

# 赤外線電球の放射特性とその応用

## Radiant-energy Characteristics and Applications of Infrared Lamps

山本 徳太郎\* 広田 泰輔\*  
Tokutaro Yamamoto Yasusuke Hirota

### 内 容 梗 概

赤外線電球の出現は主として戦後のことであるが、そのすぐれた熱源としての特性は赤外線利用の乾燥法に劃期的な進歩をもたらしつつある。本報はまず日立赤外線電球の二、三の特性と特長を再検討し、ついで電球の配列と配光特性ならびに放射照度相互の関係につき調べた詳細な実験につき記述し、さらにこれらの結果に基づき、炉の設計、構造および応用例について、主として利用者の立場から便なるように纏めたものである。

### 〔I〕 緒 言

最近における赤外線利用の乾燥法の進歩発展は赤外線電球のすぐれた特性により、まさに劃期的なものがある。これは一つに、赤外線電球による乾燥法が従来の自然乾燥あるいは熱風、電熱式の乾燥法と異なり、熱の伝導、対流によらず、被乾燥体に熱源たる赤外線電球より直接赤外線を放射し、これを加熱、乾燥に必要な熱に変えるためである。したがって作業能率、製品品質の向上、設備費や維持費の逡減、移動あるいはコンベヤ方式の活用、安全性などにおいて格段の効果があり、他の乾燥法の追随を許さぬ利点を数多く有している。すなわち各種機器類の塗装乾燥、繊維類の水洗あるいは樹脂加工後における乾燥、化学、製紙、印刷、皮革、食品、ゴム工業から家庭や病院に至るまで、いまやあらゆる面において活発な利用と成果の拡大が行なわれつつある<sup>(1)(2)</sup>。

このような各種、各様の要求に応ずるため、工場ではいち早く周到な計画のもとに研究、調査を続け、反射型赤外線電球（日本工業規格 JIS C 7514）IR 100V250, 375, 500WRなどを製作、常に最高の品質と技術レベルを目標に改良し今日に至っている。

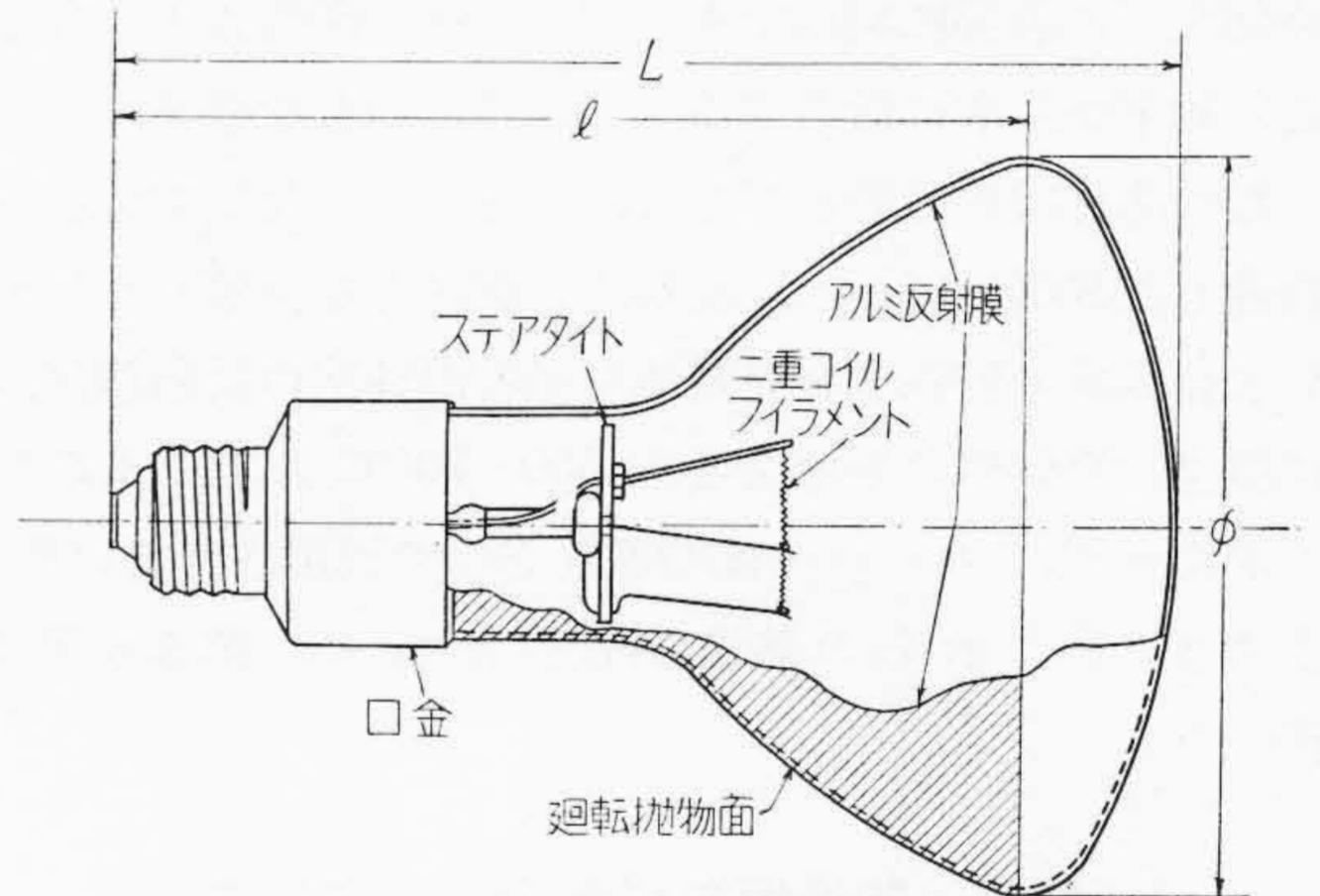
一方乾燥試験についても、独自の考え方あるいは需要者の要求に基づき、数多くの実験を行ない乾燥データの蒐集に努めるとともに、炉の設計および製作を重ねてきた。

最近に至り、赤外線電球の需要ならびに炉の設計依頼が急激に増大し、赤外線乾燥法の応用分野の拡大および将来性について一層の期待がもてる段階となった。そこでこれを機会に、最近における電球の配光特性、効率および炉の照度分布などを再検討し、設計改善および使用者の便に資することにした。なおこれに附随して、一例として最近実施したレットルの糊付乾燥の実験結果をあわせ述べんとするしだいである。

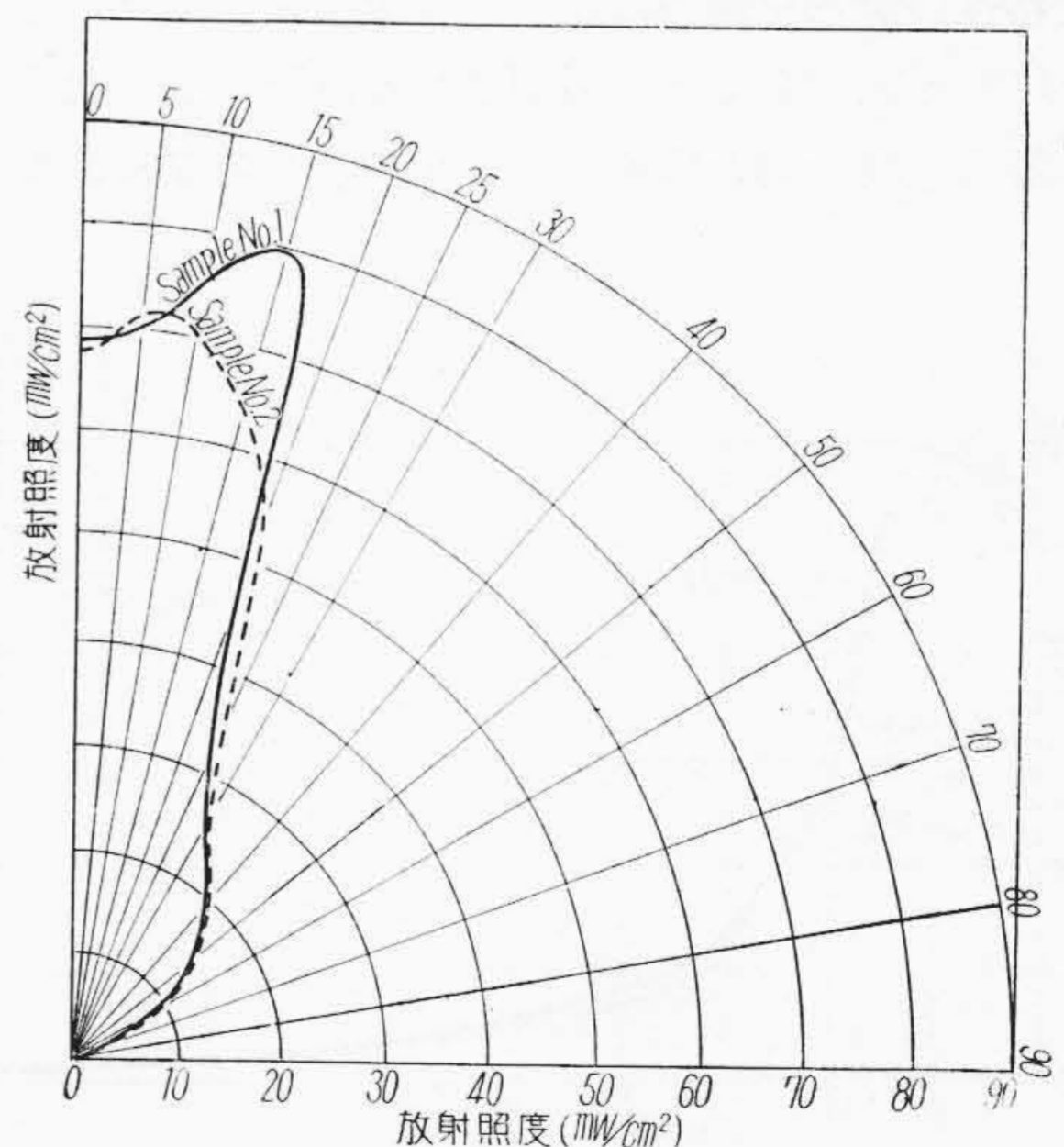
\* 日立ランプ株式会社

### 〔II〕 電球の特性

反射型赤外線電球（R型）の標準構造は第1図の通りである。一般照明用電球とのおもな相異はガラスバルブの背面は反射鏡を有する回転抛物面状であり、その焦点附近に継線された二重コイルフィラメントを備え、フィ



第1図 日立赤外線電球の構造



第2図 日立赤外線電球 (IR 100V-250WR) 前方半球面上の放射照度 (球半径 500 mm の場合)

ラメントが最適な色温度 2,300~2,500°K に設計されている点である。このフィラメント温度は、被乾燥体における輻射線の吸収率ならびにガラス壁における透過率などを勘案した結果によるものである。

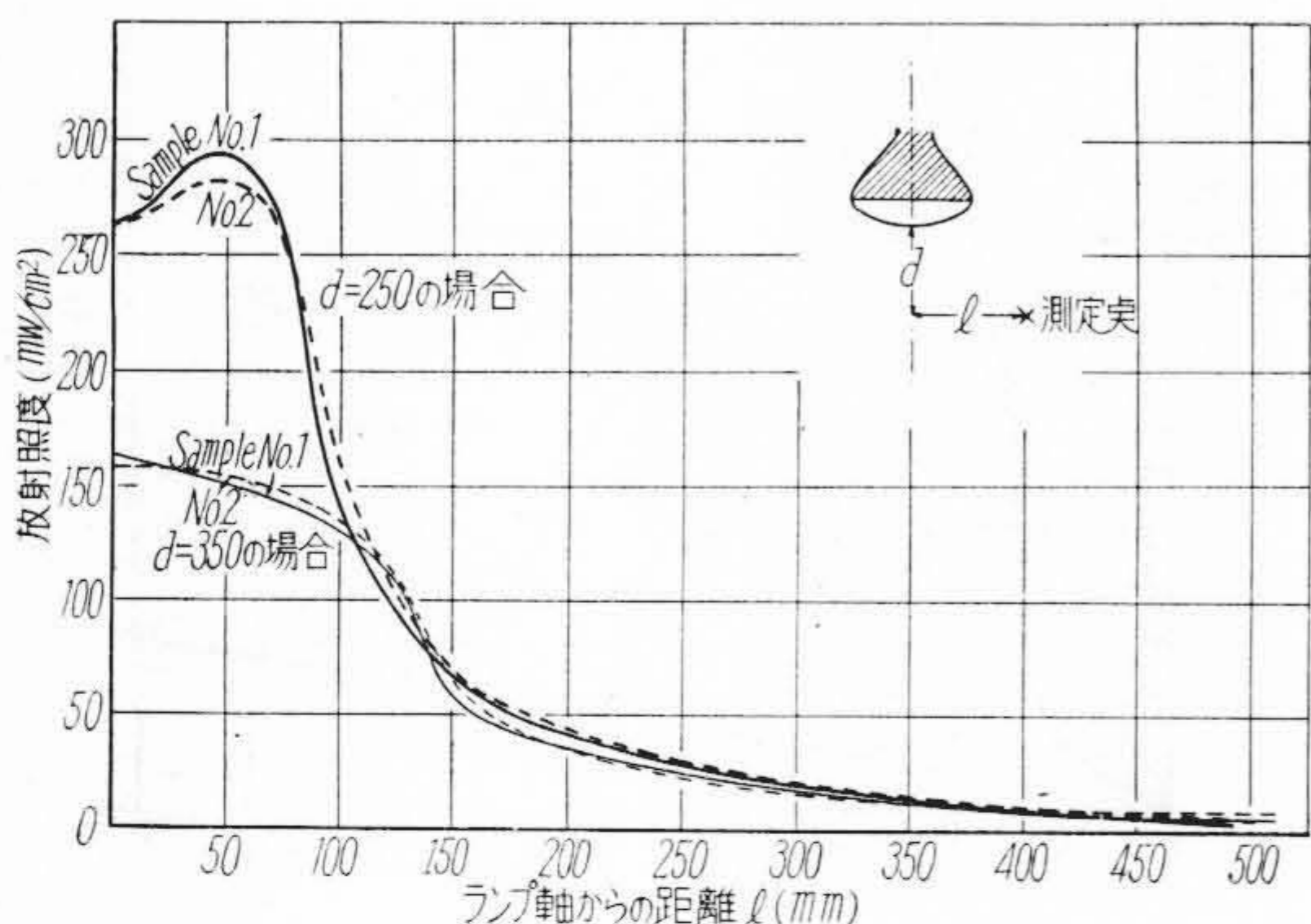
このフィラメントから放射される輻射線は波長範囲 0.3~4.5 $\mu$  のもので<sup>(3)</sup>、アルミニウムを真空蒸着した抛物面状反射膜によつて適当な放射束の指向性および照度分布を示す。第2図は日立赤外線電球 (IR 100V-250 WR) の前方半球面上の放射照度で、第3図はランプ軸に垂直な平面内の分布である。これらにより、日立赤外線電球は一般の乾燥条件に適した集中放射をなすいわゆる集照型 (Focusing Type) であり、角度が大きく散逸しやすい強照型 (Intensitive Type) でないことがわかる<sup>(2)</sup>。

次に定格電圧 100 V を中心に、電圧を変化した場合の、消費電力 (入力)、放射束 (出力)、効率の変化を求めると、第4図 (平均曲線) のようになる。この図はただちに、実際使用の場合において放射の強さ、乾燥速度、時間などの調節に利用できるが、電圧が60%以下になると、効率が急激に低下することは特に留意を要する。

なお赤外線熱源としては、上記のような反射鏡面を内蔵した R 型のほかに、反射笠と電球とを分離した S 型および棒状の特殊合金発熱体を抛物面柱状の反射鏡焦点に置き、発熱体の表面温度を 500~700°C にしたものなどがあり<sup>(5)</sup>、これらは一部特殊な方面で利用されている。参考までにこれらの熱源の配光特性を求め第5,6図に掲げた。

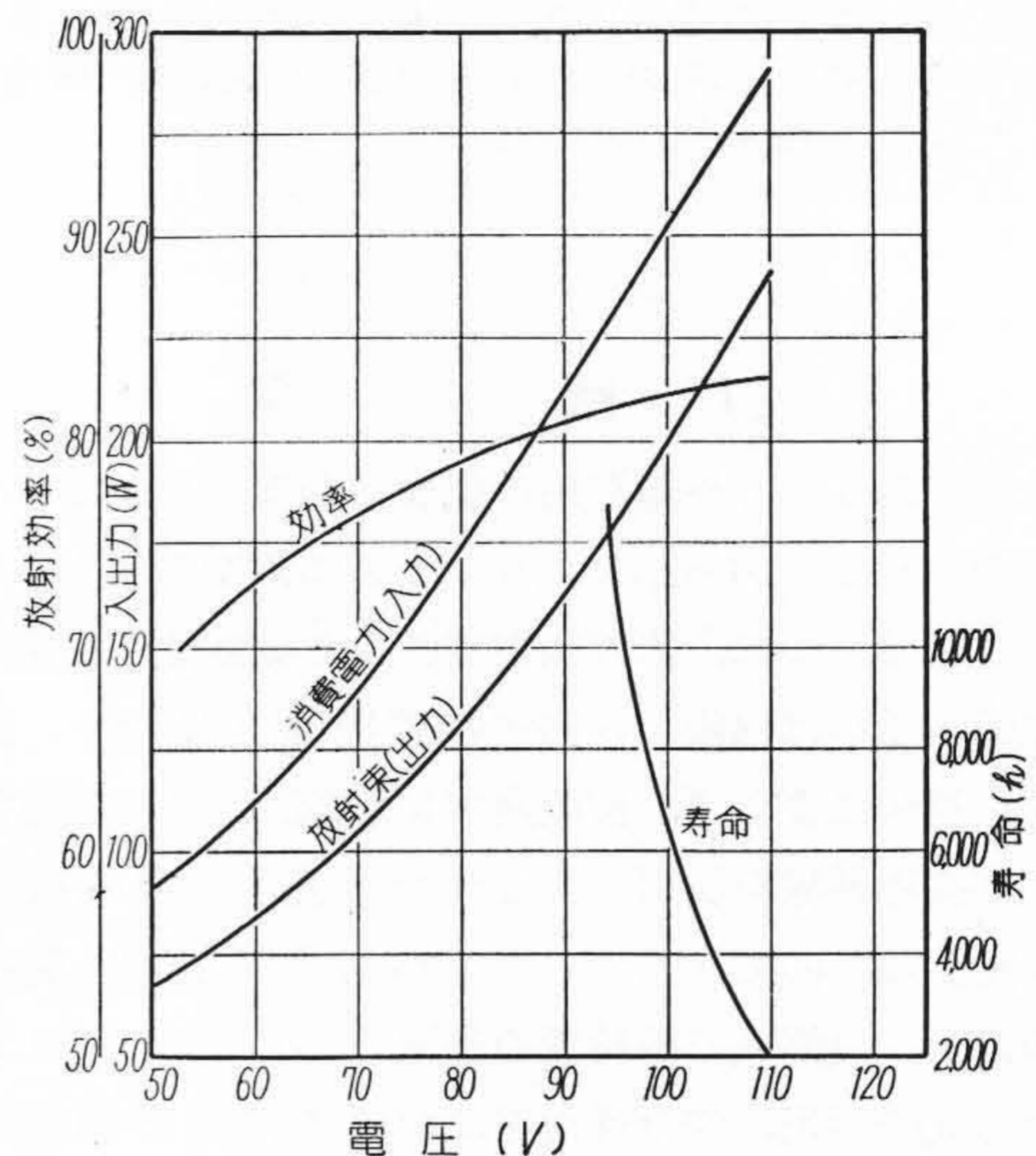
〔III〕 乾燥炉の照度分布について

実際、赤外線乾燥法を行つている工場では、上述のような特性の電球を適当に並べ、各種型式バンク炉として用いている訳であるが、活用される分野が広くなるに従い、製品品質の向上はもとよりながら、乾燥にあつて

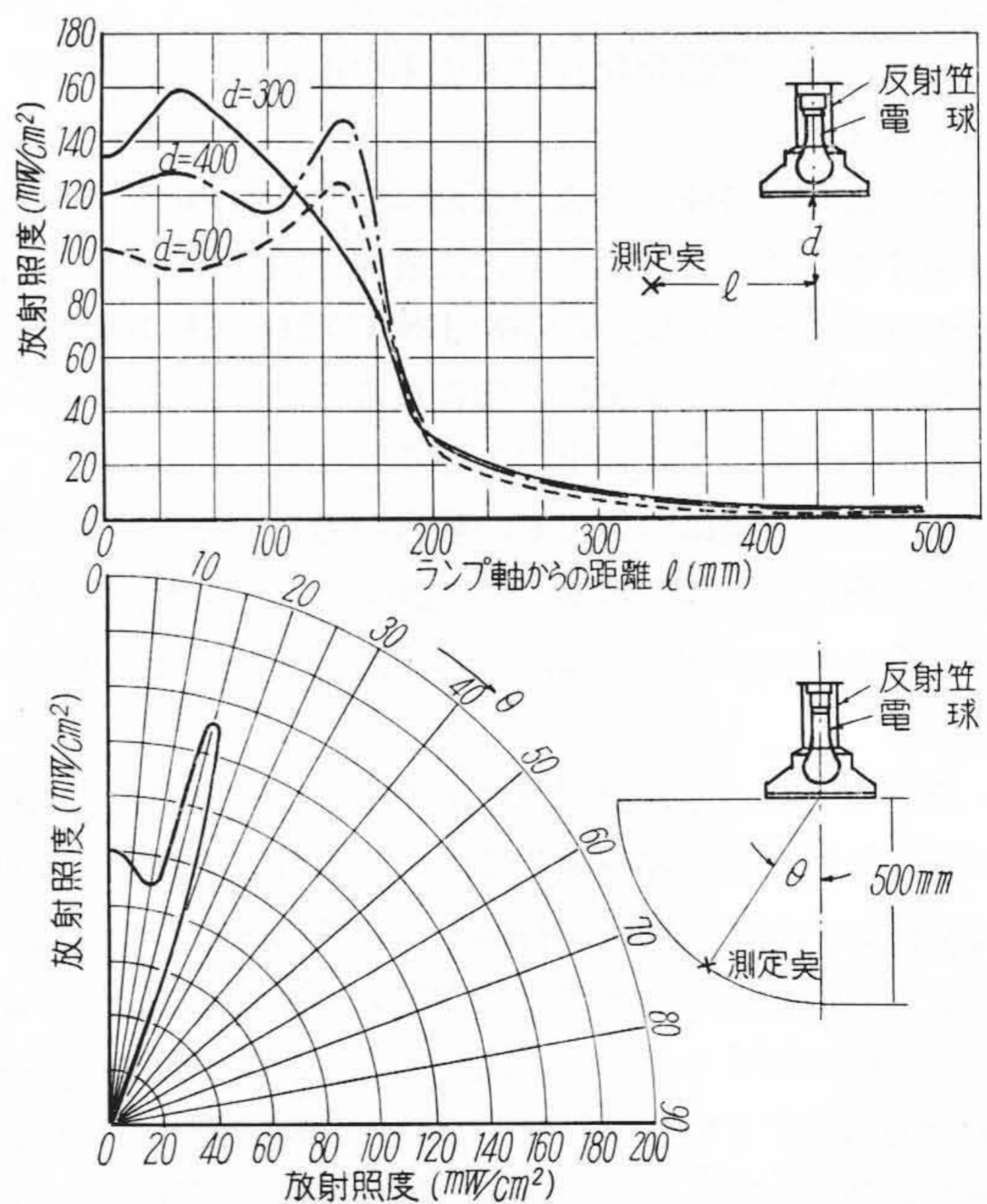


第3図 ランプ軸に垂直な平面内の照度分布

最高効率を発揮させるには、個々の赤外線電球の特性と反射バンク効率のみによる数式計算では炉の設計を行なうことができない。それにはあらかじめ炉内における球の配列、被乾燥体に対する照射距離と照度との関係などについて基礎的な特性を求めておくことがぜひとも必要である。そこで最近のものについて、これらの点を再検討してみることにした。



第4図 使用電圧と放射効率および寿命の関係 (250 WR の場合)



第5図 S型赤外線電球 (IR 100V-250W) の配光および照度分布特性 (球半径 500 mm の場合)

(1) 実験用赤外線炉

方法としては第7図のような実験用赤外線炉のバンクに赤外線電球を取付け、現場使用と類似の条件下で試験した。この実験用炉は最近考案したもので、需要者からの乾燥物の送付や希望乾燥条件の提示を受けた場合あるいは設計の基礎データを得んとするような実験目的に応じて、炉の型式、球の間隔(ピッチ)、照射距離、角度、電力量などを自由に変えて実験できるもので<sup>(2)(4)</sup>、最大容量 37 kW、大きさ 1,500 mm(長)×1,630 mm(高)である。また照度測定には、大山式の熱電対列放射計を用い、温度上昇による零位浮動などの測定誤差をなるべく除くことにしたが、やむを得ざるものについては後から補正を行なった。

(2) 照射距離とピッチの影響

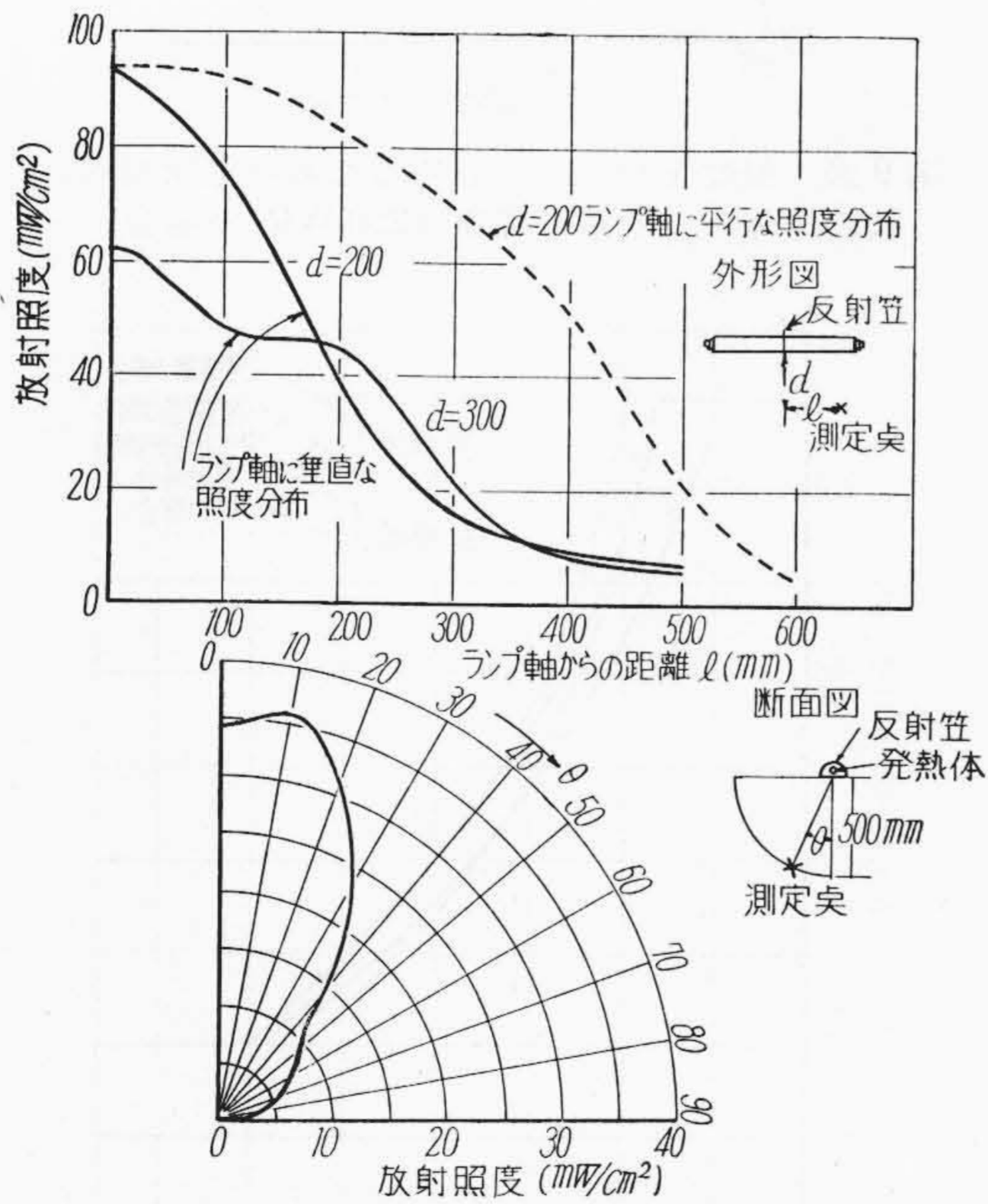
上記実験炉に 250W 電球をそれぞれの配列に応じ12~25個方型配置し、バンクと被乾燥体(この実験では放射計)との距離  $d$  および球のピッチ  $P$  を変えて、照度分布の変化を求める。すなわち実験炉において  $P$  を 200, 240, 280, 320, 360 mm と変化させ、バンク面より最も利用度の高い距離 ( $d$ ) 250~700 mm 離れた鉛直面内の照度を図る。これによつて得られた各場合の結果は省略するが、その代表的な一例を示せば第8図である。これらの結果を総合すれば、

(A) 距離  $d$  が近すぎる場合は、位置により照度に起伏があり曲線は波状を呈するが、 $d$  が増すにしたが

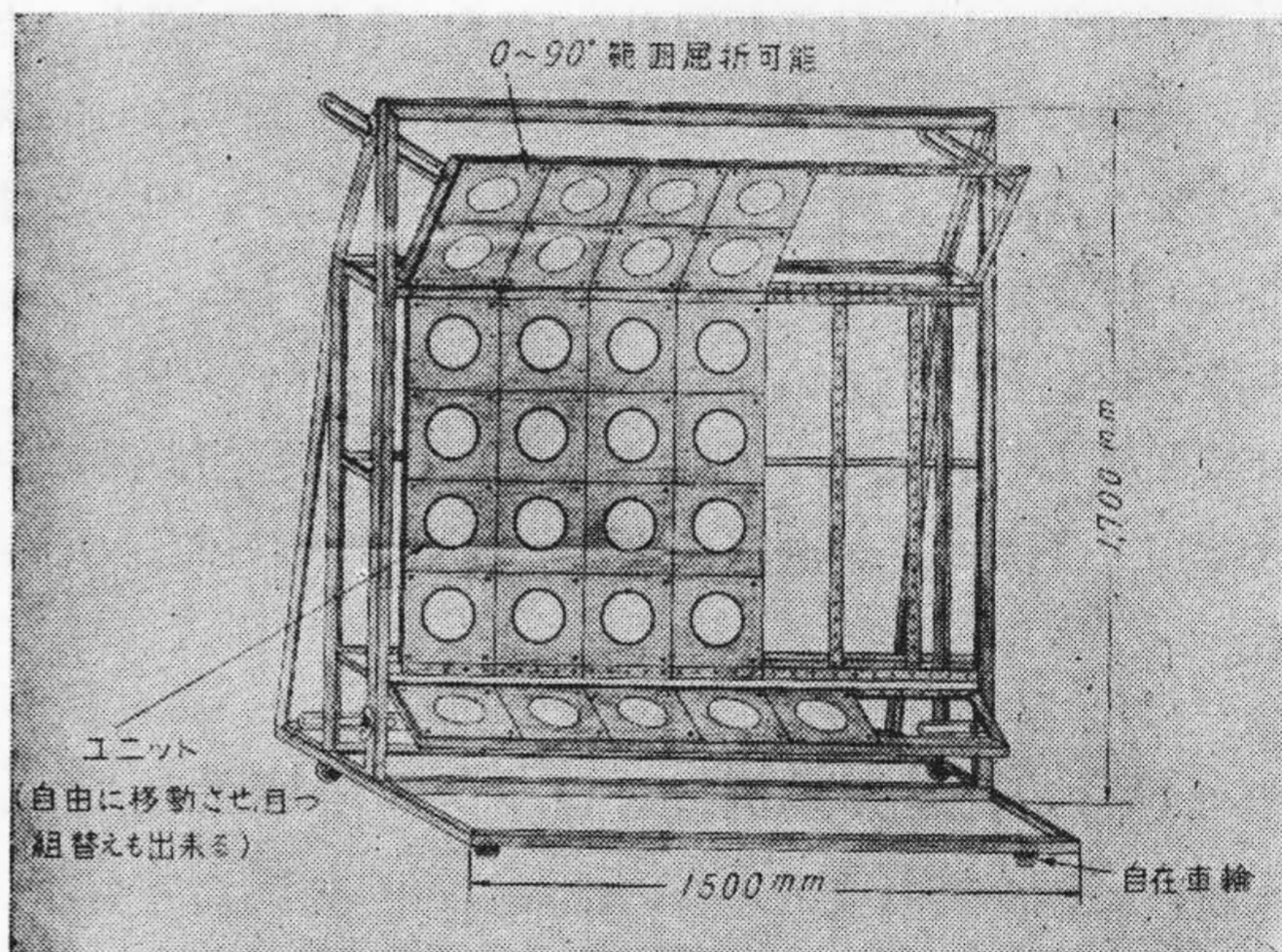
い起伏は減少し次第に照度は均一化される。しかしさらに  $d$  を増すとふたたび照度に凹凸を生ずる。これはランプ軸上の点についてとくに明瞭なことで、つまり最適距離  $d_{opt}$  (以下  $d_o$  と記す) を越すと、隣接電球よりの影響によりふたたび凹凸が増加する。しかしてこの最適距離  $d_o$  はそれぞれのピッチ  $P$  について存在する。

(B) 次は前掲第2, 3図のような球の配光曲線そのほかの特性の相異、ソケットの不揃、軸曲りなどがあるため、得られる分布曲線にはある程度の不規則性(バラッキ)が存在することである。すなわち球の標準的な配光曲線と配列だけの計算通りにはならない。これは炉を設計し、なるべく均一な乾燥を行なおうとする際、注意しなければならぬことである。

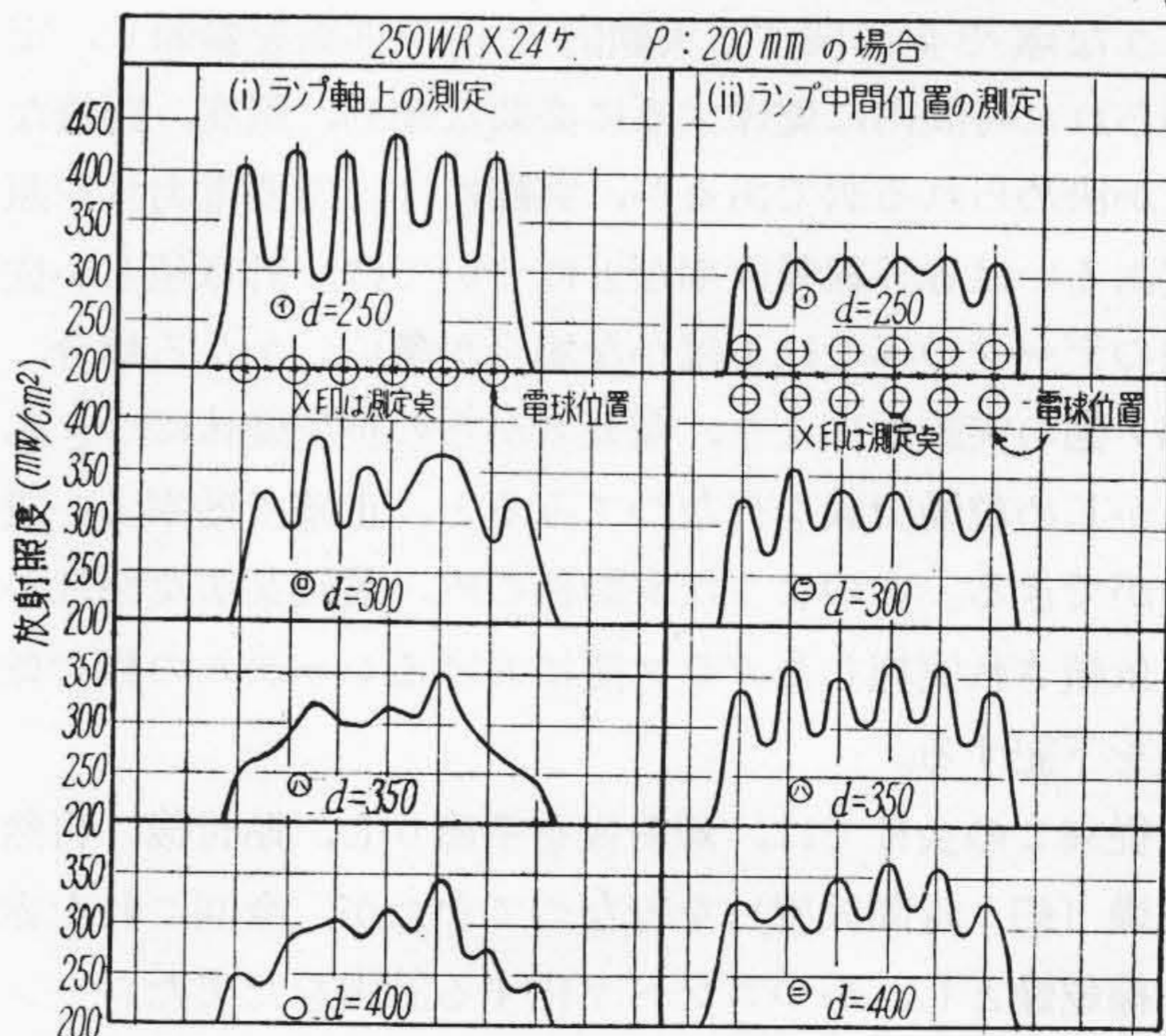
以上の結果から、実際の乾燥において差支えない程度の照度の凹凸は認めるとして、ピッチとそのピッチにおいてほぼ均一照度を与える  $d_o$  の関係を求め第9図が得られる。これは炉の設計上もつとも基本的な関係曲線である。すなわち乾燥に必要な電力量にしたがつて球の配



第6図 抛物面を利用した柱状熱源 (210V-550W) の配光および照度分布特性 (球半径 500 mm の場合)



第7図 工場実験用赤外線炉



第8図 バンク照射による照度分布(その一例)

列を行なつた場合、放射照度を均一にし一様な乾燥を実現するために必要なバンク面と被乾燥体との距離  $d_0$  は、この図によつて求まる。

また実測された各種のピッチ間隔  $P$  について、それぞれの最適距離  $d_0$  における平均照度を求めて、電球間隔対平均照度の関係曲線としてまとめれば第 10 図となり、乾燥条件に応じた照度を得るための実際的な球間隔が与えられる。なお一般に放射照度の計算式としては、球が無限に配列し炉端部における損失などが無いものと仮定すれば、次の通りになる。

方型配列の場合：

$$\frac{(\text{電球のワット数}) \times (\text{電球および炉効率})}{P^2} \text{ (W/cm}^2\text{)}$$

..... (1)

千鳥型配列の場合：

$$\frac{(\text{電球のワット数}) \times (\text{電球および炉効率})}{0.866 P^2} \text{ (W/cm}^2\text{)}$$

..... (2)

したがつてこの式における(電球および炉効率) = 70% および 60% として計算曲線をかけば、それぞれ図上の点線と破線のようにになる。したがつて上記の通りにして求められた曲線は、電球効率を第 4 図にしたがい 80% とすれば、ほぼ炉の効率 85~75% の場合に相当する。ただし実際曲線が  $P$  の小さいところ ( $P = 250 \text{ mm}$  以下) で、計算曲線より著しくはずれてくるのは、炉の端部における損失 (Loss) が次第に大きく響いてくるためである。

**[IV] 乾燥実験例... レッテルの糊付乾燥**

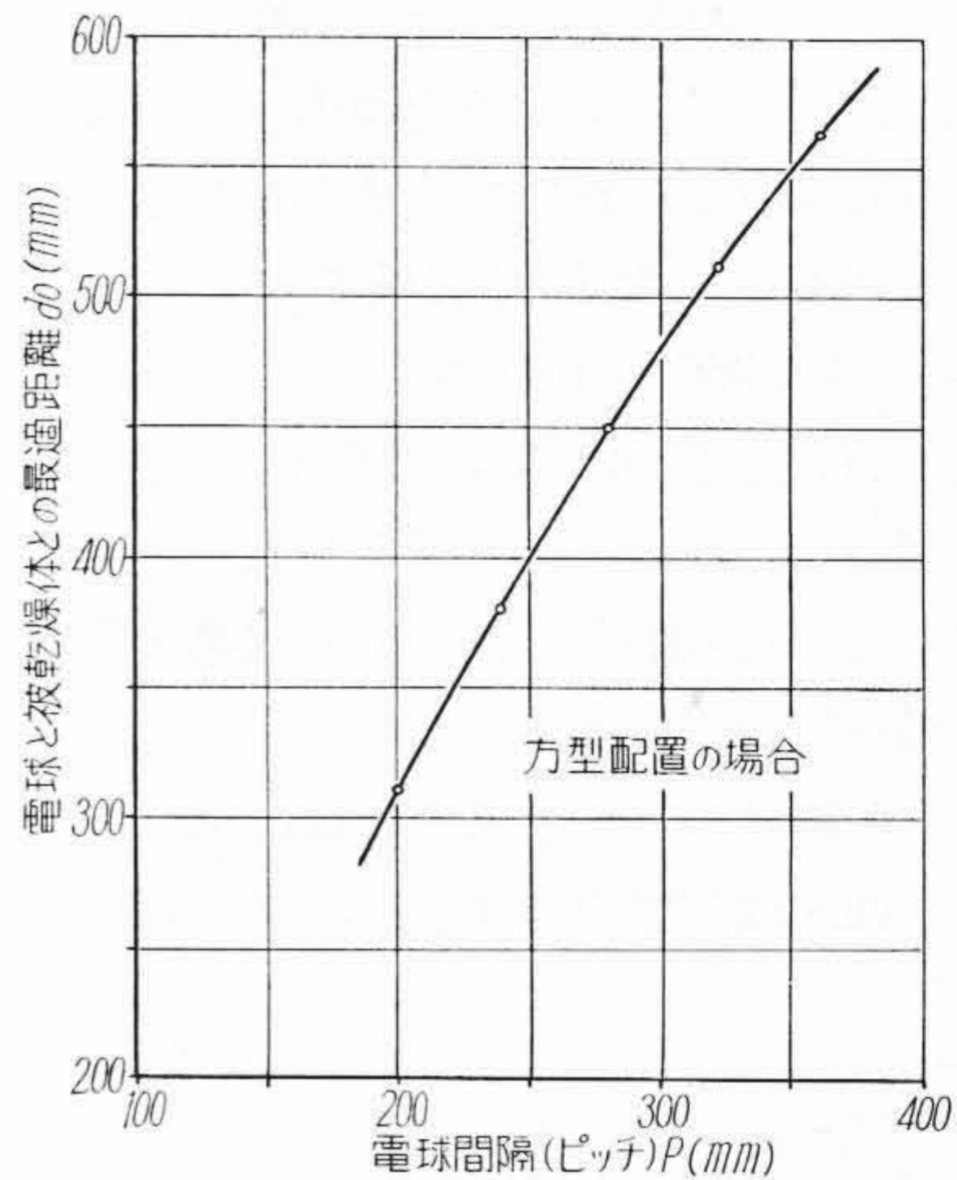
新たに炉を設計する場合には、あらかじめ水分あるいは含有液体の蒸発および被乾燥体の温度上昇に要する電力などの算出と炉の効率の決定を基にし、これに上記のような球や炉に関する実験的な関係曲線を参照し、定められた時間内に乾燥するのに必要な配列、照度、距離などが決められる訳であるが、実際には、所要電力量や照度あるいは赤外線吸収率などについては、計算値とか従来のデータのみでは不確かな場合が多い。かかる場合、第 7 図の実験炉により、需要者からの被乾燥体につきあらかじめ乾燥実験を行なつてみると、正確で効率よい設計ができる。このような実験例の内、最近某製菓会社から依頼され実施したガラス瓶におけるレッテルの糊付乾燥を下記する。

従来この会社では、澱粉糊を手塗りし、貼付後、自然乾燥 (約 1 時間放置) を行なつてきたが、今回これを赤外線乾燥とし、かつコンベヤ化する計画をたてた。

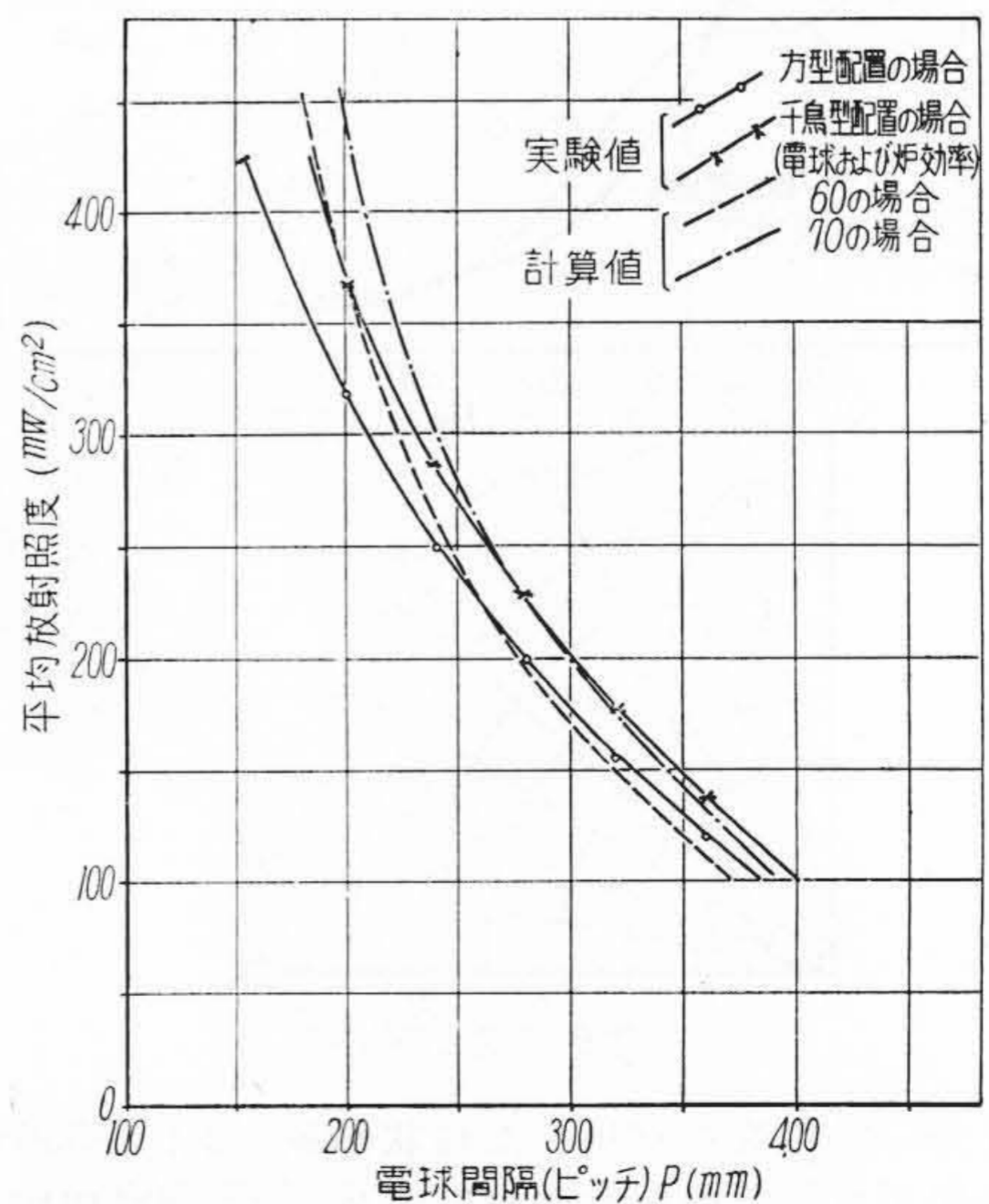
実際実験に用いる炉としては、一応上記炉を組替えてトンネル型としたもので、実験照度をおさえながら行

なうこととした。また乾燥度の目盛としては、レッテルに糊付面方向の力を加えた場合の摩擦力の大小によつた。すなわちこの力を接着直後の 0 から乾燥度に応じて 10 までの段階に分類し、7~8 程度以上であれば、所望乾燥度であることを知つた。そこで新しく設計する炉の目標乾燥度をこの目盛の 7~8 間とし、この状態を得るために次のような種々な実験を試みる。

(1) まず従来使用されてきた澱粉糊を中心にして、提供された 6 種の接着剤 (澱粉、市販アラビヤ糊、特殊デキストリン No. 1, No. 2, 合成ニール AM 50, アラビヤガム 100 + 特殊デキストリン 20 + 膠 1.2) がそれぞれどの程度の速度で乾燥するかを求めてみる。すなわち所定粘度のまま接着し、炉内に入れ放射照度 550~600



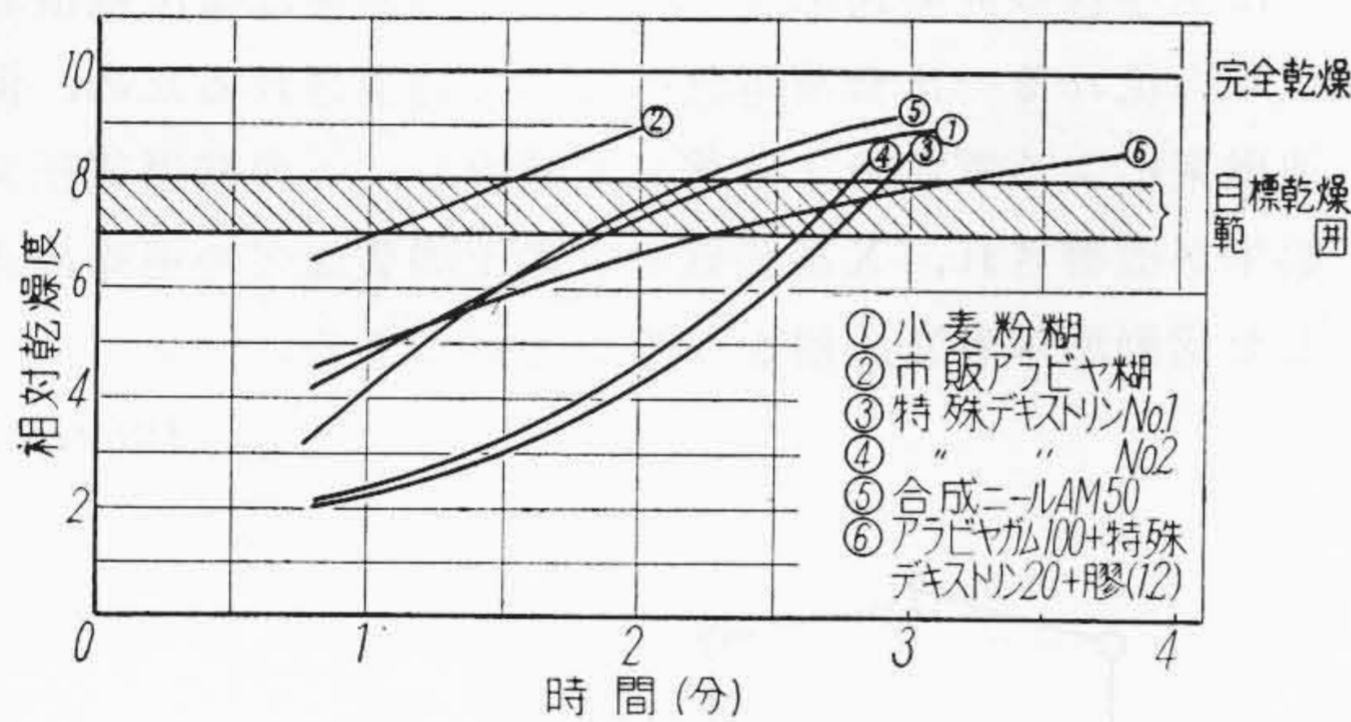
第 9 図 照度を均一ならしめるための電球間隔と被乾燥体との距離の関係 (250 WR の場合)



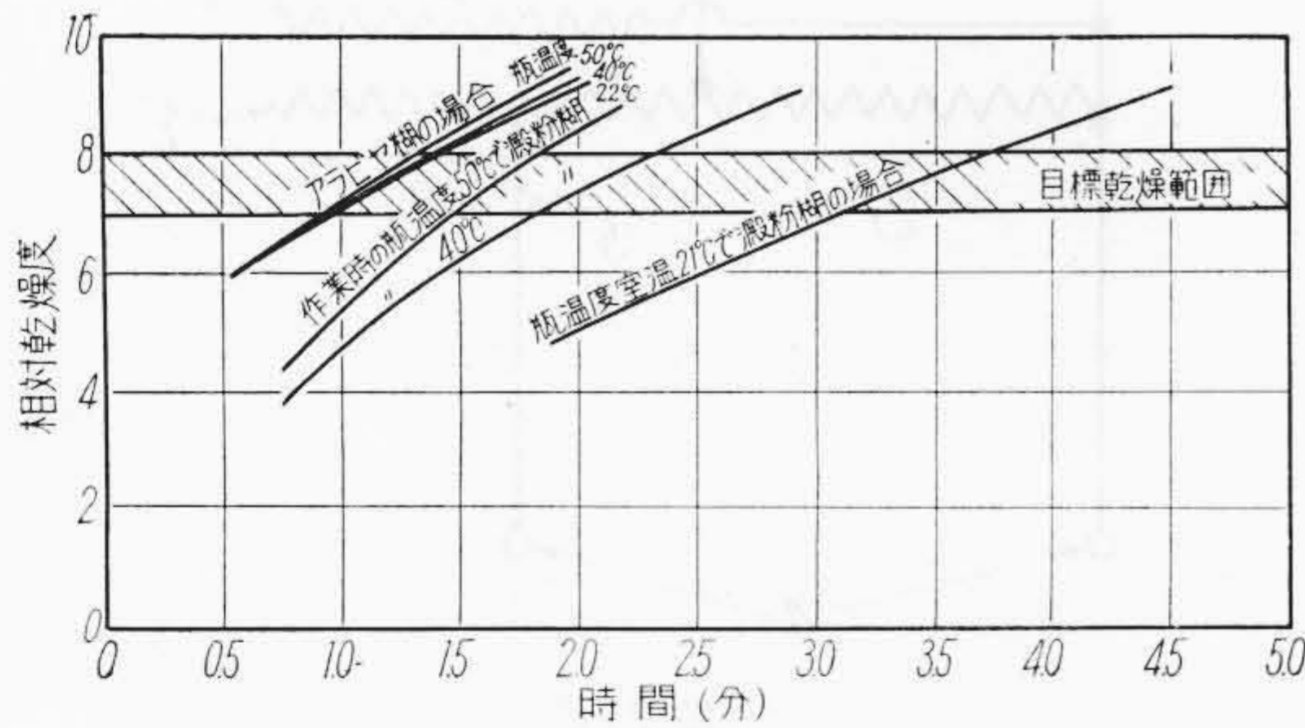
第 10 図 電球間隔と放射照度 (250WR の場合)

mW/cm<sup>2</sup>にて乾燥した場合第11図の結果となる。これによれば、当然のことながら接着剤材料いかににより乾燥曲線は速度のみならず形状においても、凸形、凹形というような大きな相異を示すことおよび乾燥のもつとも早いものはアラビヤ糊で、澱粉は相当乾きがにぶいことがわかる。

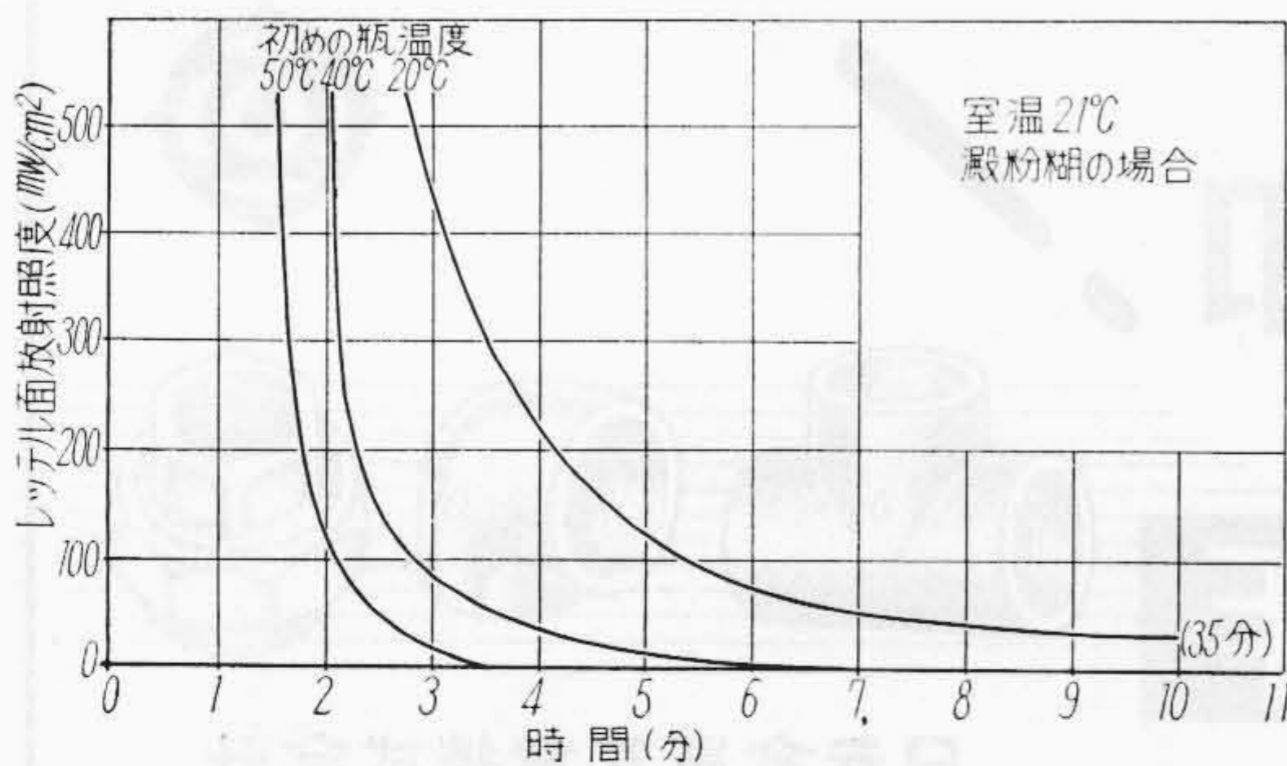
(2) 瓶の内容物は前工程にて約90℃で殺菌されるため、糊付位置にて80℃前後に昇温している。したがってこの温度をなるべく有効に乾燥に利用することを考え、作業に差支えない温度50℃まで瓶温度を変化した場合の乾燥時間との関係を探る。すなわち澱粉糊とアラビヤ糊について第12図のようになり、後者ではその影響が殆んどみられないが、前者の乾燥工程ではこの温度の活用がはなはだ有効であることを知る。



第11図 各種接着剤の乾燥速度



第12図 作業時の瓶温度と乾燥速度の関係 (室温 21℃ の場合)



第13図 目標乾燥度を得るための放射照度と時間の関係

(3) 次に照度をいろいろとかえて、乾燥程度7~8に至るまでの時間を求めてみる。すなわち第13図で、初めの瓶温度20, 40, 50℃により異なるが、いずれの場合も照度をこれ以上あげても乾燥時間が短縮されないという点がある。したがって短時間かつ有効に澱粉を乾燥しようとする場合、この点の照度を利用すべきことが結論される。

〔V〕 結 言

以上赤外線乾燥の需要増加および応用分野の拡大などを機会に、反射型赤外線電球を中心に、他の二、三の熱源をも加えて、最近のもの配光、電圧特性、効率などの調査とともに実験炉を用い、乾燥炉の基本的特性につき再吟味し、使用者の参考資料および設計基準となるべきものを求めた。しかし実際には目的は千差万別で、計算だけでは不確かな場合もあり、またまったく計算にはのらないケースもあるのでかかる場合は実験炉から実験的データを求めることが必要となる。かかる場合の一例として最後に実験炉を用いて実際にレットルの糊付乾燥の実験を行ない、新たに炉を設計する場合に電力量や効率の精密算出を行なう代りに、実験的に照度、距離などを直接求めることの有効なることを示した。

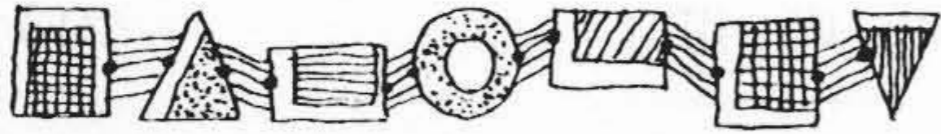
しかしこれらの結果も現在における赤外線乾燥の普及一般化にとまらぬ応用分野の広範囲さおよび炉型式の千差万別度に比べれば、きわめて僅かな場合について実験的にたしかめ得たに過ぎないので、今後一層広範囲な条件と拡大された応用面について引続き調査研究し、これらを補遺するとともに総合された型において再考察を試みたいと考えている。

したがって、とくに今後の応用実験については、これを機会に実際面にたずさわる多数の方々御指導と御叱正が得られればこの上ない幸せである。

終りに臨み、本実験を遂行するにあたり種々有益な御意見と御協力を賜った日立ランプ株式会社前原社長、日野西技術部長、原田技術、谷口検査両課長ならびに研究係関係者に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) J. D. Hall: Industrial Applications of Infrared
- (2) 赤外線技術連合会, 施設調査委員会編: 赤外線技術—加熱とその応用
- (3) 中原: 日立評論 Vol. 33 639 (昭-26)
- (4) 山本: 実用新案 446376
- (5) 東: 電気学会雑誌 71 No. 758 (昭-26)



実用新案第 449441 号

和田正脩・小林長平・市川義三

摺動型単巻変圧器

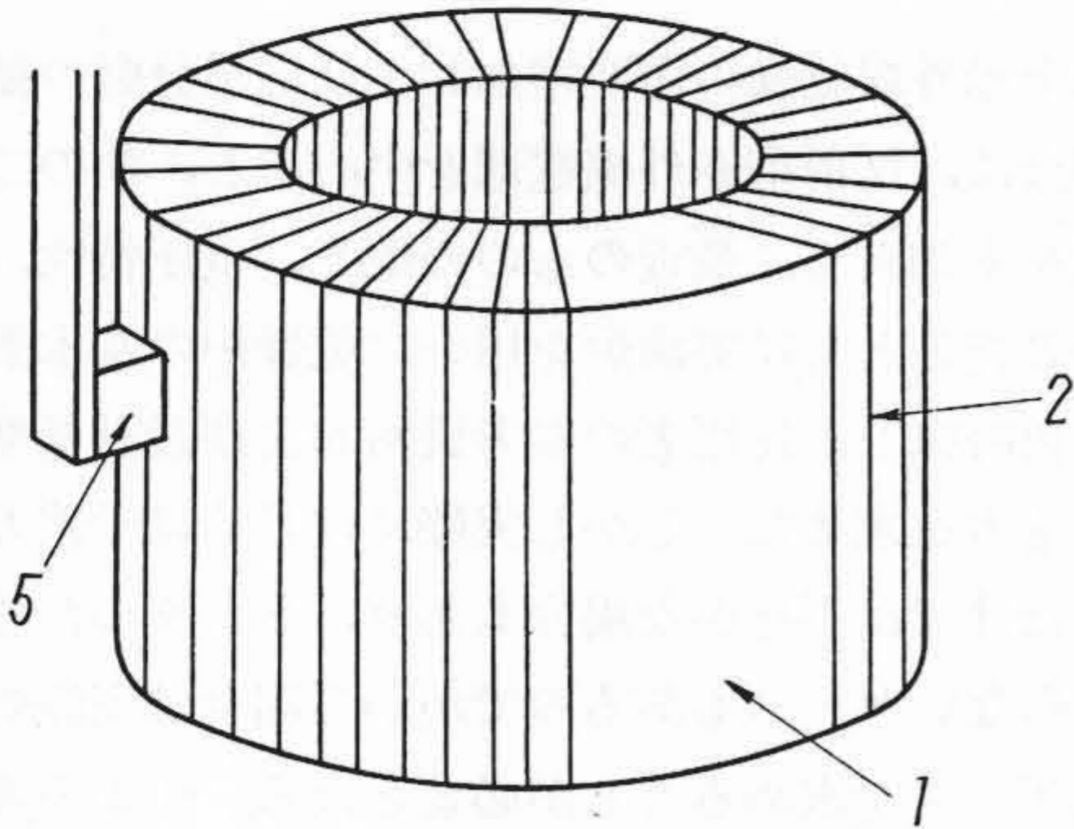
摺動型単巻変圧器は微細な電圧調整に適するが、構造上電圧変動率の大きいことが欠点とされている。

本案はこの点を改良したもので、図面について説明す

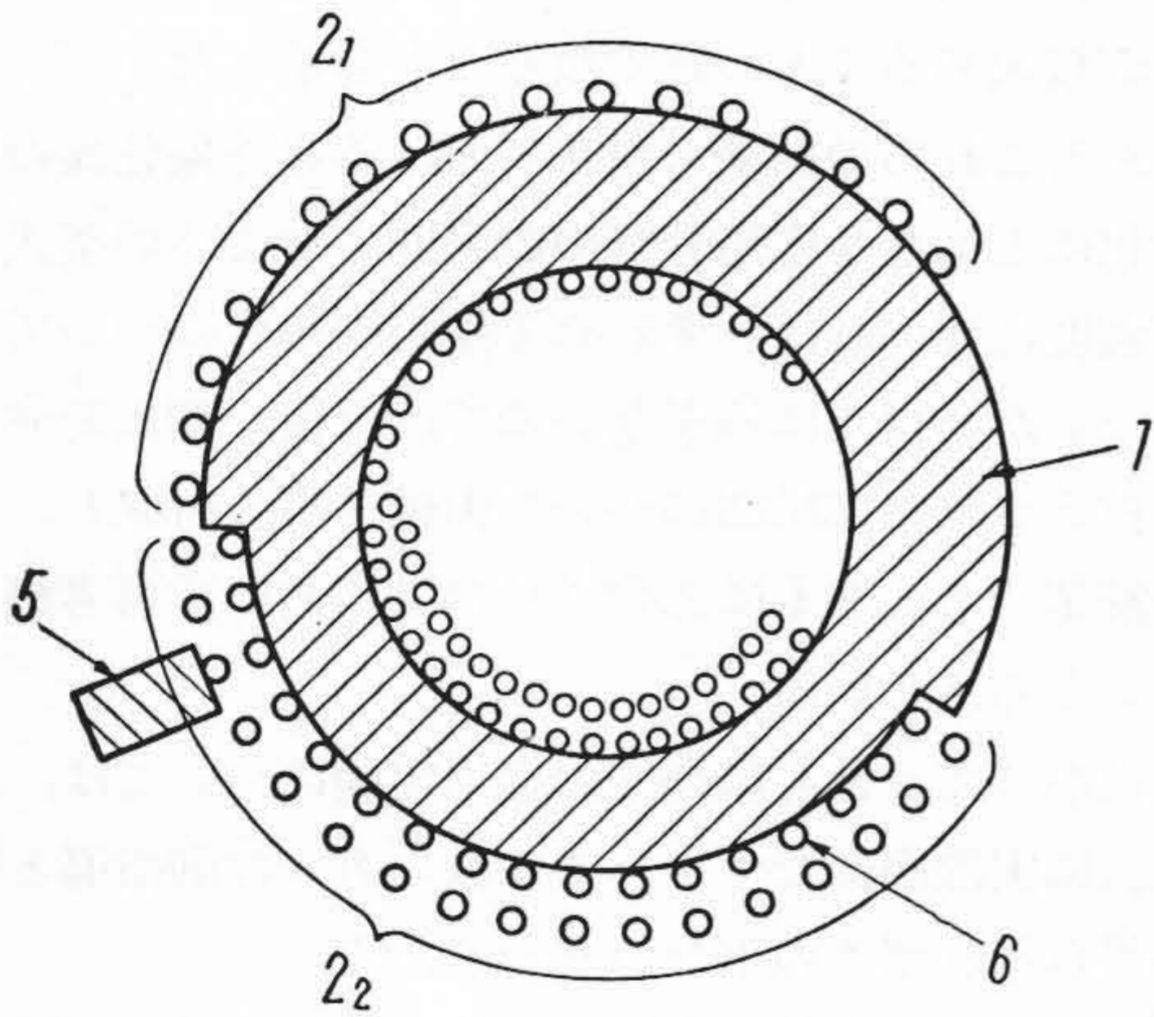
れば、1は鉄心、2はこれに分布巻きされた主巻線で、一次側および二次側に共通の部分 $2_1$ と共通でない部分 $2_2$ とからなっており、3は一次側端子、4は二次側端子、5は摺動ブラシである。6は本案の電圧補償巻線で、主巻線の非共通部分 $2_2$ と重ねて巻かれ、その巻数および巻方向は共通部分 $2_1$ と同じにして第3図のように共通部分 $2_1$ と並列に接続する。

電圧補償巻線6がない場合には二次負荷電流によつて主巻線の非共通部分 $2_2$ に多量の漏洩磁束を生じ電動変動率を悪くする原因となつていたのであるが、本案によれば主巻線の非共通部分 $2_2$ に生ずる磁束は電圧補償巻線6に流れる一次負荷電流によつて打消されるため、漏洩磁束による電圧降下は著しく減少し、この結果電圧変動率が改善され、X線装置の管電圧調整などの用途に適した摺動型単巻変圧器をうることができる。

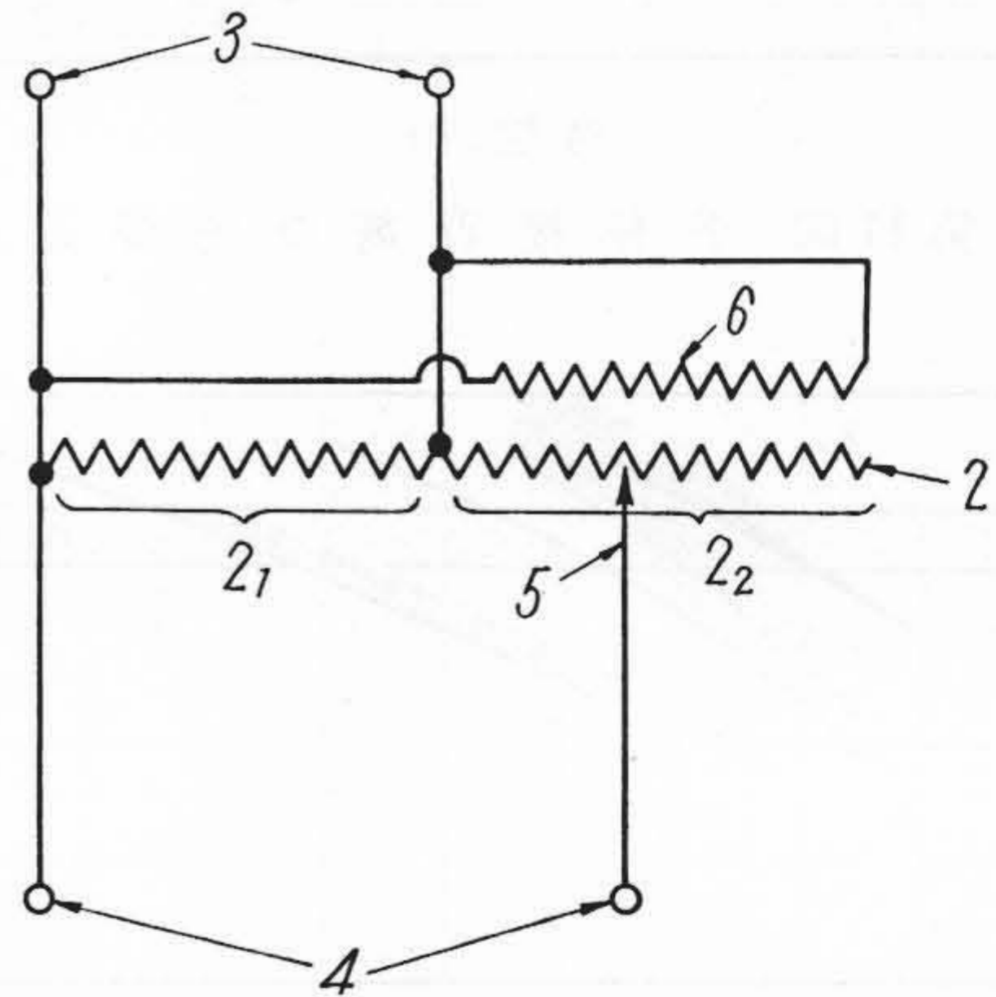
(坂本)



第1図



第2図

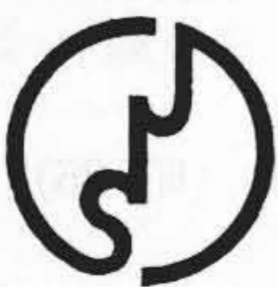


第3図

継手は

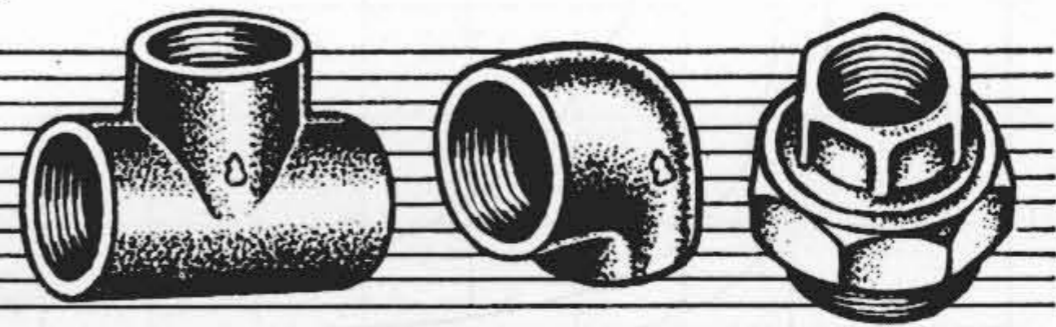


印



許 第七五四  
JIS B 2301

日立鐵管継手



日立金属工業株式会社