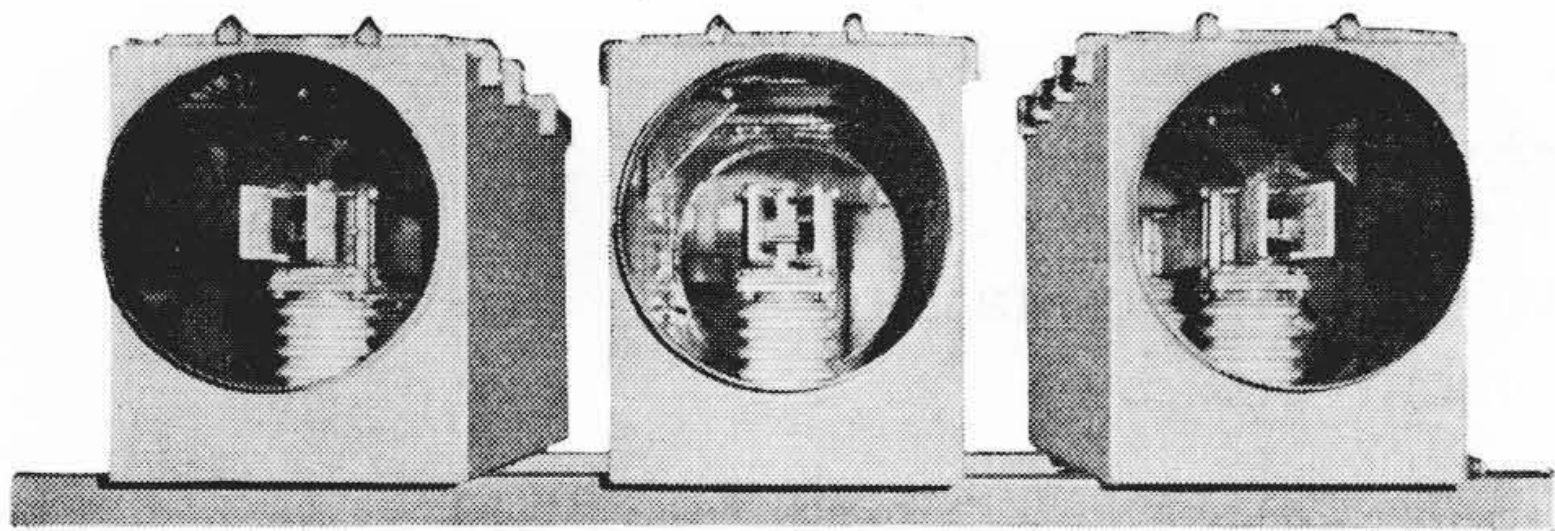


第1図 発電所内設置状況

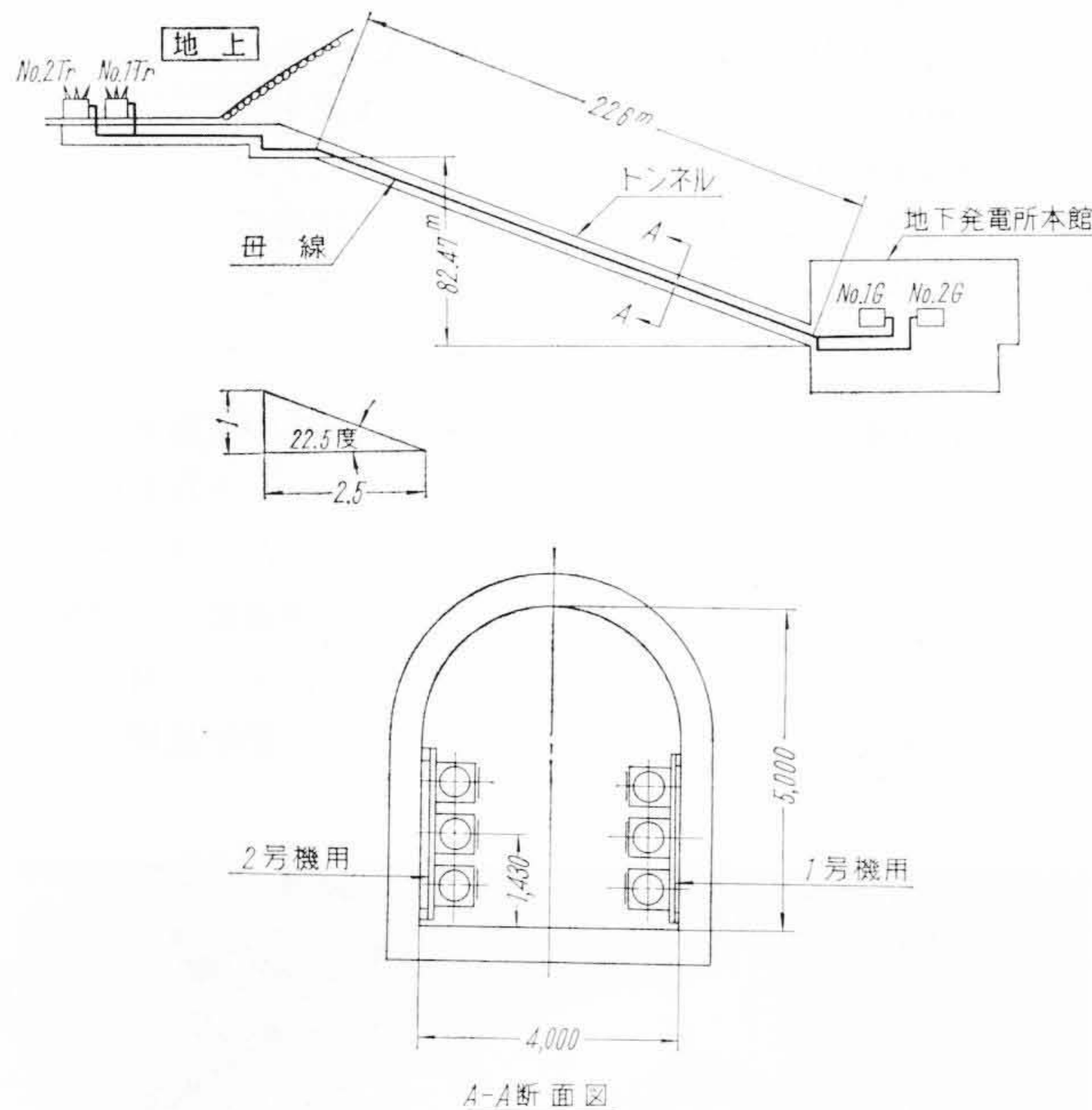


第2図 屋外設置状況

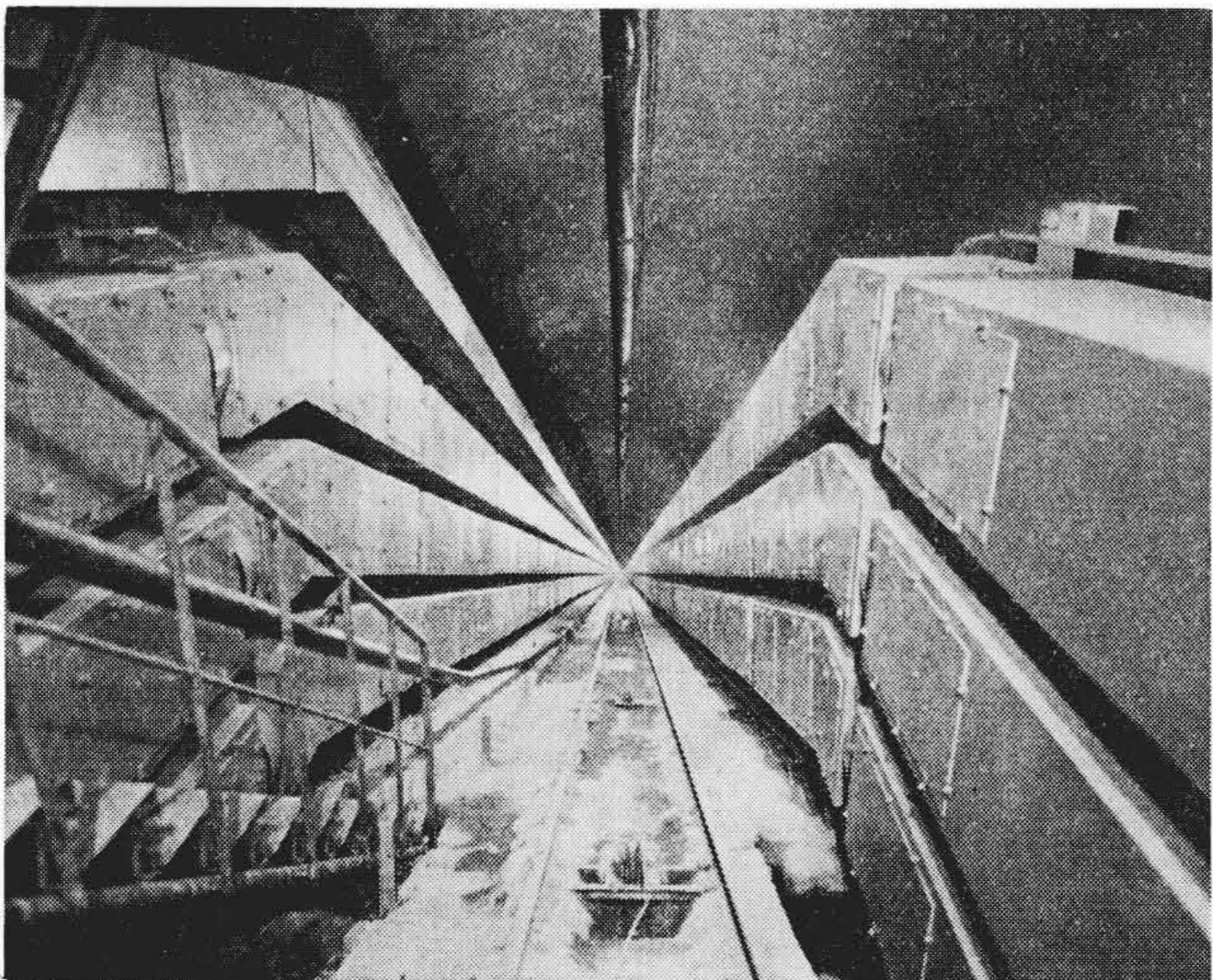
* 日立製作所国分工場



第 3 図 ユ ニ ッ ト 内 部



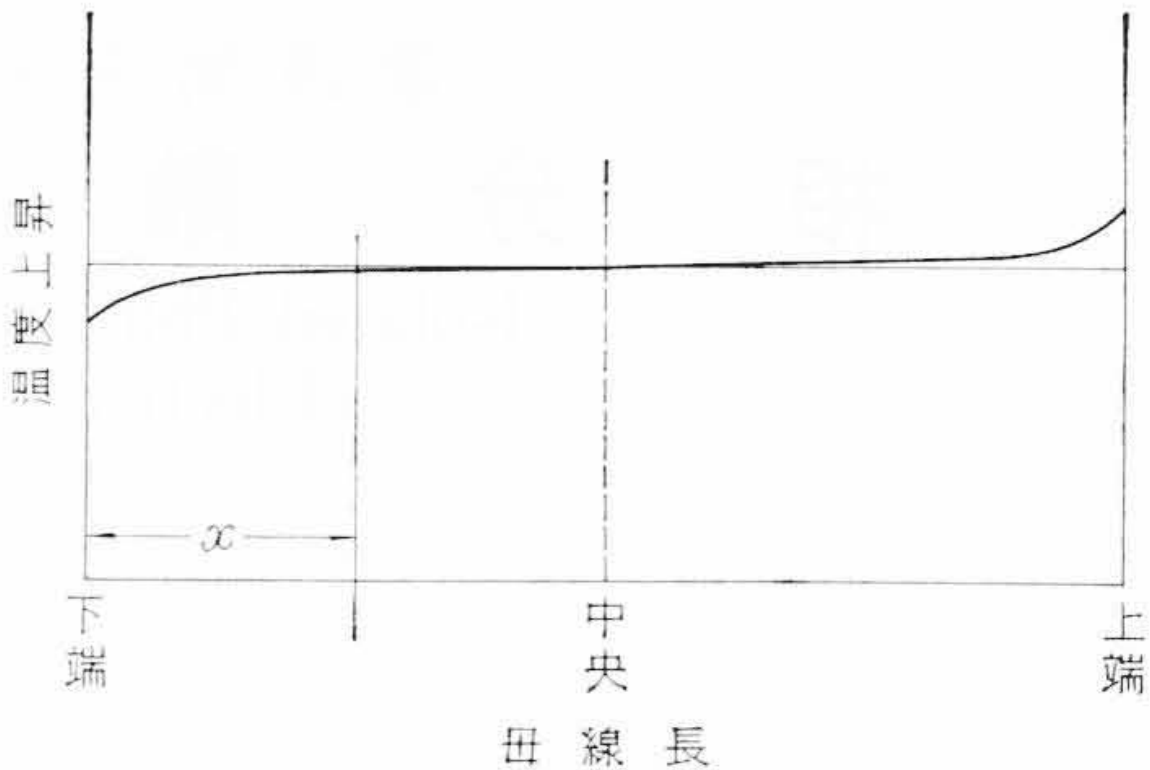
第 4 図 概 略 配 置 図



第 5 図 ト ン ネ ル 内 設 置 状 況

第 1 表 御母衣発電所納密閉母線の仕様

	1 号 機	2 号 機
回 路 電 圧 (kV)	16.5	16.5
定 格 電 流 (A)	5,000	5,000
周 波 数 (c/s)	60	60
衝撃波耐電圧 (kV)	110	110
商用周波耐電圧 (kV) 1 分間	50	50
短 時 間 電 流	DC 25 kA + AC 25 kA (eff) 2 秒	DC 25 kA + AC 25 kA (eff) 2 秒
母線の温度上昇限度 (°C)	55	55
長さ (m) { 全 長	348	372
トンネル内設置	300	310
トンネル内傾斜部設置	226	226



第 6 図 長い傾斜配置母線の温度分布曲線

接成形され、その表面は化学処理を行なったうえで塗装を施している。

第 1 図は御母衣発電所における地下発電機室内の設置状況、第 2 図は地上屋外の変圧器への立上り部を示す写真であって、第 3 図はユニットの内部を示したものである。

3. 本母線の仕様と諸要点

(1) 仕 様

本密閉母線の仕様は第 1 表に示すとおりである。

(2) 配 置

屋内部の大部分は傾斜付トンネル内設置であって、約 220 m が 22.5 度の傾斜で設置される。第 4 図は全体の概略配置図、第 5 図はトンネル内に相対して据え付けられた 1, 2 号機母線の現地写真である。

(3) 構造上の要点

本母線装置は長距離であるため、通電容量を増すほかに現地据付工事を容易とし運転中の保守、点検を省略できるようユニット間母線接続部の可とう導体は片側を直接母線導体に熔接し、ボルト接続は他端のみとして接続箇所を半減した。また母線ユニットの長さは運搬、搬入、据付上許される最大長を採用した。

4. 温 度 上 昇

傾斜配置密閉母線の温度上昇は、水平配置の場合と異なり、シース内部の空気の流れによって傾斜の上部と下部には温度差を生ずる。しかしその温度分布は一様な温度こう配をもつものでなく、第 6 図のように指数関数の形をとることが熱力学の解析より得られる。すなわち、中央部と下端の間では次式の形をとるものと考えられる。

$$\theta_x = \theta_0 + \theta(1 - e^{-\alpha x})$$

ここに θ_x : 図示 x 点の温度上昇値

θ_0 : 母線下端における温度上昇値

θ : 無限長母線における収れん値と下端との温度差

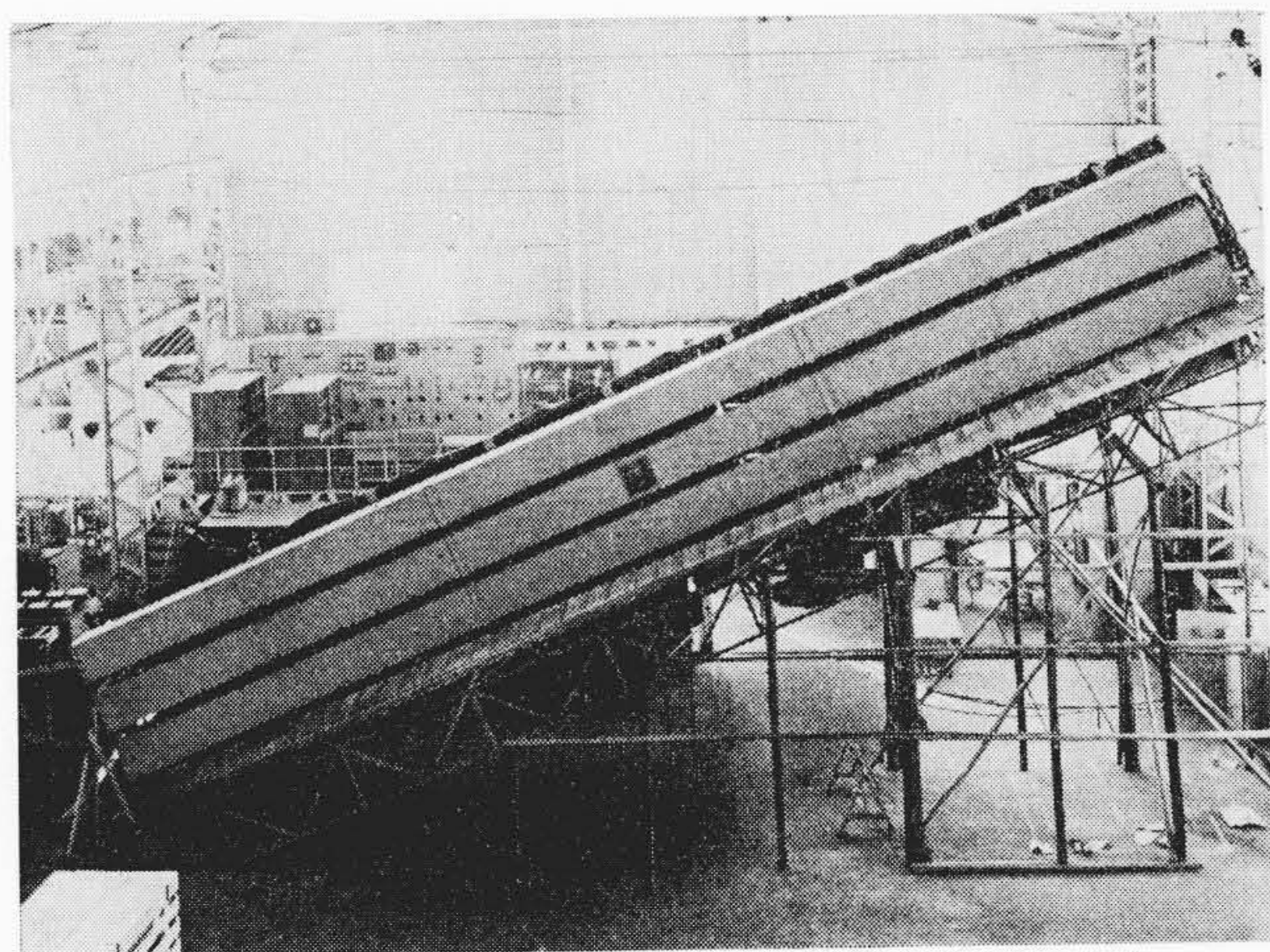
α : 母線の形状および傾斜角により定まる定数

また熱の平衡上、中央部より上部では、下部とほぼ対称形となるものと考察される。

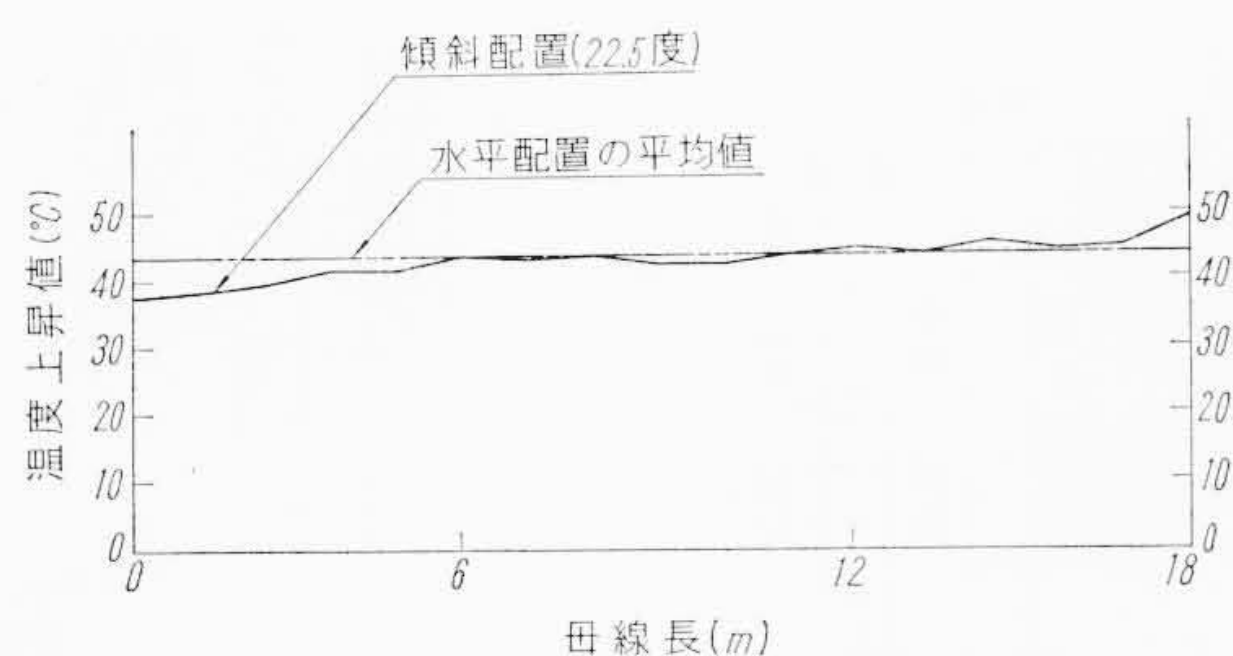
なお同じ母線については配置に関係なく、その損失熱量は一定であることおよび母線中央部では傾斜による下部からの熱の対流移動と、上部への移動とが等しくなるため、熱の移行のない水平配置の場合と同じ状態となることなどから、傾斜配置の場合も母線中央の温度上昇は水平配置の場合と大差ないといえる。

これらの点について第 7 図に示す実寸大の比較的長さの短かい供試品で実験した結果、第 8 図のように傾斜配置母線の中央部は水平配置の場合の温度上昇と等しいことを確認し、あわせて前式の定数 α の値を得た。

しかしこの実験では母線サイズに比べ長さが短いため、上下端の



第7図 モデル試験の状況



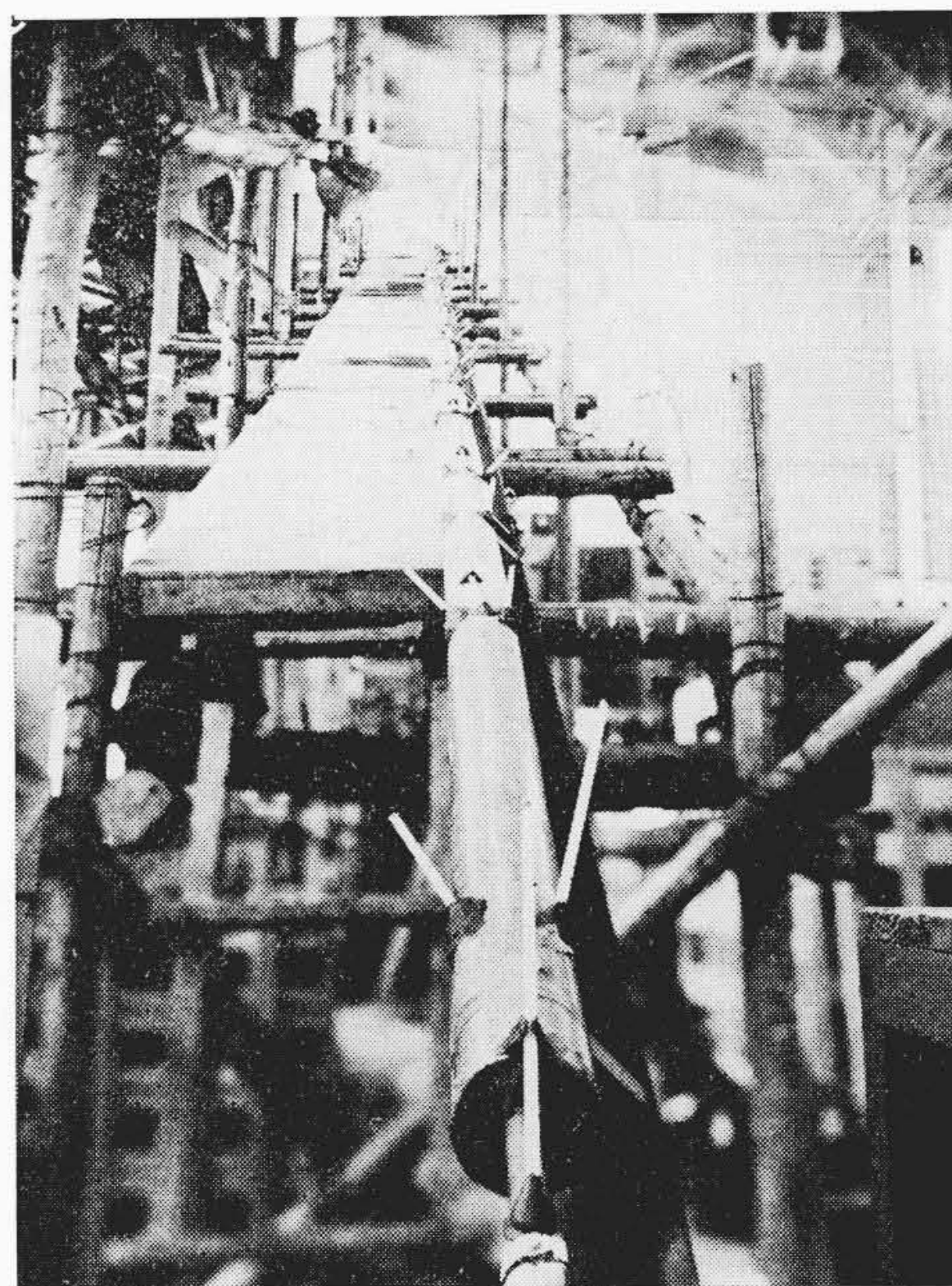
第8図 実寸大モデルの温度分布図

端末効果が顕著で前述第6図のように指数関数的に中央部が一定値に収れんする長い母線の温度分布の状況を確認するには不十分であった。このため第9図に示すような約1/10サイズの長い縮小モデルによって、その温度分布を測定した。その結果は第10図に示されるように、長い母線の温度分布はほぼ第6図推定曲線に等しいことを確認した。

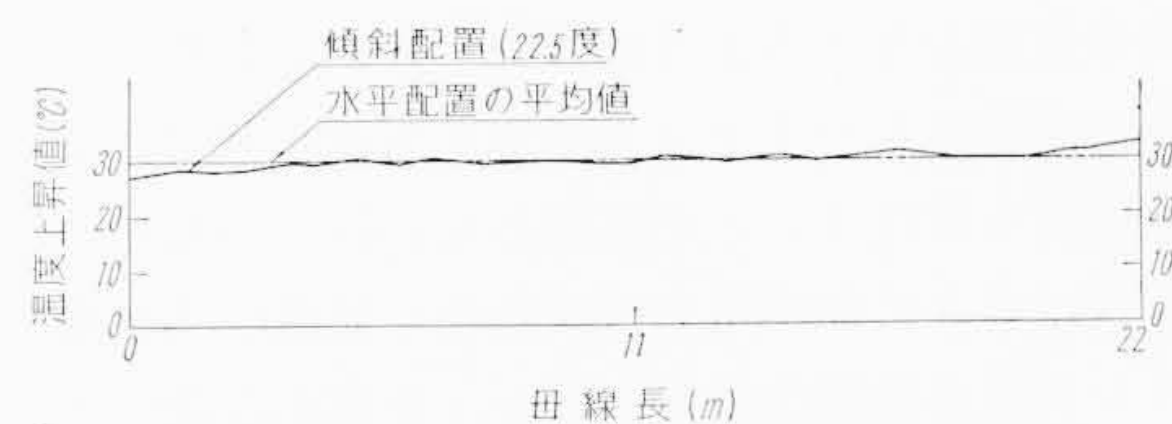
以上の解析と、その裏付けとなる種々のモデル実験に基づいて、御母衣発電所に納入する長距離傾斜配置密閉母線の温度上昇分布を算出し、合理的な設計とすることができた。

現地における本母線の実負荷温度上昇試験の結果は第11図に示すとおりである。通電電流は発電機の定格電流である4,370 Aであり、また密閉母線の据え付けてあるトンネル内に約2.5 mの風が吹いていたため、温度上昇値は小さくなっている。これを無風状態における通電電流5,000 Aの場合に換算すると第11図に点線で示した換算値となり、許容限度内に収まって合格した。

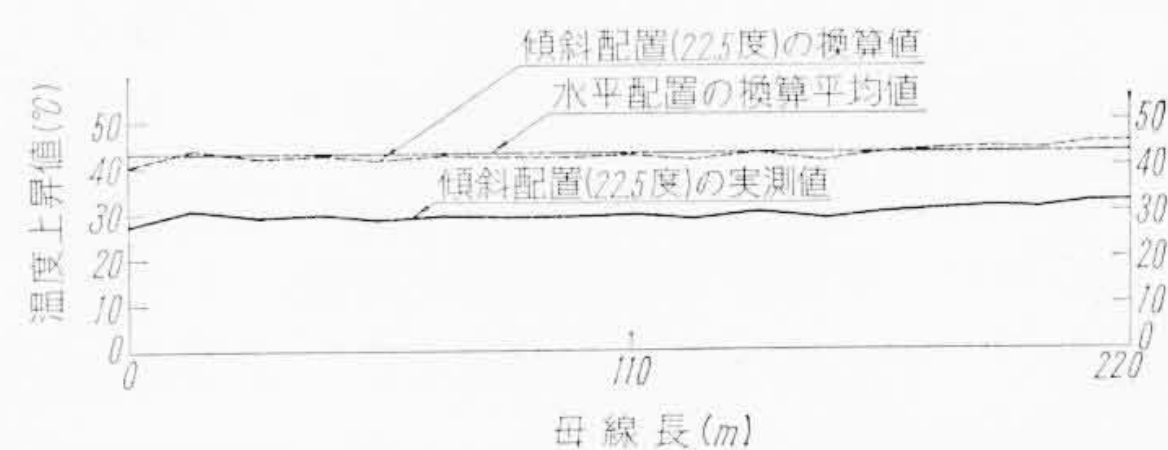
ただ上・下端の端末効果が予定値より小さくでたが、それは母線の傾斜部分の上・下端に、それぞれ水平部分が接続されていて、温度が平均化されたためと推察される。



第9図 縮小モデル試験の状況



第10図 長い縮小モデルの温度分布図



第11図 現地における傾斜配置母線の温度分布図

5. 結 言

以上御母衣発電所納相分離形密閉母線の特殊性を要点として構造、温度上昇の問題などについて述べたが、今後火力、水力発電所を問わず密閉母線の採用される傾向はますます顕著になるものと思われる。

終りに発電所建設途中の貴重な時間をさいて、現地における温度上昇試験にご援助いただいた、電源開発株式会社御母衣発電所の方々に対し深くお礼を申しあげる次第である。