

火力発電所の計装機器および 計器配管に対する凍結防止

Winterizing for Instrument and Connecting Piping of Thermal Power Plant

青 羽 雅 夫* 滝 一 郎*
Masao Aoba Ichirô Taki

内 容 梗 概

新鋭火力発電所の計装は、最近高性能、大規模、複雑化の一途をたどっているが、これらの冬期における凍結防止の必要性が発電所全体として、大きく取りあげられてきた。本稿ではこれらの施行計画、種類、ヒーティングケーブル、スペースヒータ、電気毛布などの形状、容量計算および配線法の概略を述べている。

1. 緒 言

凍結防止は従来アメリカなどにおいては、“Winterizing”あるいは“Protection from Freezing”という言葉で、計装工事の一つの問題として取りあげられ、また国内においても、東北、北陸、北海道などの各発電所には、いろいろの形式で部分的に施行されていた。

最近陸続として誕生する新鋭火力発電所は、建設費の低減を図るため、ボイラは屋外式化の傾向をたどり、またタービンおよびプラント補機も屋外式のものが出現してきた。したがってこれらを運転する制御計測機器も屋外に取り付けられ、また屋内であっても、高度の信頼性を要求されるため、冬期におけるこれらの凍結防止が大きく取りあげられてきた。

本稿においては、これらの施行に当たっての計画手順、各方式の特色と容量計算およびその他の問題点について、以下順を追ってその一端を述べる。

2. 凍結防止の種類と基本計画

凍結防止の対象は一般に検出ライン、コントロールドライブ、トランスミッタなどで屋外にあるものであるが、寒冷地では屋内も対象にする必要がある。

凍結防止の種類と施行箇所は下記のように大略分類できる。

	種 類	施 行 箇 所
機 械 的	1 保 温 の み	検出配管(おもに屋内)
	2 スチームトレース	重 油 系 統
電 気 的	3 ヒーティングケーブル+保温	屋外検出配管(ガス、空気を除く)
	4 スペースヒータ	O ₂ 分析計箱、コントロールドライブ、トランスミッタ収納箱
	5 電気毛布(休缶時および酷寒時)	トランスミッタ、コントローラ、フィルタアセンブリ

なお上記のほかに、熱風を送る方法や温水加熱などが考えられるが、これらは今後の研究課題とし、ここでは省略する。

凍結防止を施行する発電所は、関東以北が大部分であるが、地域的に決定できる問題でなく、発電所周辺の気象条件を調査しなければならない。調査に当たっては過去10年ぐらいの最低気温、風速および最低気温発生日前後1週間ぐらいの温度変化を対象とすべきである。これらの資料を基にして今後起こりうる気温や風速などを推定し、計画の基準としなければならない。

次に凍結防止の各種類について述べる。

3. 各 論

3.1 保 温 の み

保温のみを施行する場合の限界計算方法。

* 日立製作所日立工場

一例として、屋外の計器検出配管を考える場合には、保温だけでよいか、または、蒸気、電熱などで加熱する必要があるかどうかを決定せねばならないが、東京近辺を例にとると、気象のデータより、冬期24時間のうち氷点以下は

(イ) -5°C が1時間

(ロ) -4°C が3時間

(ハ) -3°C が5時間

(ニ) -2°C が7時間

と4種類ぐらいを考えて計画することが妥当と思われる。次に下記により凍結するまでの時間を計算し、安全率をとり、前記の仮定時間と比較し、本検出配管は保温のみでよいか、あるいは電気などにより加熱するかを決定する。

計器検出配管において

T : 許容氷結までの時間 (h)

T_1 : 0°C まで水が冷却する時間 (h)

T_2 : T_1 より許容氷結に要する時間 (h)

H_1 : 水 の 蓄 熱 量 (kcal/m)

H_2 : 検出管の蓄熱量 (kcal/m)

H_0 : 凝 固 熱 (kcal/m)

q_1 : T_1 時間中の平均熱損失 (kcal/mh)

q_2 : T_2 時間中の平均熱損失 (kcal/mh)

とすると

$$T = T_1 + T_2 = \frac{H_1 + H_2}{q_1} + \frac{H_0}{q_2} \dots \dots \dots (1)$$

T_2 は通常検出配管内面積の15~25% ぐらいまでが許容される。通常保温材はマグネシヤ系のものを30~40mmの厚さで使用し、その上に亜鉛引鉄板を巻き仕上塗装する。

本計算により、前記東京近辺の推定温度では $\frac{1}{2}$ B程度の検出配管は、保温のみで良いという結論が出る。

3.2 スチームトレース

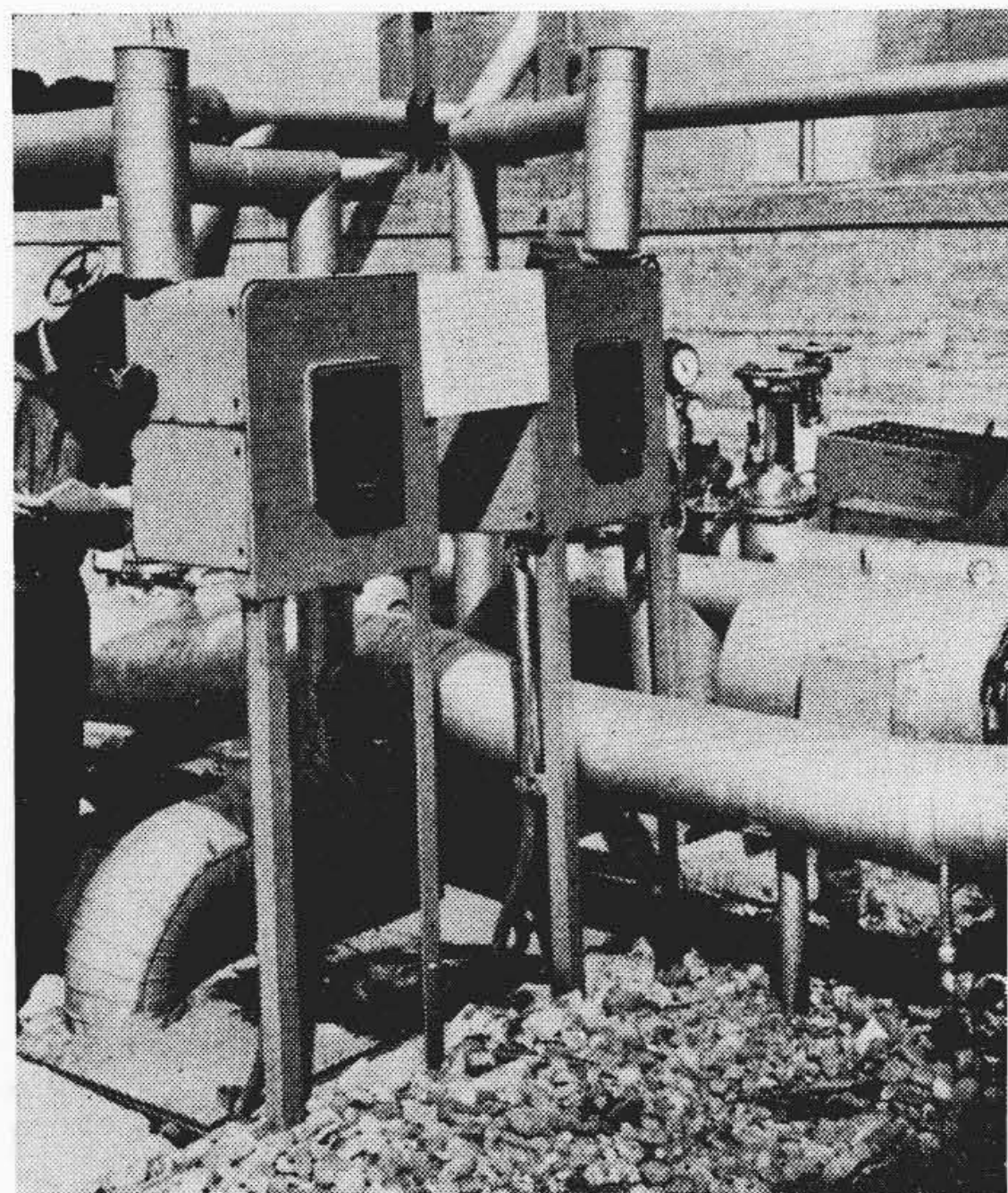
特に発火の危険がある重油系統の検出配管やトランスミッタ箱などには、一般的にスチームをトレースする方式が採用されている。第1図に供給および戻り重油圧力検出配管とトランスミッタにスチームトレースした例を、第2図に系路を示す。加熱用蒸気は火力発電所においては容易に得られるので、従来より小容量のプラントにはさかんに用いられている。第3図は圧力計に施行した例である。

トレース用の配管は $\frac{1}{4}$ 吋外径の銅管を抱管(ほうかん)として使用し、抱管までは $\frac{1}{2}$ B程度の銅管を使用する。

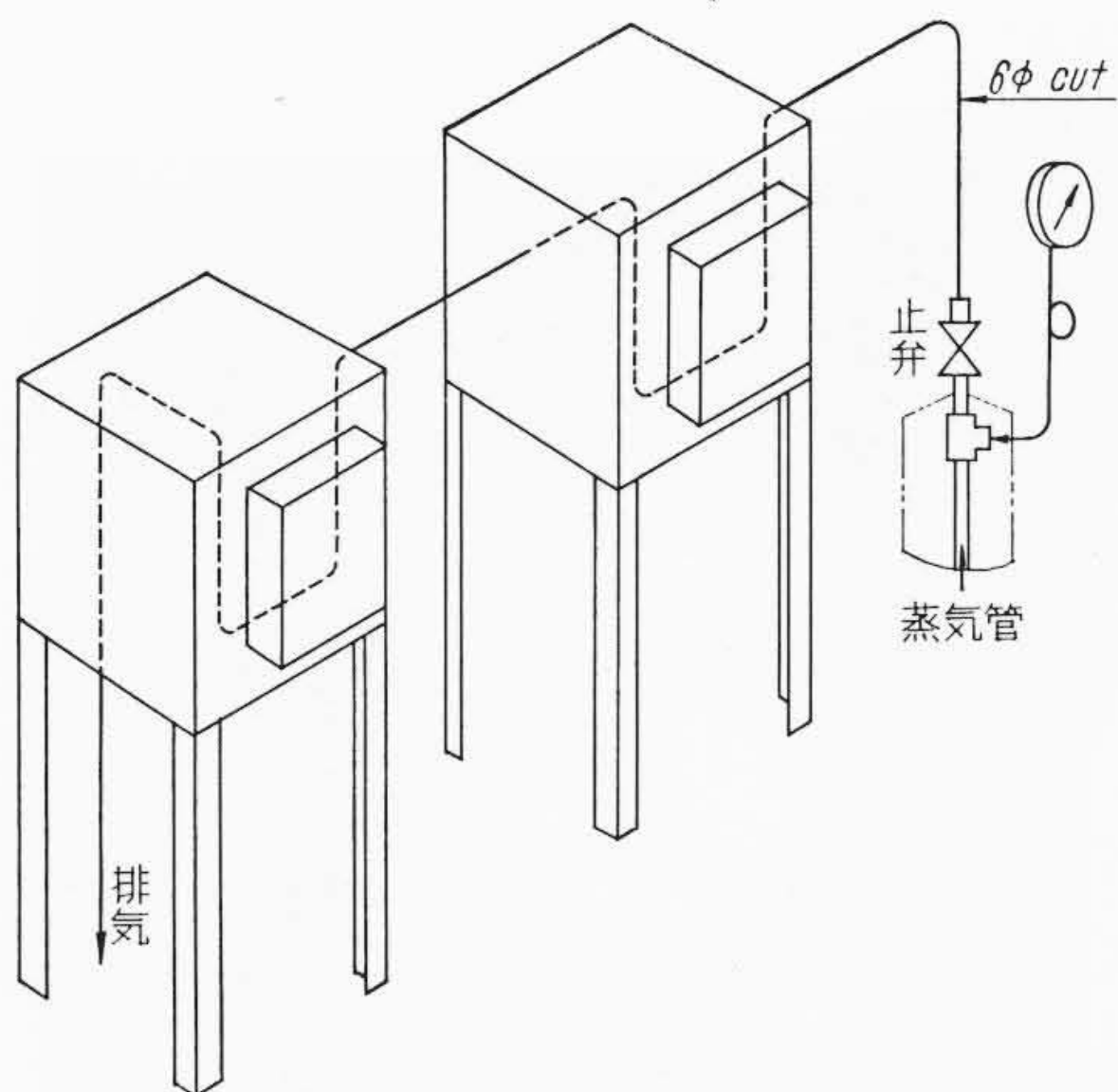
3.3 ヒーティングケーブル+保温

検出配管に保温のみを施行する場合の限界の計算法については、3.1において述べたが、保温のみで凍結する場合は次に説明するヒーティングケーブルを施行する。その施行方法を図示すると

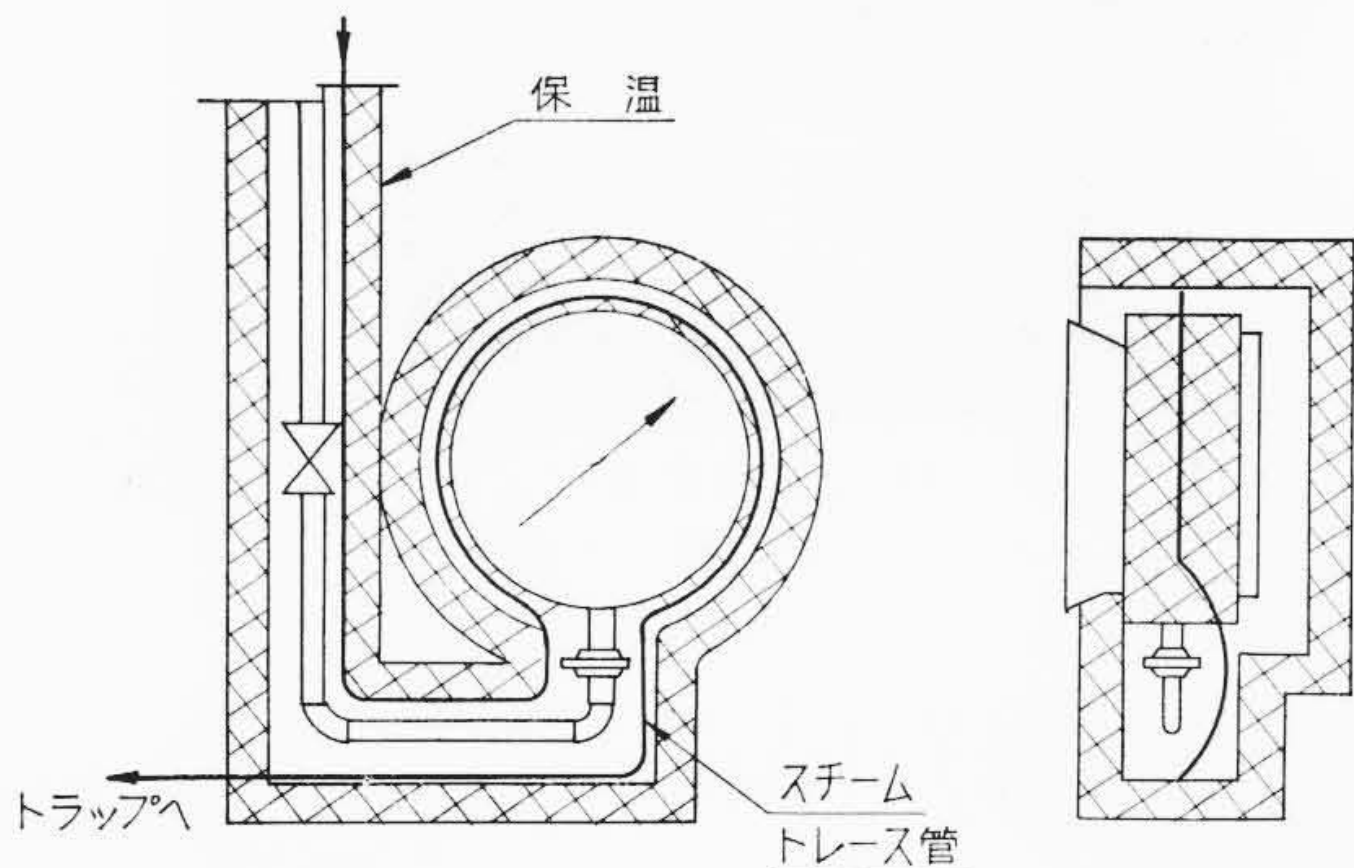
(イ) 検出配管が1本の場合(第4図)



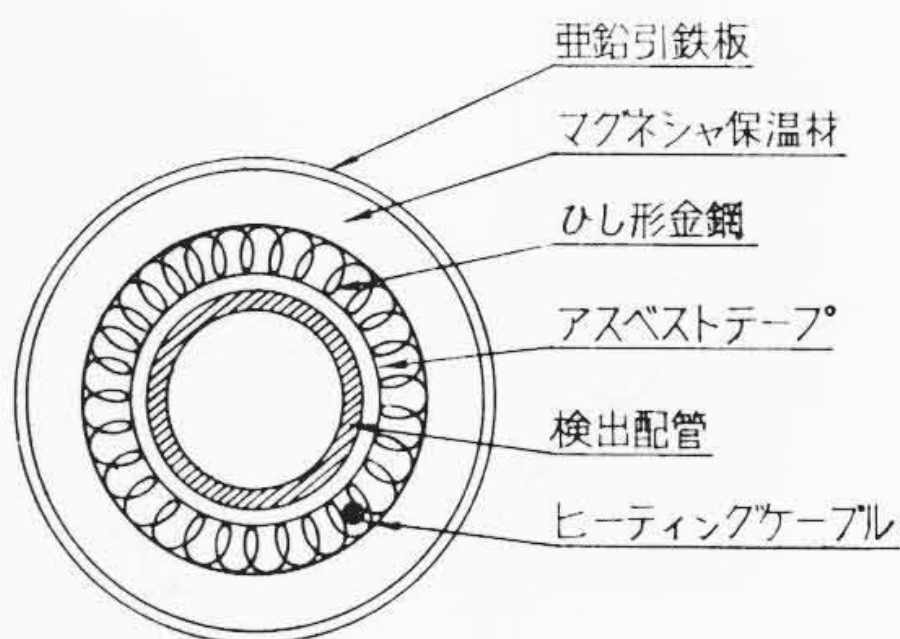
第1図 供給および戻り重油圧力トランスミッタを箱に入れスチームトレースを施した例



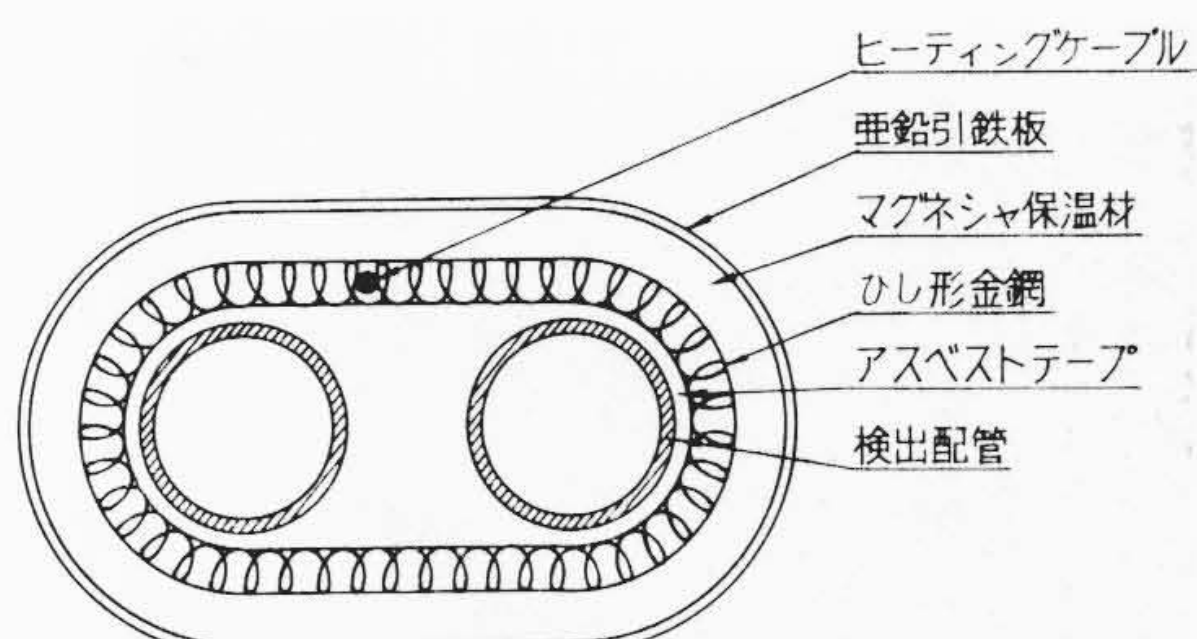
第2図 第1図用スチームトレース配管経路図



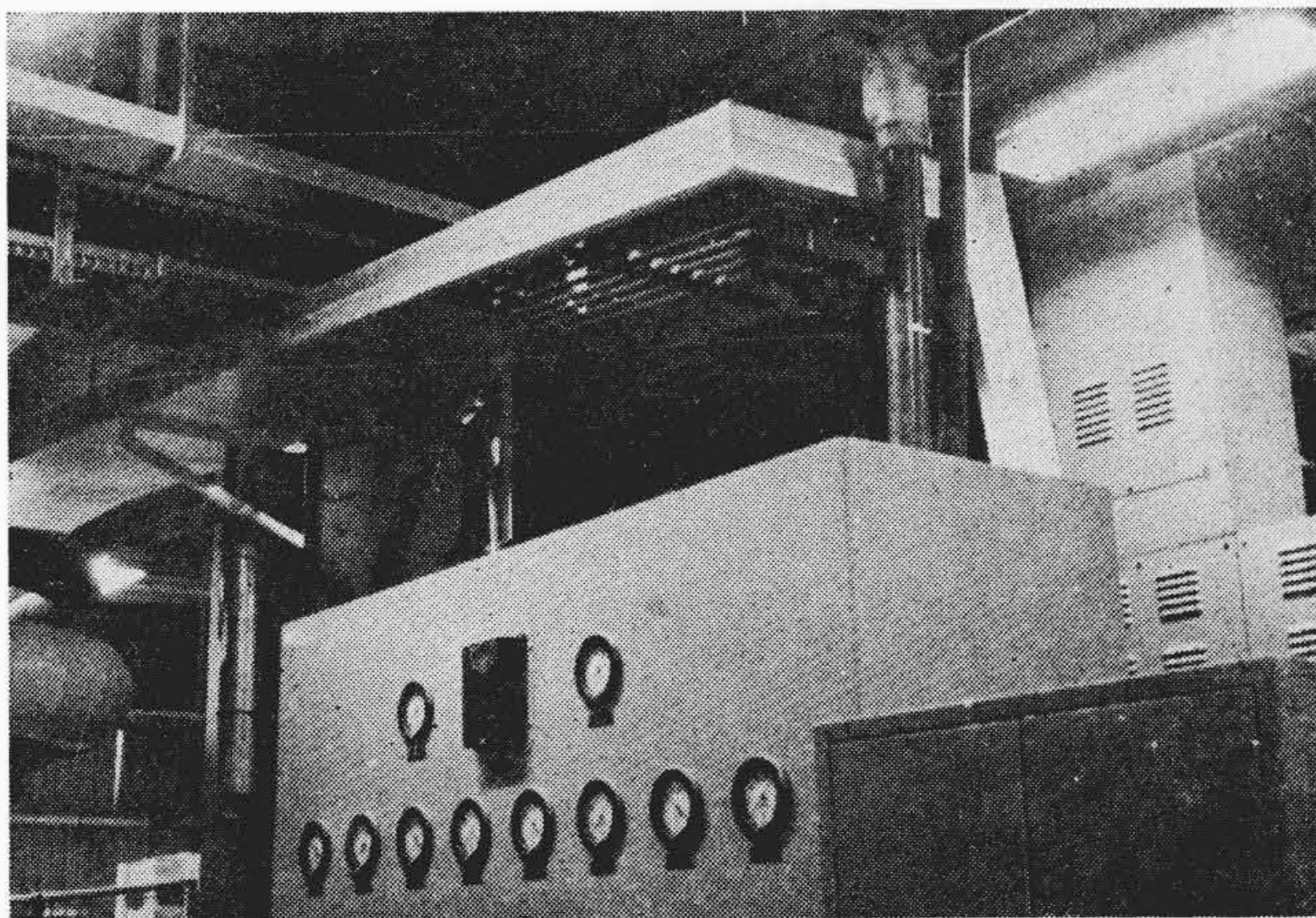
第3図 スチームトレース施行例



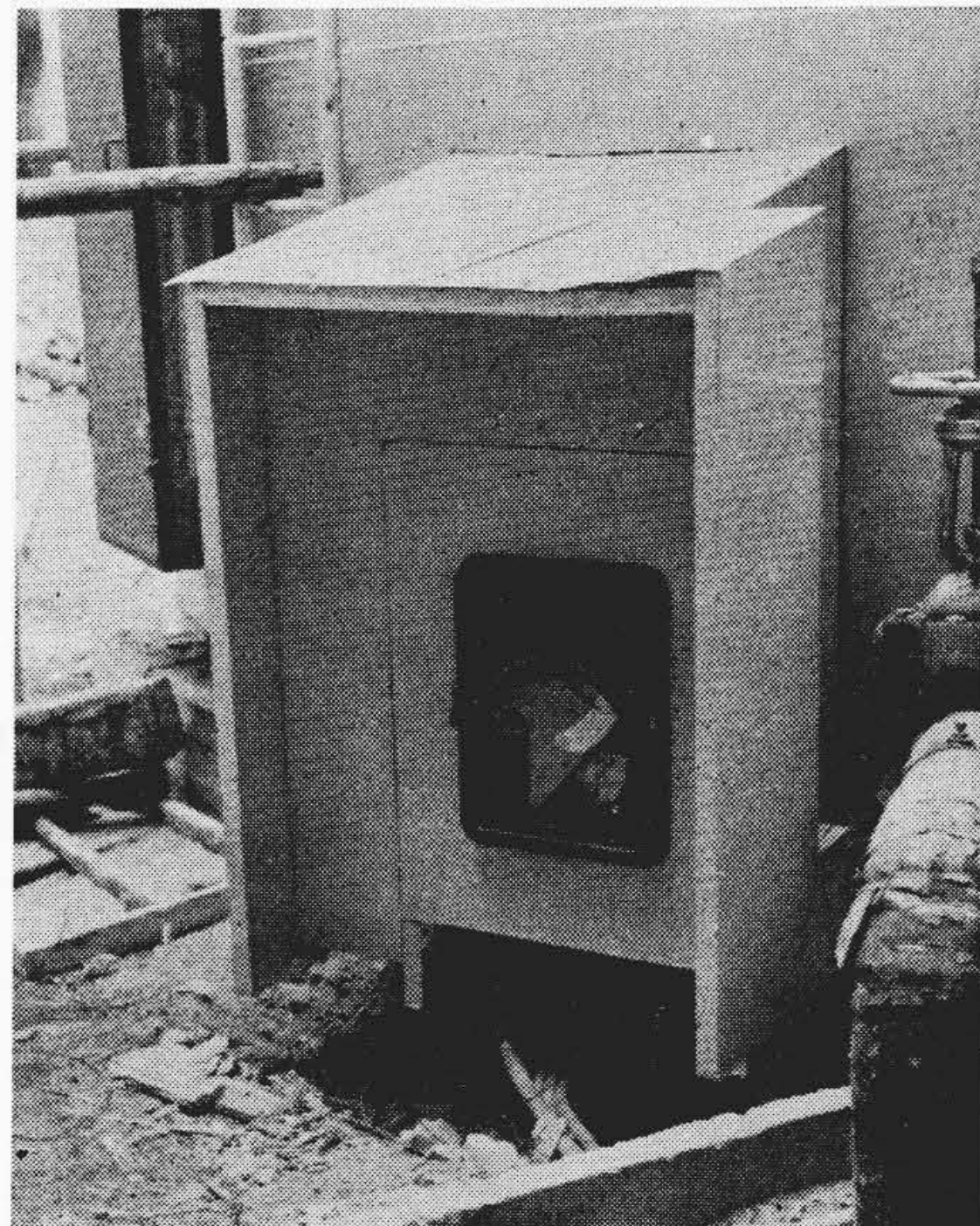
第4図 ヒーティングケーブルを施行した検出配管断面(配管1本の場合)



第5図 ヒーティングケーブルを施行した検出配管断面(配管二本の場合)



第6図 計器検出配管をトレイに入れヒーティングケーブルを施行する例(工事中のもの)
盤内にはスペースヒータ設置



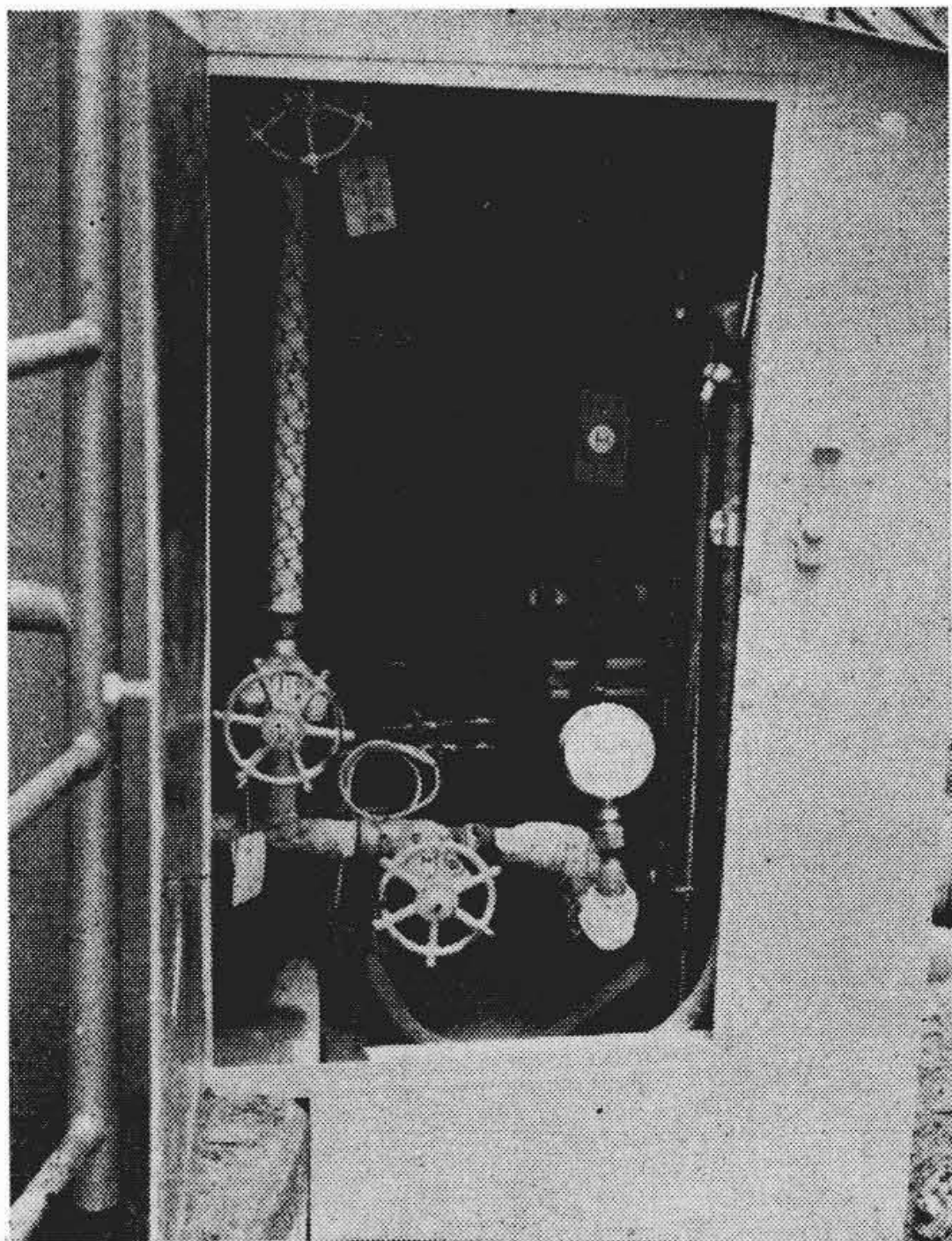
第7図 蒸留水タンクレベルトランスミッタを保温箱に設置した例、箱内配管ヒーティングケーブル施行

- (ロ) 検出配管が2本の場合(第5図)
- (ハ) 検出配管が数本まとまった場合はトレイに入れて、ケーブルを内部に取り付ける(第6図、本図は給水ポンプ盤に入る配管の例)
- (ニ) 屋外設置の蒸留水タンクレベルトランスミッタの凍結防止の一例で、保護箱の中の検出配管にヒーティングケーブルを巻く前の状態を示す(第7図、第8図)
- 第8図の右側に長く見えるのは、スペースヒータであるが、さらに種々の目的で使用されるコンセントも取付けてある。
- (ホ) 検出配管に施行したヒーティングケーブルを延長し箱の内

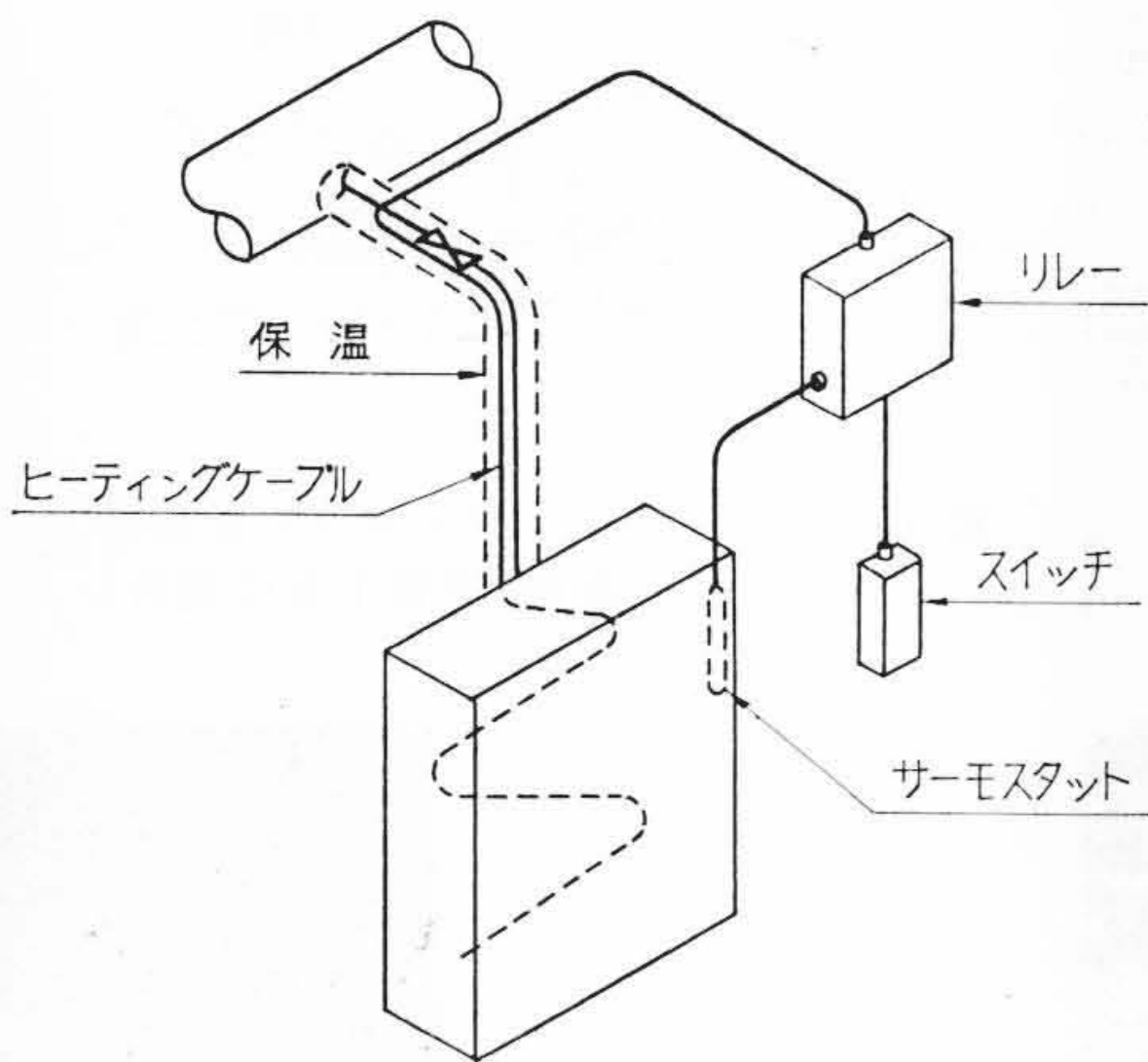
部の保温に使用する例(第9図)などがある。

ヒーティングケーブルは普通外径1~1.8mmくらいのニクロム線の上に絶縁体としてガラス糸を数回巻き、その上に鉛かアルミ管で被覆し、仕上がり外径6~8mmくらいのものを使用する。鉛被覆のものは通常約300℃以下の流体が流れる配管に、それ以上はアルミ管被覆を使用する。使用電源は通常200Vであるが、所内の電源配置の関係で100Vを使用したい場合は特殊のニクロム線を用いれば良い。

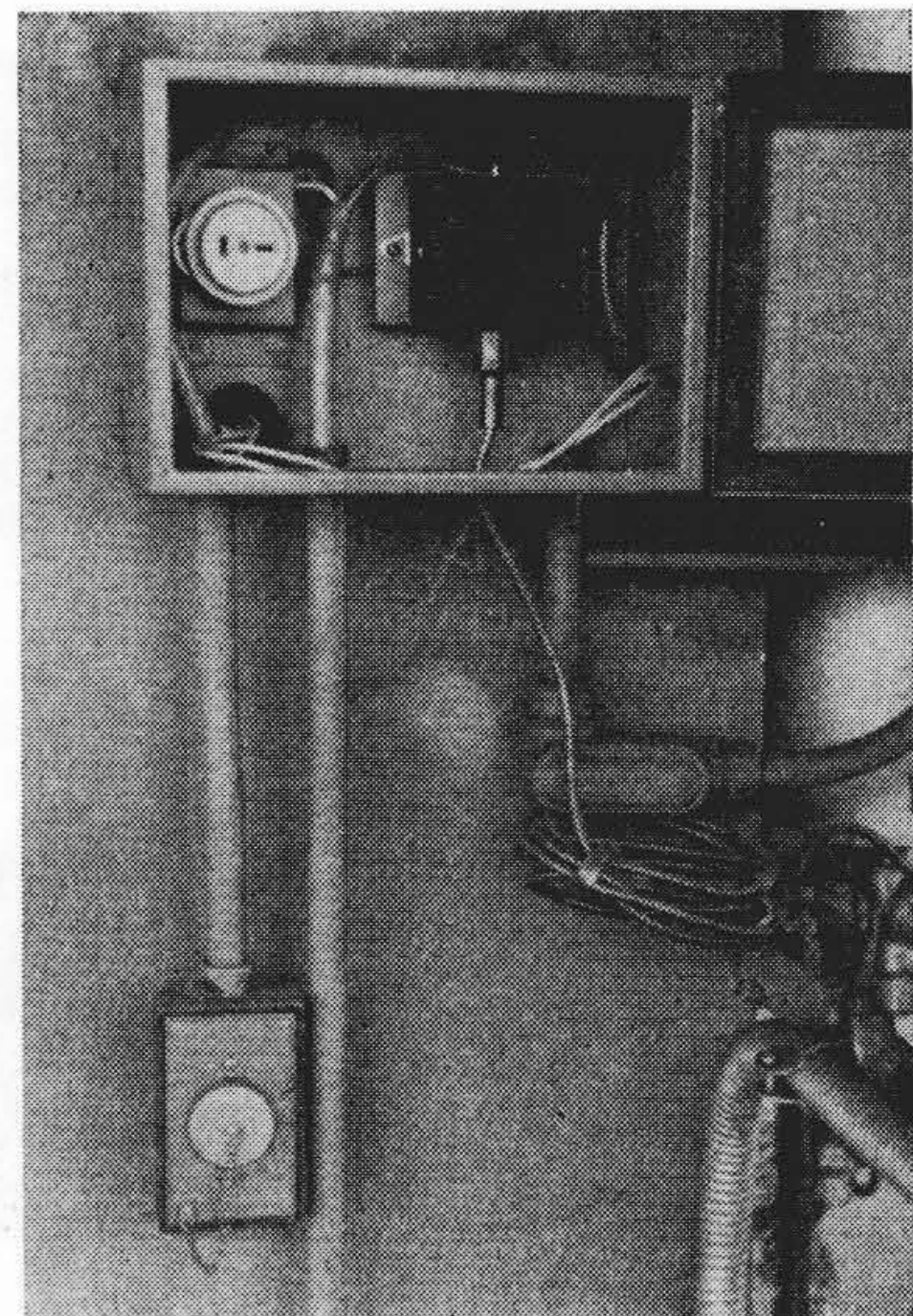
ヒーティングケーブルの容量を算定するための放散熱量の計算は



第 8 図 第 7 図側面ドアを開いたものヒーティングケーブル工事中(ヒシ形金網を巻いた所)



第 9 図 ヒーティングケーブル施行例



第 10 図 ヒーティングケーブル用コンセントおよびサーモスタット

次式による。

$$Q = \frac{(t_1 - t_2)l}{0.367 \frac{1}{\lambda} \log \frac{d_2}{d_1}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = \alpha \cdot A (t_2 - t_0) \dots\dots\dots (3)$$

ただし Q : 放 熱 量 (kcal/h)

t_0 : 外 気 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_1 : 保温筒の内面温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 : 保温筒の外表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)

d_1 : 保温筒の内径 (m)

d_2 : 保温筒の外径 (m)

l : 検出管の長さ (1 m)

A : 保温筒外面の 1 m 当たりの面積 (m^2)

λ : 保温材の熱伝導率 (kcal/mh $^{\circ}\text{C}$)

α : 熱 伝 達 率 (kcal/m 2 h $^{\circ}\text{C}$)

(2)(3)式より 1 m 当たりの Q を算定し、次にケーブルの容量を算出する。式中 λ は 0.05, α は 12 とし、外気温度が -10°C に低下したとき、配管の温度が $+5^{\circ}\text{C}$ 以下に降下しないという条件で計算すると、ケーブル容量は約 10 W/m となる。

温度は第 10 図に示すようなサーモスタットで $10 \sim 30^{\circ}\text{C}$ に制御する必要がある。

3.4 スペースヒータ

第 11 図にガス O_2 分析計を箱に収め、スペースヒータを入れたもの、第 12 図にヒータを設置したラックを示す。

スペースヒータは FAP (缶前盤), FWP (給水ポンプ盤) などに通常 500W のものを 2 個取り付け、トランスミッタ収納箱などはトランスミッタの大きさ、数量により大きさが異なるので、次式により放散熱量を計算し容量を決定せねばならない。

収納箱外表面からの熱放散量は

$$Q = (E_r + E_c) (t_2 - t_0) \dots\dots\dots (4)$$

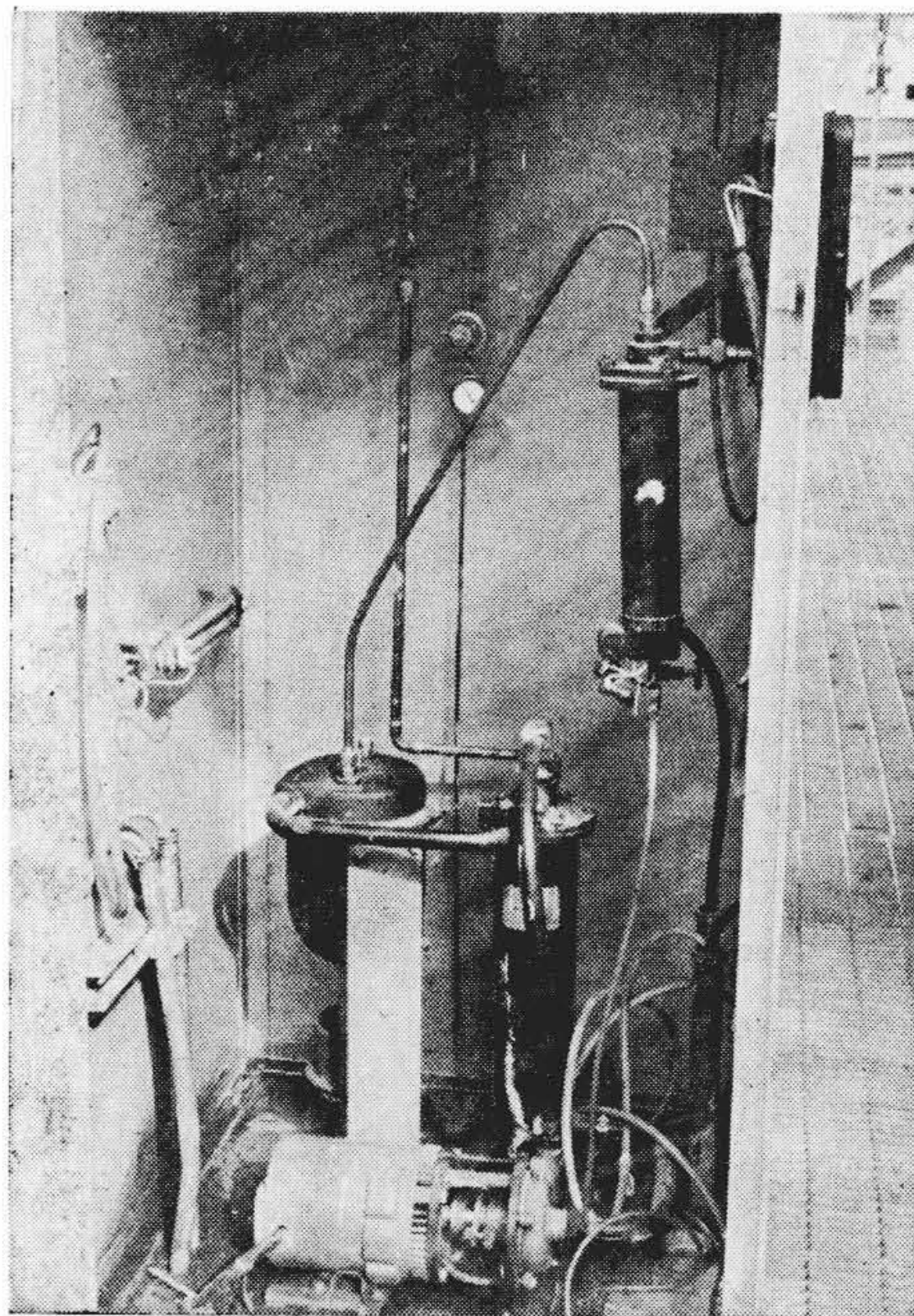
ただし Q : 外面よりの放散量 (kcal/m 2 h)

E_r : 放射による熱伝達率 (kcal/m 2 h $^{\circ}\text{C}$)

E_c : 伝導および対流による熱伝達率 (kcal/m 2 h $^{\circ}\text{C}$)

t_2 : 箱外面の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_0 : 周囲空気の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

第 11 図 ガス O_2 分析装置をキュービクルに入れスペースヒータを設置した例

$$E_r = 4.6 \frac{\left(\frac{T_2}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_0}{100}\right)^4}{t_2 - t_0} \dots\dots\dots (5)$$

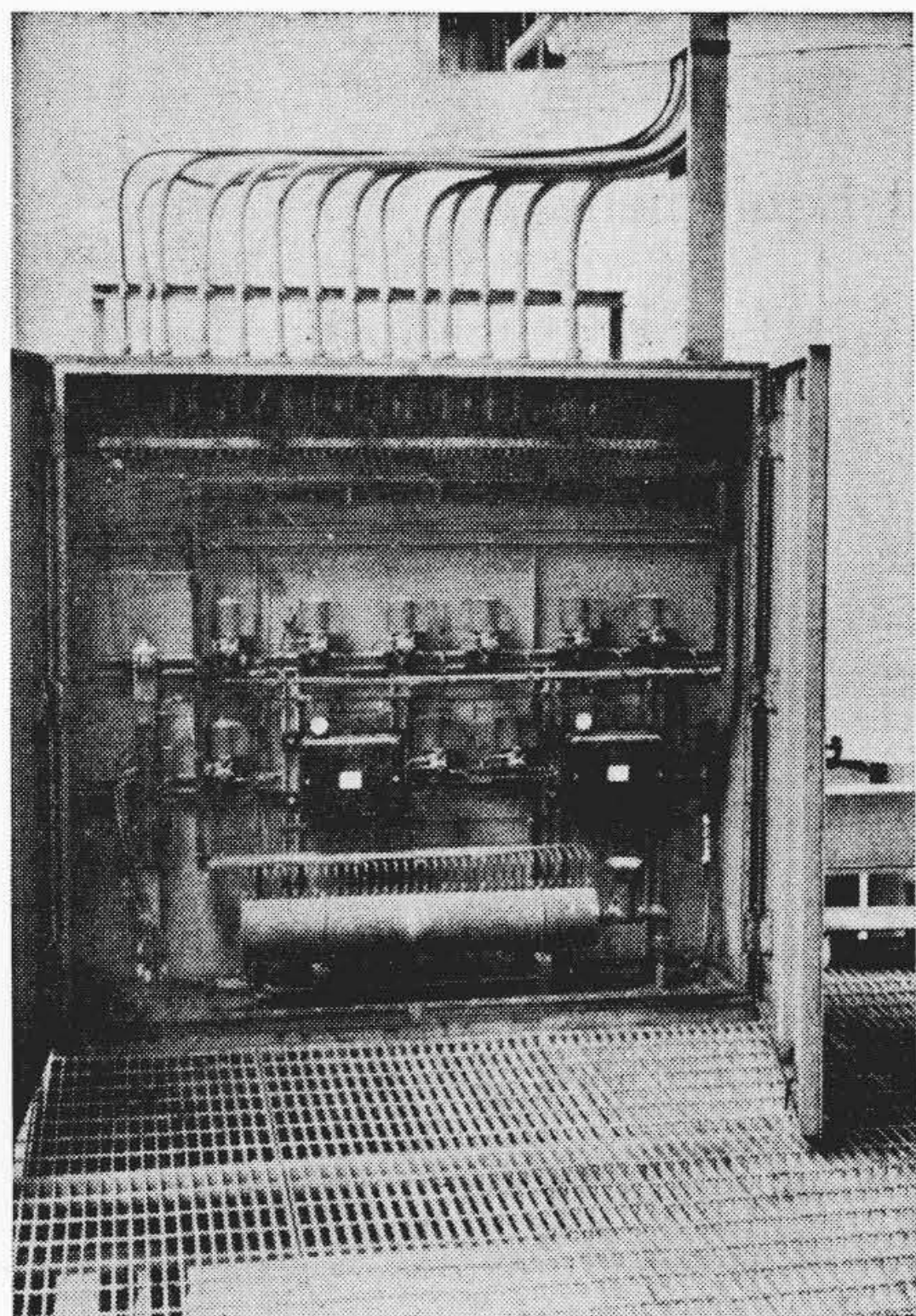
E_c : $2.2 \sqrt[4]{t_2 - t_0}$ 垂直面の場合

$2.8 \sqrt[4]{t_2 - t_0}$ 水平上向の場合

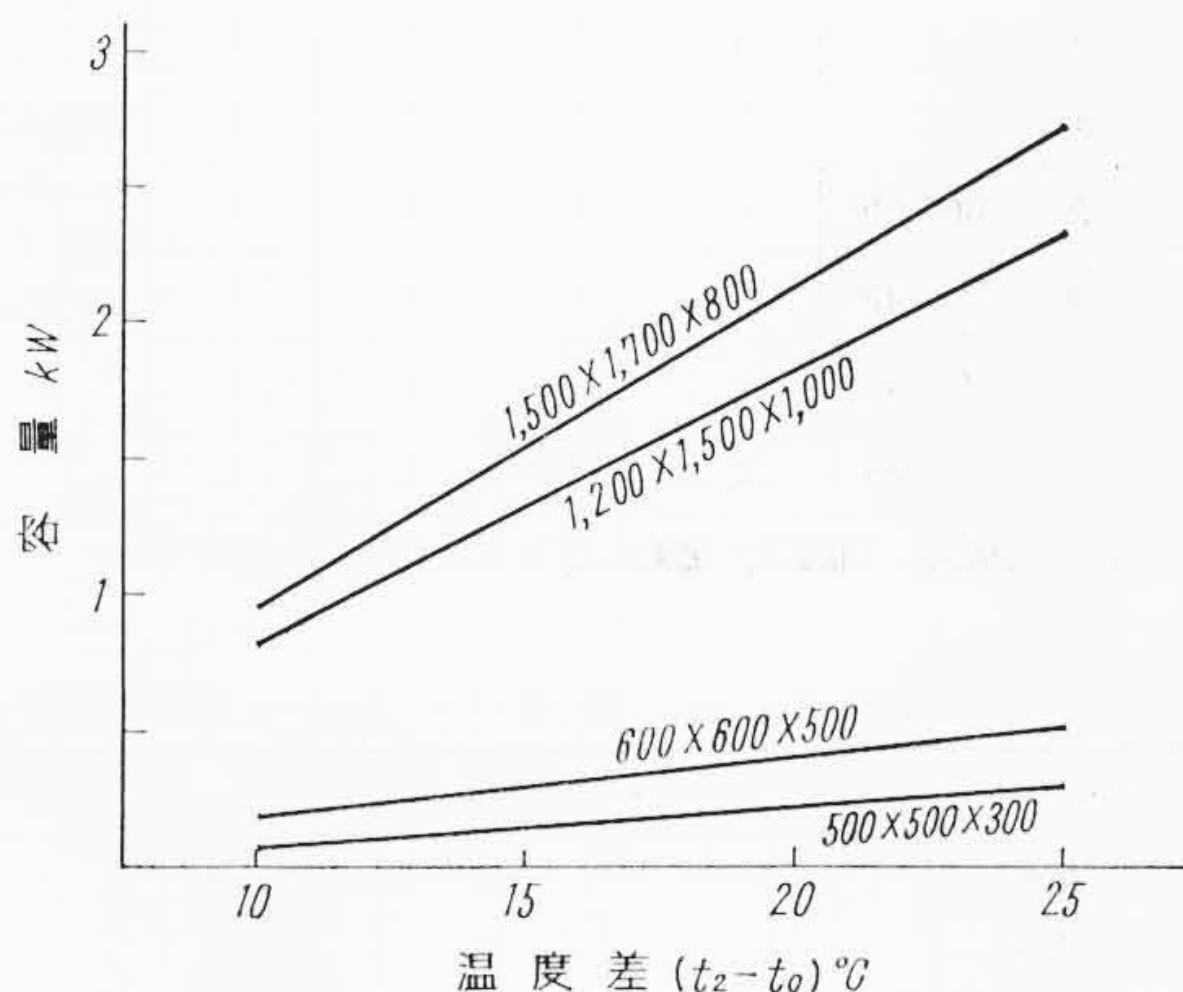
$1.5 \sqrt[4]{t_2 - t_0}$ 水平下向の場合

(4)式より Q を算定し、次にヒータ容量を決定する。各大きさの箱に対する温度差と容量の関係を第 13 図に示す。

なお本計算により大容量のヒータを必要とする場合は 2 ~ 3 個に分割したものを取り付け、箱の内部が均一にあたたまるようにすべきである。電源は通常 200V, 100V を使用する。またスペースヒータは、トランスミッタ箱のほか、ファン、ダンパ類の操作機であるコントロールドライブの内部に取り付けられ、容量は 500W を 1 個または 2 個が普通である。容量が過大になると、コントロールドライブ内部が異状に乾燥し、制御部品の作動を不良にするので、十



第12図 スペースヒータを設置したラック



第13図 スペースヒータの容量

分注意せねばならない。

ヒータとしては、このほかに赤外線ヒータが一部では好んで使用されている。

3.5 電気毛布

屋内に取り付ける計器類は一般に電気毛布が採用されるが、火力発電所の各階各部の空気温度は場所によりだいぶ幅があるので、周囲の機器、配管の内部温度、日中の太陽の当たりぐあい、屋外までの距離などを考慮の上決定せねばならない。

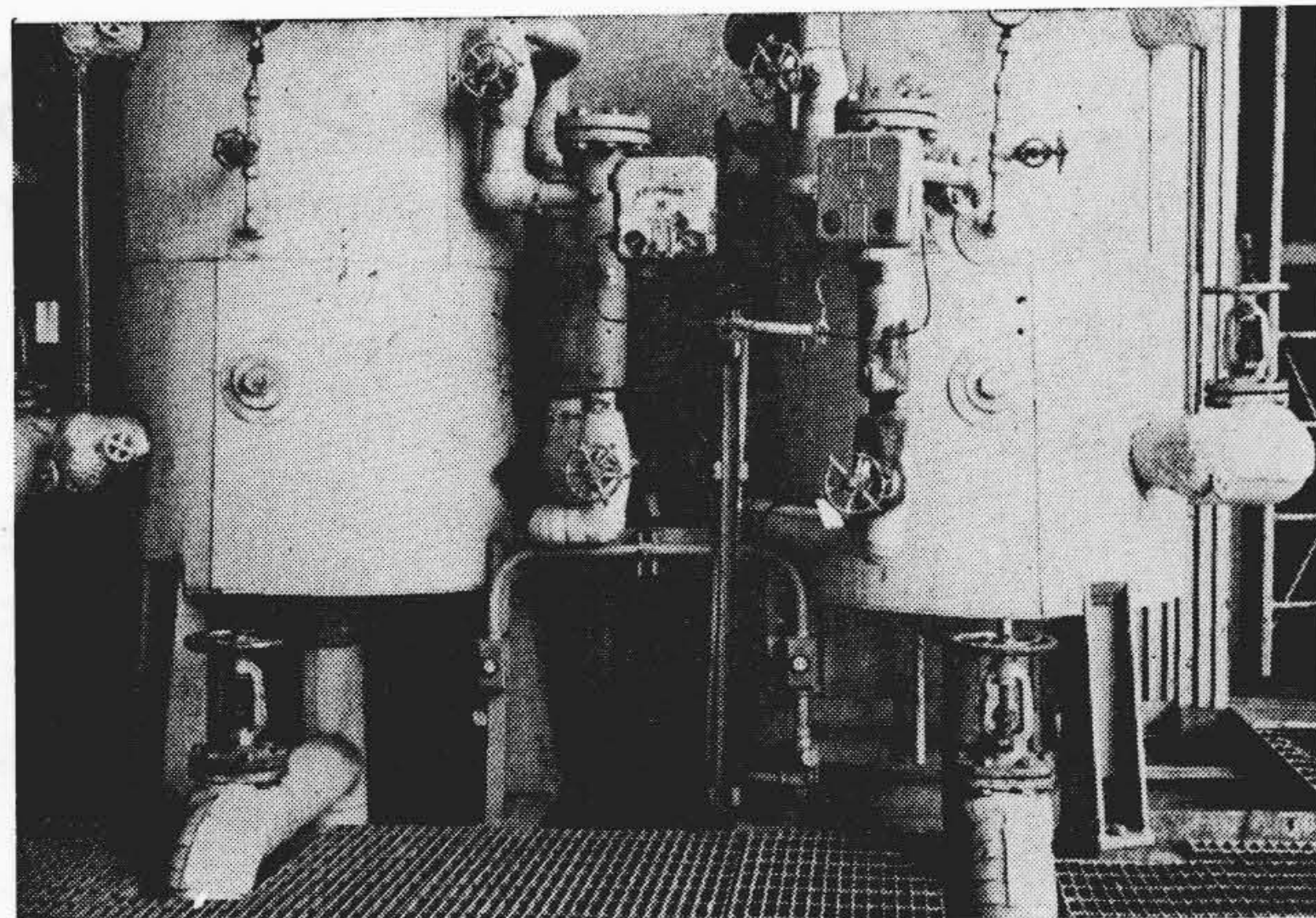
電気毛布としては、100V 140W の市販品を通常使用する。一例として空気予熱器ドレンタンクレベルコントローラに電気毛布用コンセントを取り付けたものを第14図に、ABC用空気減圧装置エアフィルタに電気毛布を着せた例を第15図に示す。

また前記のような電熱を利用する、ヒーテングケーブル、スペースヒータ、電気毛布などの配線の一例を第16図に示す。

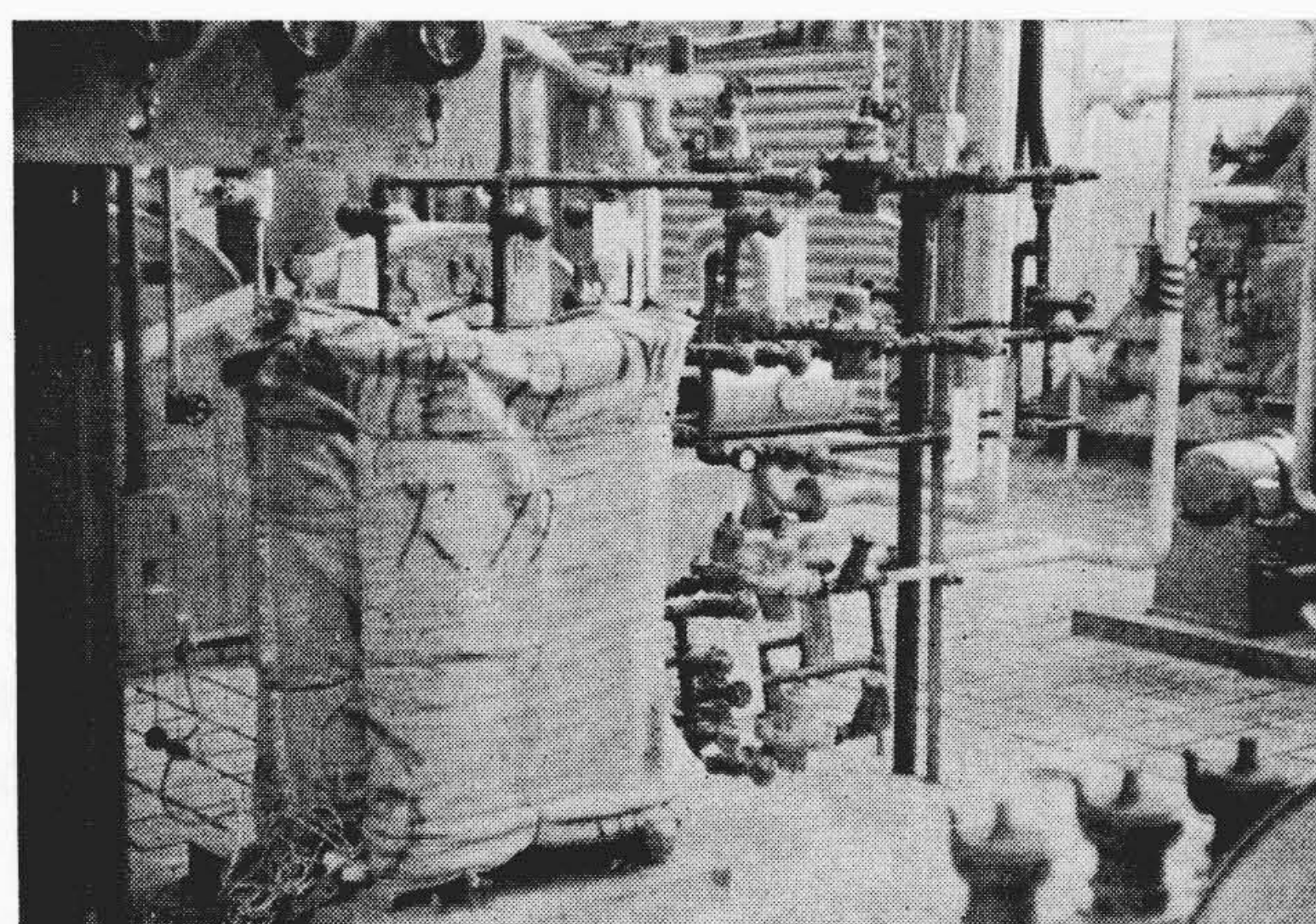
凍結防止用配線は通常照明電源からは分岐せず、コントロールセンタから専用線を取るべきである。

4. 結 言

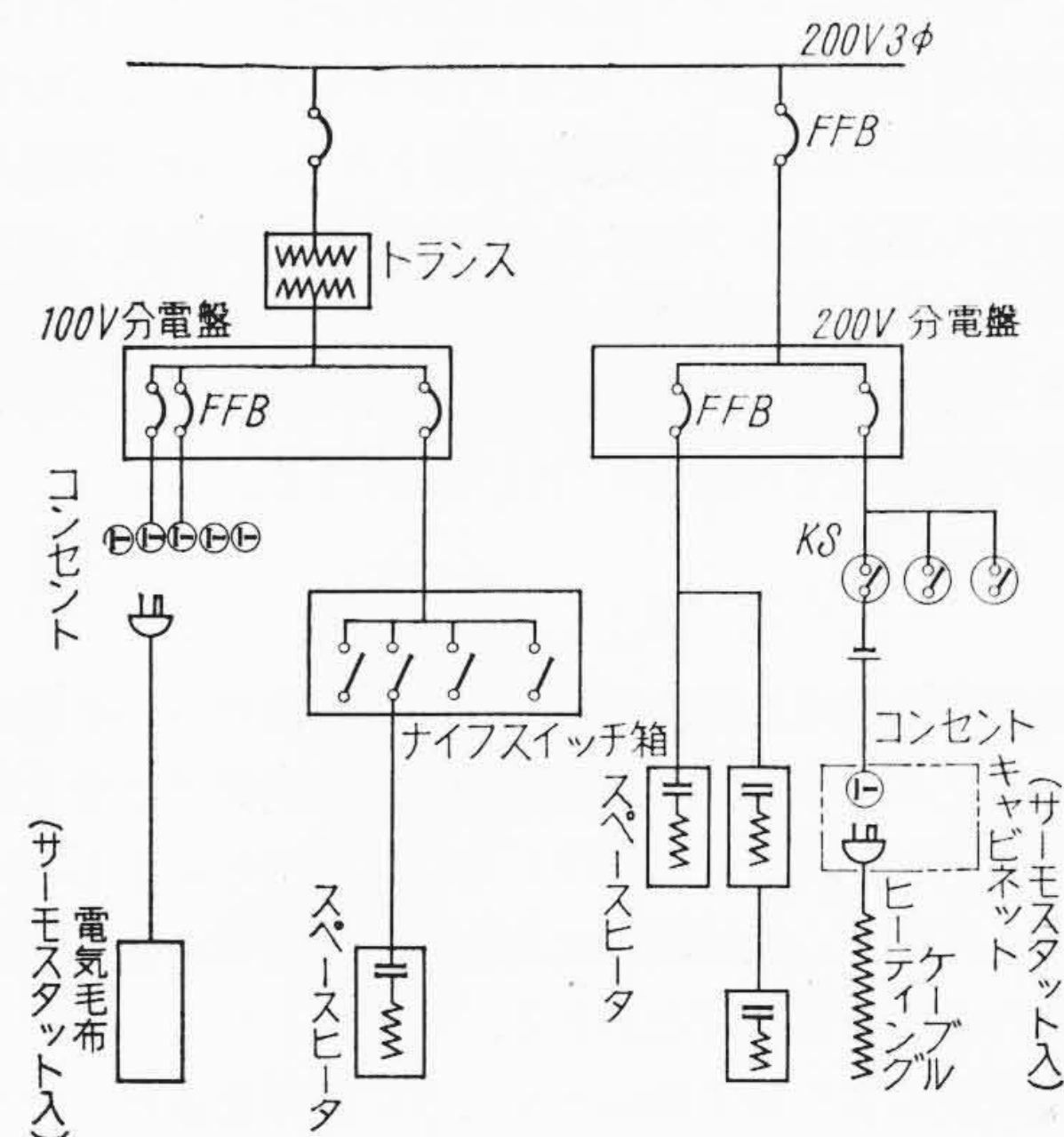
以上凍結防止の現状の一端を述べたが、今後これらの問題はさらに各電力会社のご協力により、火力発電所に即応した凍結防止部品の開発と、総合計画の研究を進めねばならないと考えている。最後に本稿をまとめるにあたり種々ご指導をいただいた東北電力株式会



第14図 空気予熱器ドレンタンクレベルコントローラに電気毛布用コンセントを取り付けた例



第15図 ABC用空気減圧装置エアフィルタに電気毛布を着せた例



第16図 凍結防止用結線図

社、仙台火力発電所の関係者のかたがたに謝意を表したい。

参 考 文 献

- (1) 熱管理 Vol.10, No. 10 西川「配管の伝熱および保温の計算」
- (2) 火力発電 Vol.6 No. 3 杉沼, 林「日立式屋外汽缶と、屋外汽缶設計上の2, 3の問題」
- (3) American Petroleum Institute "Installation of Refinery Instruments and Control Systems"
- (4) Bailey Meter Company Instruction "Instrument connecting piping"