

赤外線による木材の加熱と乾燥に関する研究

(第1報)

梶 田 茂・加 藤 信 義*・高 木 亨*

Shigeru KADITA, Nobuyoshi KATO and Toru TAKAGI :
Studies on Heating and Drying of Wood by Infrared Ray I.

1. 序

木材の加熱、乾燥に赤外線を利用せんとし、先づその基礎資料を求めるために、ベニア単板に赤外線を照射して、その温度上昇と乾燥試験とを行つたので、こゝにその実験結果を報告する。

赤外線加熱装置としては赤外線電球と当研究室で研究試作したニクロム・ヒーター式の新型赤外線加熱装置(商品名インフロッド)の両者を用いた。前者は赤外線源として現在広く利用され、その特性の応用については既に多くの報告があるが、後者即ち新型加熱装置については実施例も少く、木材に関する比較実験は未だなされていない。

赤外線電球と新型加熱装置との差異については既に述べたが、⁺こゝで簡単に列記する。電球は放射赤外線の波長が大略1乃至 2μ の範囲に亘り、最大エネルギーは 1.1μ である。硝子による吸収はあるが、繊維の温度が高いため放射効率は高く、70%以上に達するものもある。しかし配光特性は不均一で、堅牢度は劣る。電源回路の開閉に対しては時間的遅れが少い。これに対して新型加熱装置はエネルギー最大の波長は 3μ 附近で、2乃至 5μ の範囲に亘つて赤外線を放射し、電球に比して波長が長い。硝子を使用していないからそのための吸収や破損がなく、軸を含む面内の配光特性は均一で、高温密閉炉に使用出来る特長を有する。しかし放射効率は45%程度で電球に比し低いが、実際に試料を加熱又は乾燥する場合の熱効率は被加熱物の吸収率によつて著しく影響するので、それぞれについて測定しなければ決定出来ない。本実験の目的も木材に対する乾燥速度、時間及び効率などを求め、木材乾燥に対する赤外線加熱の適否並びに赤外線乾燥炉を設計する場合の資料を得るにある。

2. ベニヤ単板の加熱

予備実験として厚さ0.5mmのブナのベニヤ単板を前記両者の赤外線源で照射して、各々その温度上昇を測定した。温度測定は試料の背面中央に表面まで貫通しない程度に孔をあけて、銅・コンスタンタン熱電対を埋め込んで行つた。第1図は実験装置の略図である。試料の大きさは $6\times 20\text{cm}^2$ で、その中心と電球又は新型発熱体の中心とを同じ高さに保つた。第2図と第3図は温度上昇及び

* 京都工芸繊維大学工芸学部

+ 加藤, 高木: 電気評論 昭和26年6.7月 vol. 39, No. 6. 7

Fig. 1 Arrangement for measurement of temperature

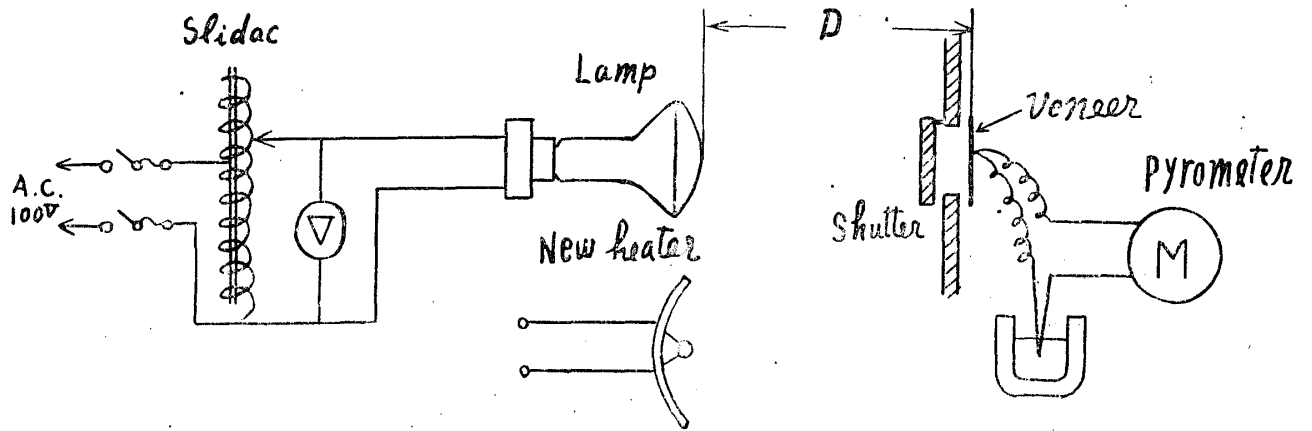


Fig. 2 Temperature rise of "Beech" veneer

Heat source : Lamp 250W, 100V, Type HL-250 room temp. 11.3°C

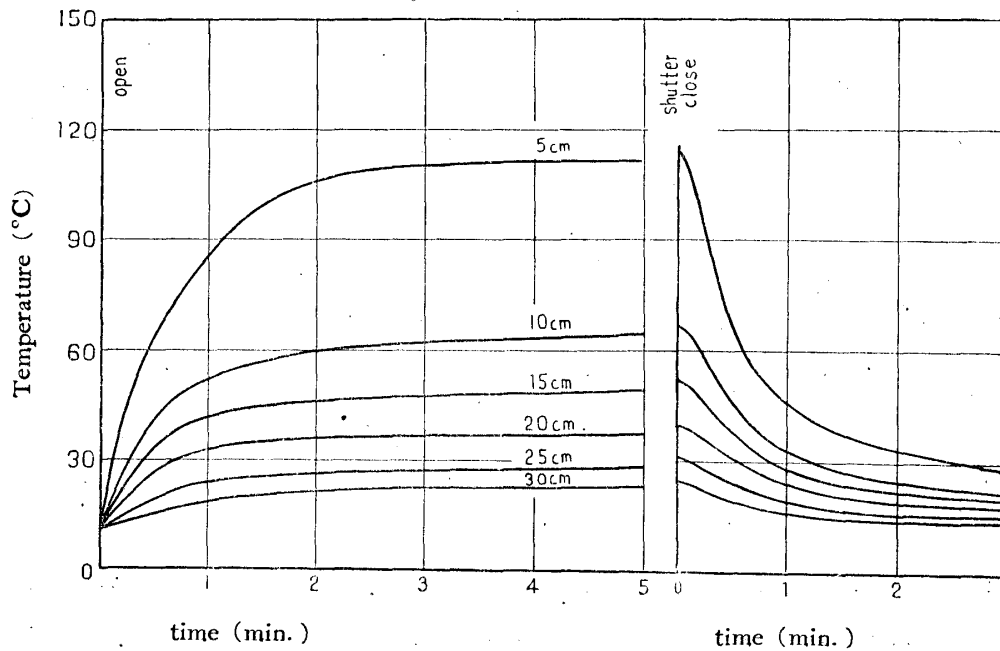
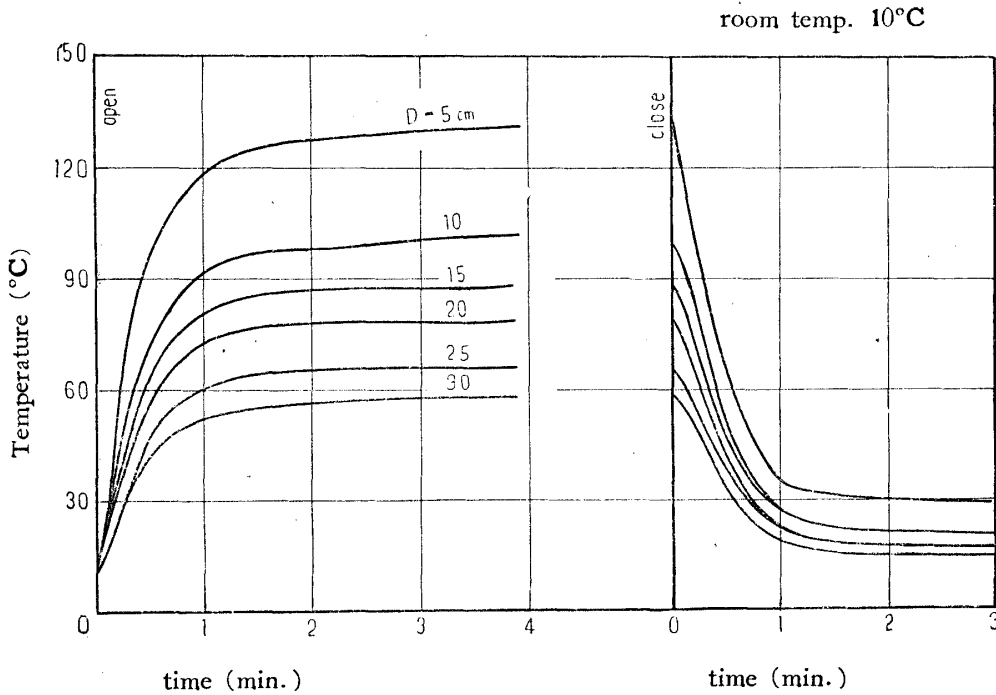


Fig. 3 Temperature rise of "Beech" veneer
Heat source : New Heater "Infrod" Type K-18



温度降下の測定曲線である。何れも距離に近い程、温度上昇が速くて高く、照射後2分で最終値の90%に達する。又同一距離では新型加熱装置の方が最終温度が高い。但しこの場合は距離を一定にして比較測定しただけであるから、効率是比较出来ない。又この実験では1個の電球及び新型を用いその軸上に試料を置いたときの値で、多数の電球及び新型を配置したバンクでは放射照度は更に高くなり、上昇温度も高くなる。

木材の温度上昇は塗装などの場合に問題となるもので、実際には相当広い面積に亘つて均一な所期温度になることが要求される。これに関しては追つて考究したいと考えている。

3. 実験用赤外線バンク

赤外線加熱を実用に供する場合には多数の電球又は新型ユニットを組合せてバンクとし、被加熱物の形状及び寸法を考慮して赤外線炉を形成せしめて使用するのである。当研究室では各種の比較実験を行うために、第4図のような電球バンクと第5図のような新型バンクとを試作した。その規格は次の通りで、両者の照射面積と入力とを出来るだけ等しくなるように設計した。

a) 赤外線電球バンク

型式：両面整型、電球 250W 無色集照型、方形配置、ピッチ 14cm、3列4段、片面12個、
両面24個、クローム鍍金反射板 (82×45cm²)×2、

電力：片面 3kw、両面 6kw、

有效放射面積：41×54=2210cm²

Fig. 4 赤外線電球バンク
Lamp banks

両面各3段4列 250W×24

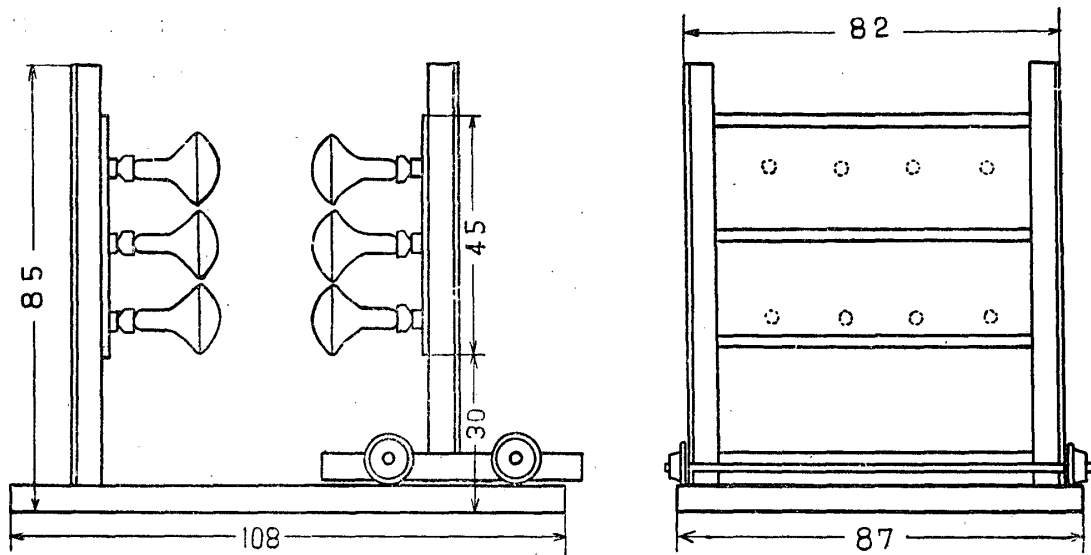
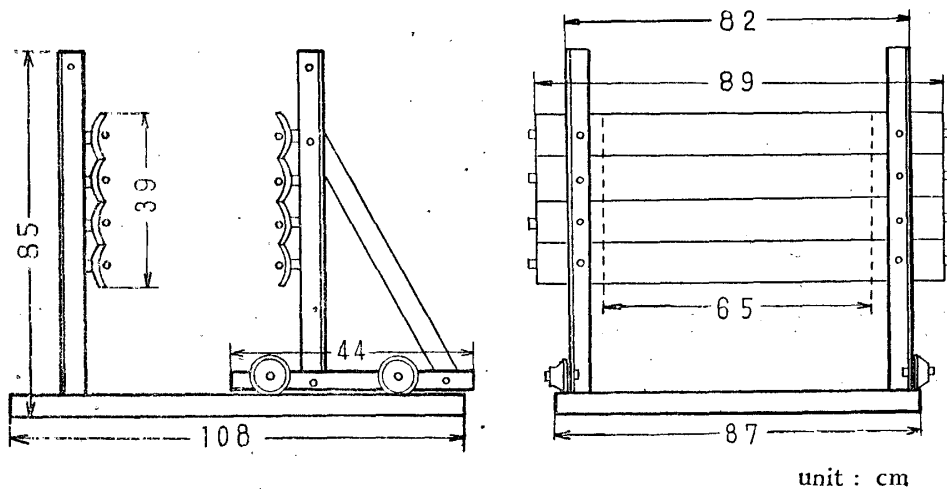


Fig. 5 新型赤外線バンク
"Infrod" new heater banks

両面各4個 1KW×8



unit : cm

b) 新型赤外線バンク

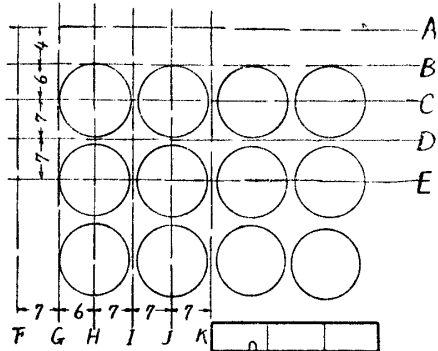
型式：両面整型，有效長 18" 中型1kw，クローム鍍金反射鏡付，片面4個，両面8個，発熱体間隔 4" (10cm)，

電力：片面 4kw，両面 8kw，

有效放射面積： $39 \times 65 = 2530 \text{cm}^2$

両者の配光特性，即ちバンクの前方における放射照度の分布状況を測定した結果を第6図と第7図に示す。新型の水平特性以外は凹凸が甚しく，著しく不均一であるから実用する場合にはベルト・コンベヤー式にすることが望ましいと考えられる。この特性を測定したのは当研究室で作った単素子の水冷式放射熱電堆に， $50 \mu\text{A}$ の電流計を直結し，10cm 前方で移動して記録したものである。

電球配置



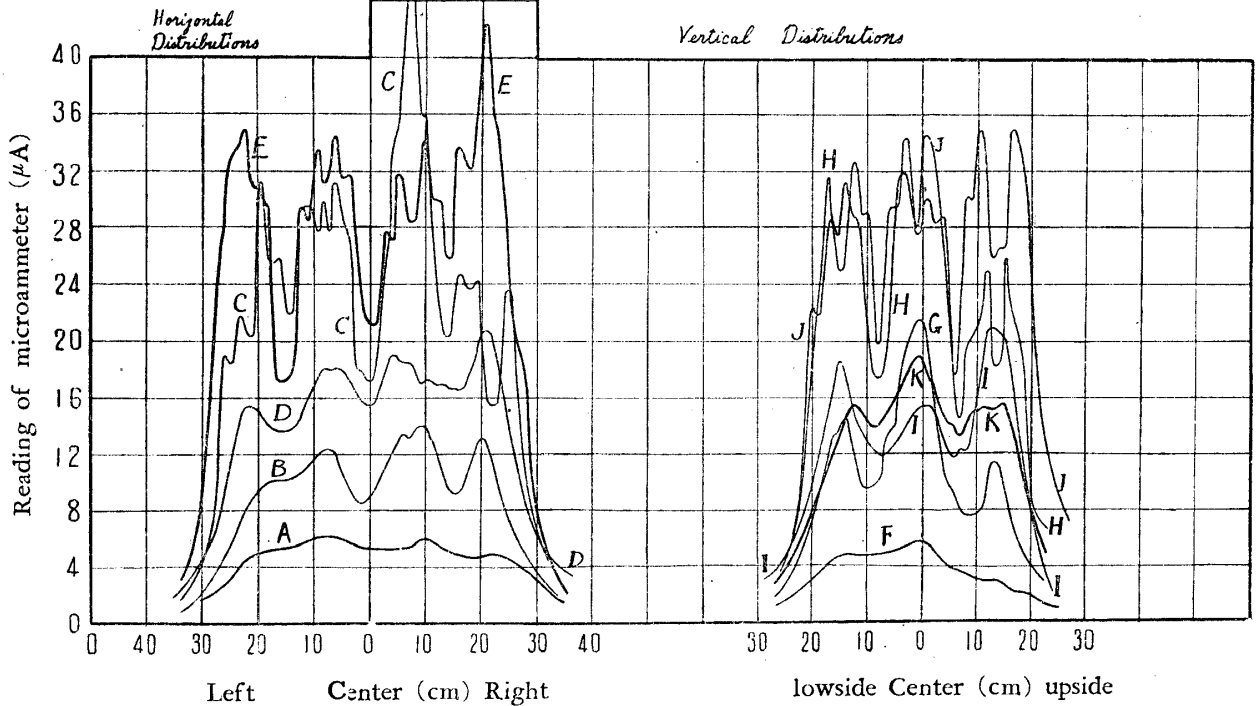
unit : cm

Fig. 6

Intensity Distribution of Lamp Bank

Lamp : HL 250W × 24

Distance : 10cm



熱電堆の感度は第1表に示す如くであるから、本バンクの平均照度は大略 0.8 W/cm^2 程度であつて相当高い値である。

第 1 表

単素子水冷式熱電堆の感度較正值

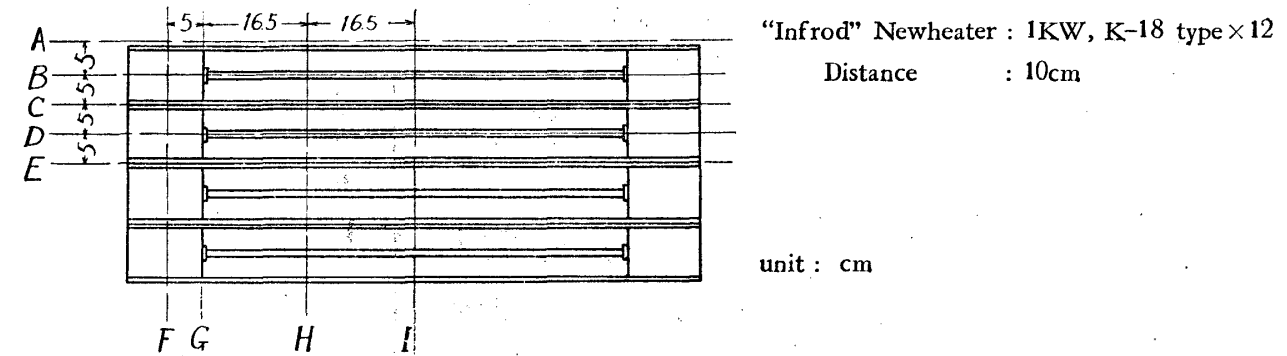
600°C 熱源に対する感度	2,700°C 標準電球に対する感度
0.04 W/cm ² /μA	0.031 W/cm ² /μA

4. ベニヤ単板の乾燥試験

前述のバンクを用いてベニヤ単板の乾燥試験を行つた。試料は厚さ 0.5mm のブナで、大きさは各バンクの有効放射面積に略々等しいものを用い、これを予め数日間水中に浸してから取り出して約 10分間室内に放置した後、試験枠に狭み、バンクの前方所定の位置で台秤に吊した。実験はシャッターを開けると同時にストップ・ウォッチを押して10秒毎に重量を測定し、変化が認められなくなれば絶乾になつたものとした。第8図は実験装置の写真である。照射開始直後より、湯気が盛んに

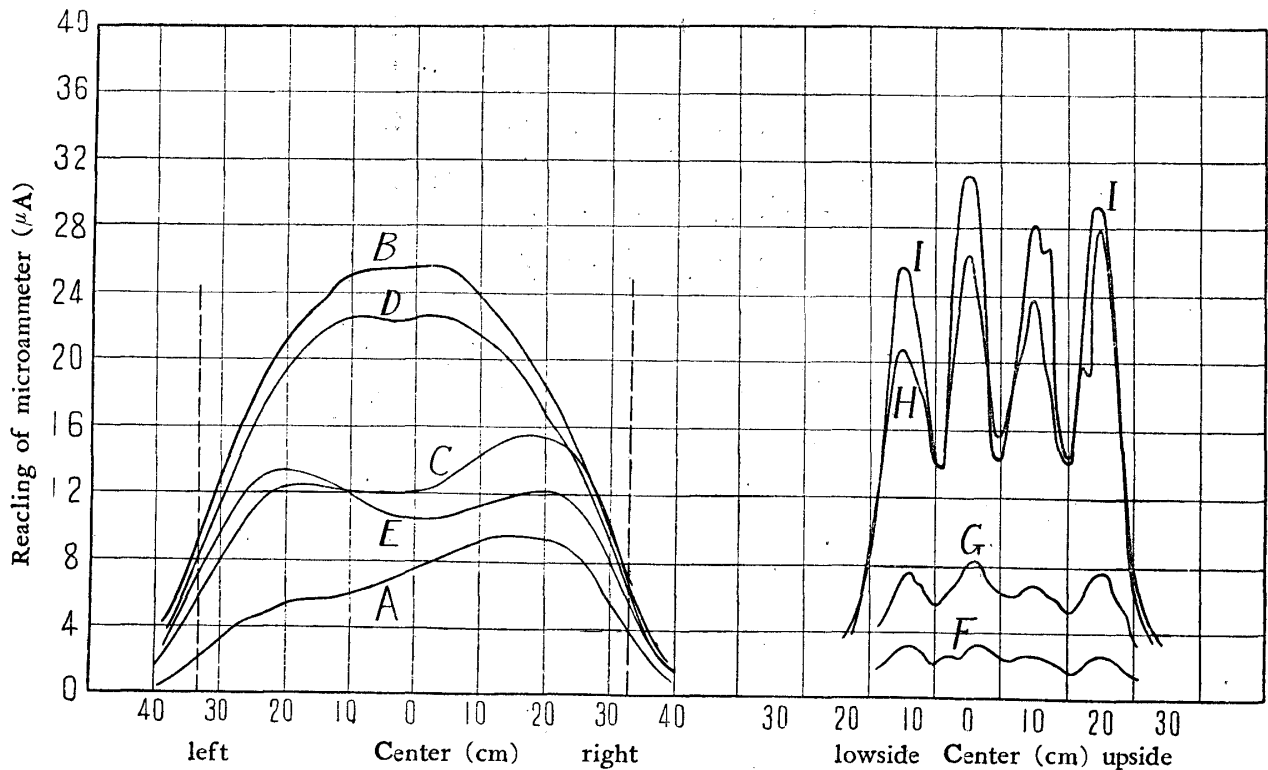
Fig. 7

新型配置 Intensity Distribution of New Heater Bank



Horizontal Distribution

Vertical Distribution



昇り、含水率30%程度になると単板は彎曲し始め、次第に湯気が認められなくなる。通常両面照射より片面照射の方が彎曲が甚しく、絶乾後、長く照射すると亀裂を生ずることがある。殊に最も近い距離 10cm の場合に、新型では試料が燃えたが、電球では少々焦げた程度であつた。測定した重量より水分を求め、含水率の変化とその含水率・時間曲線から乾燥速度曲線を求めた。第9図と第10図は片面照射、第11図と第12図は両面照射による含水率と乾燥速度曲線を示したものである。これら実験の結果より乾燥時間、速度、効率などを抜萃して第2表と第3表に掲げた。表中の乾燥効率では単板の温度上昇も含有水分の蒸発温度までの温度上昇も之を省略して単に10%含水率に至るまでの水の蒸発熱量に対する入力との比を採つた値である。従つて実際に吸収されたエネルギーより少い値であるから、効率は低くなつている。

Fig. 8 NEW HEATER "INFROD" BANK

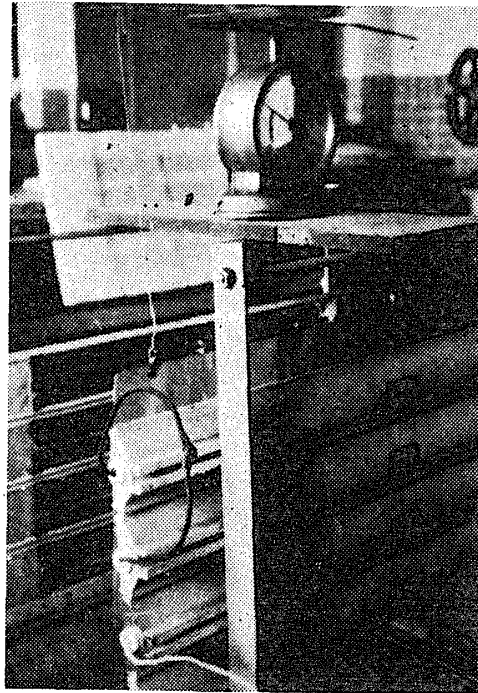


Fig. 9 Moisture content and Rate of Drying
Veneer sheet by lamp bank
one side radiation, input 3.08 KW
room temp. 21°C
humidity 86 %

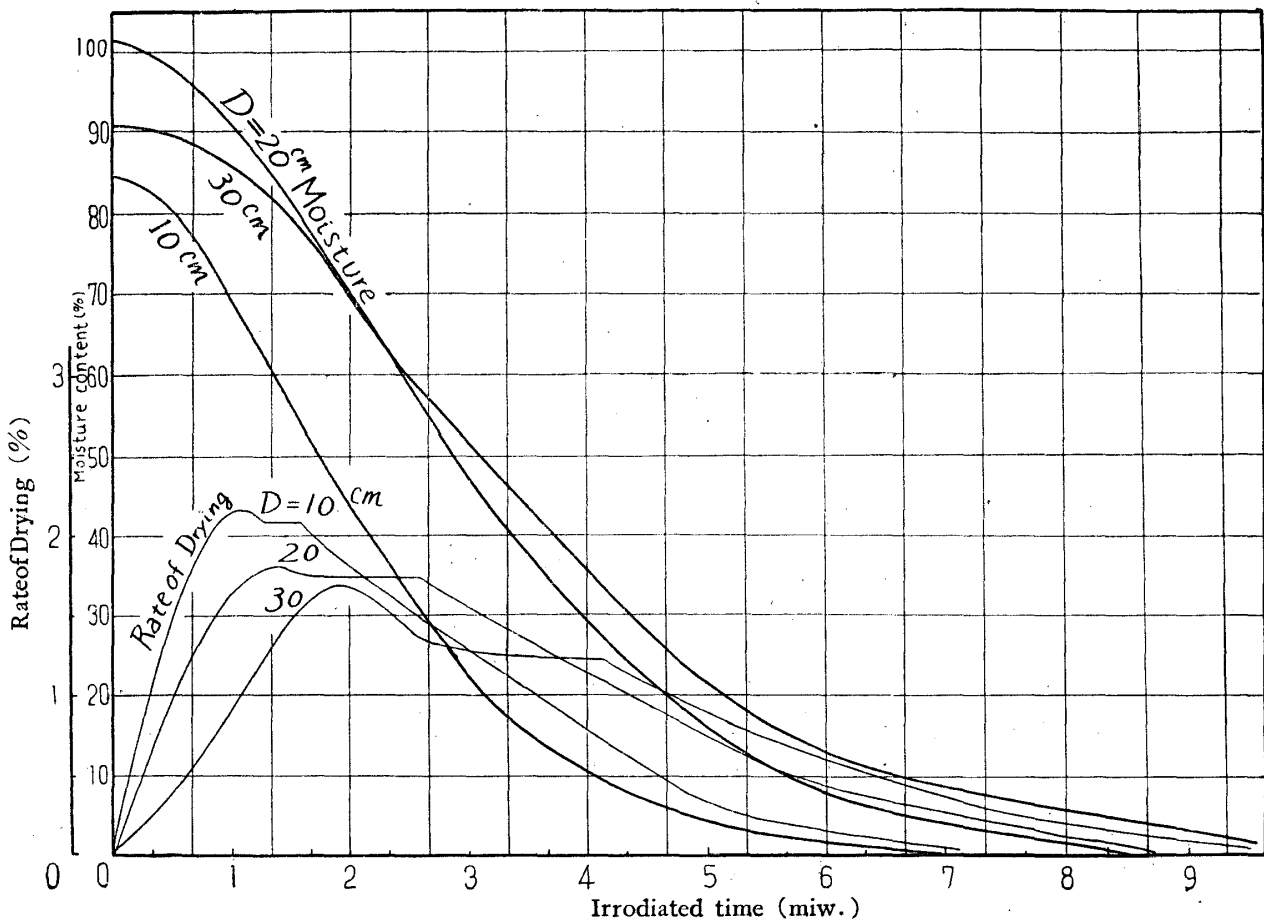


Fig. 10
 Moisture content and Rate of Drying
 Veneer sheet by "Infrod" bank
 one side radiation, input 3.9 KW
 room temp. 20°C
 humidity 85 %

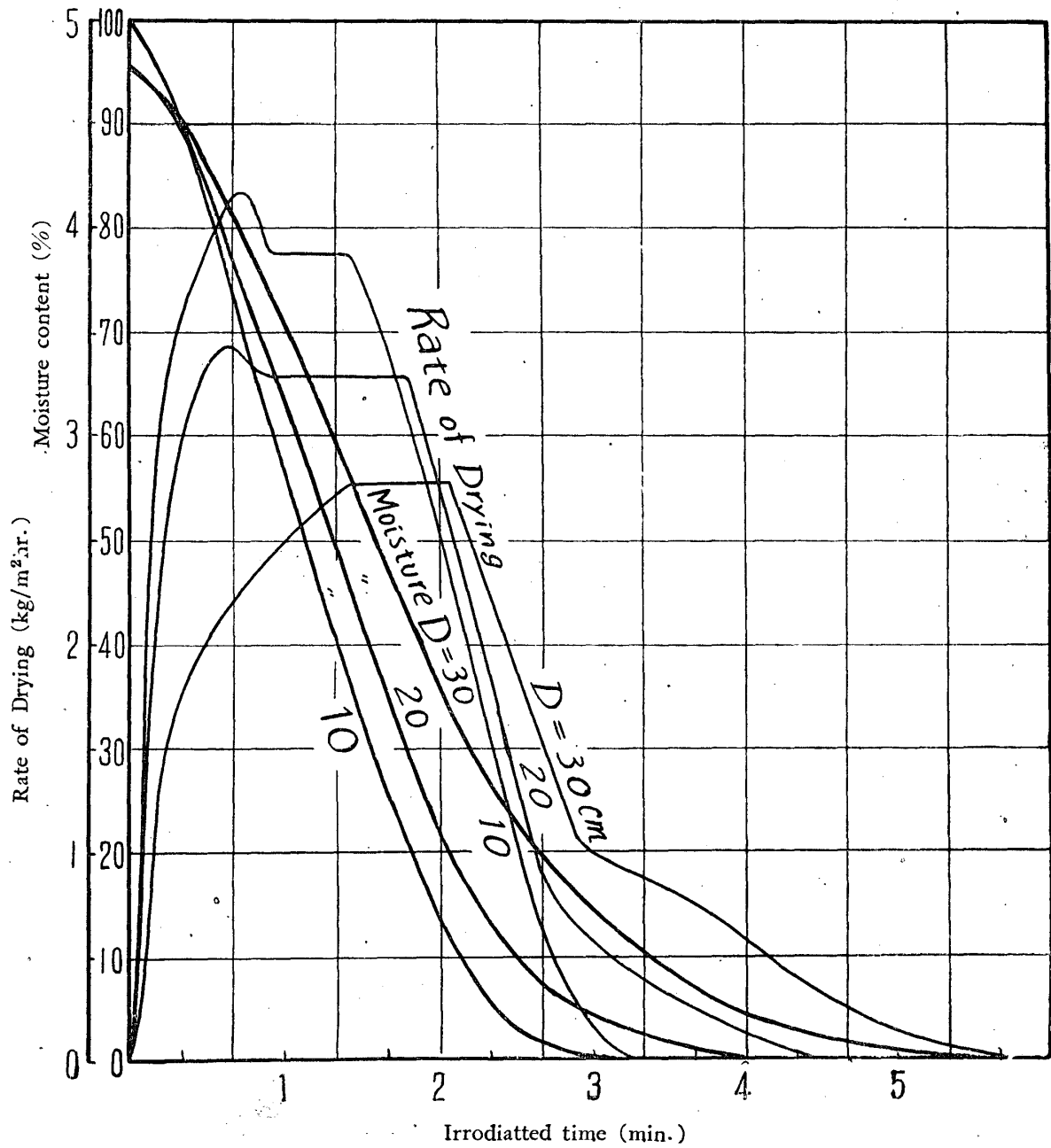


Fig. 11
Moisture content and Rate of Drying
Veneer sheet by lamp bank
both side radiation, input 6.1 KW
room temp 7°C
humidity 70%

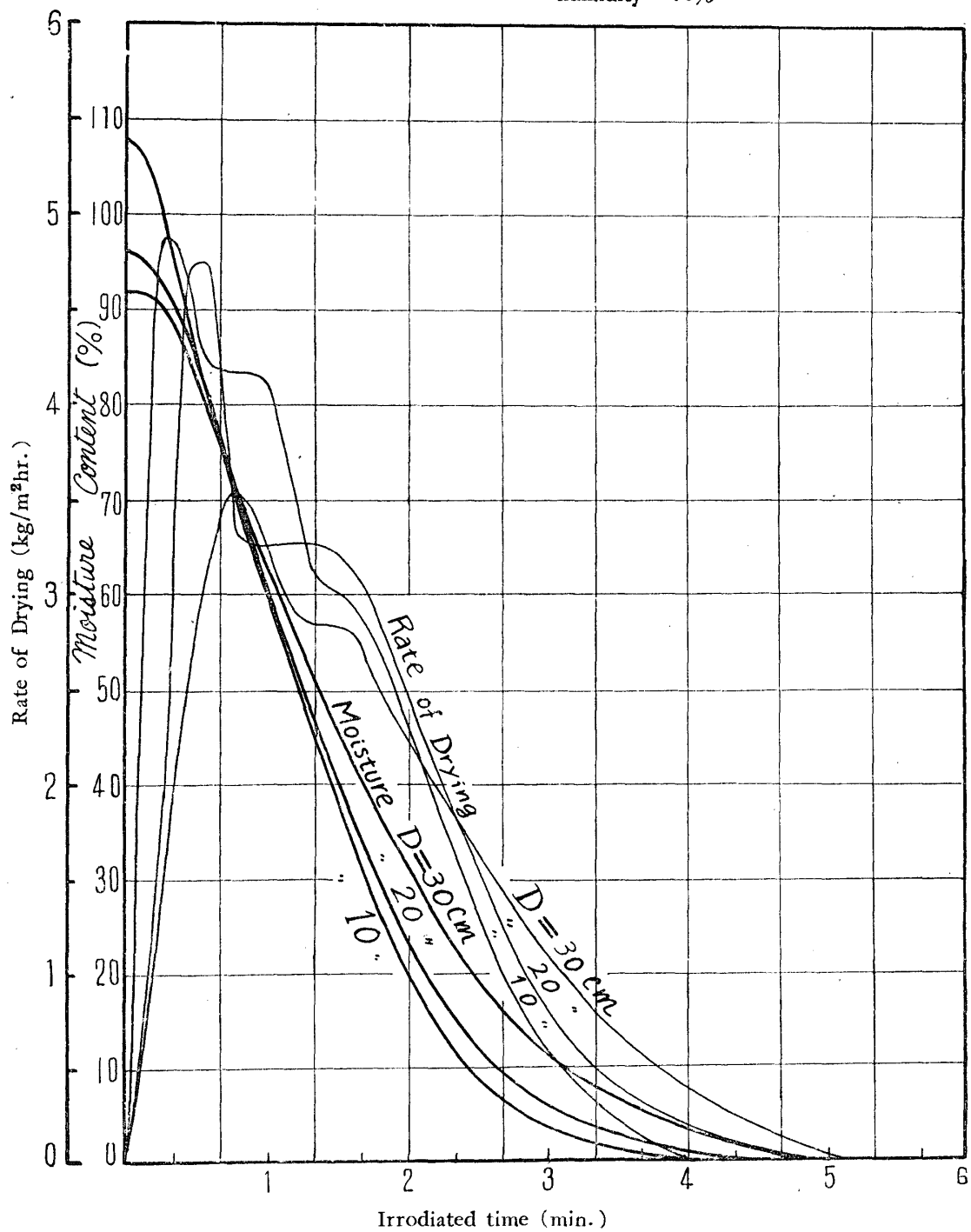
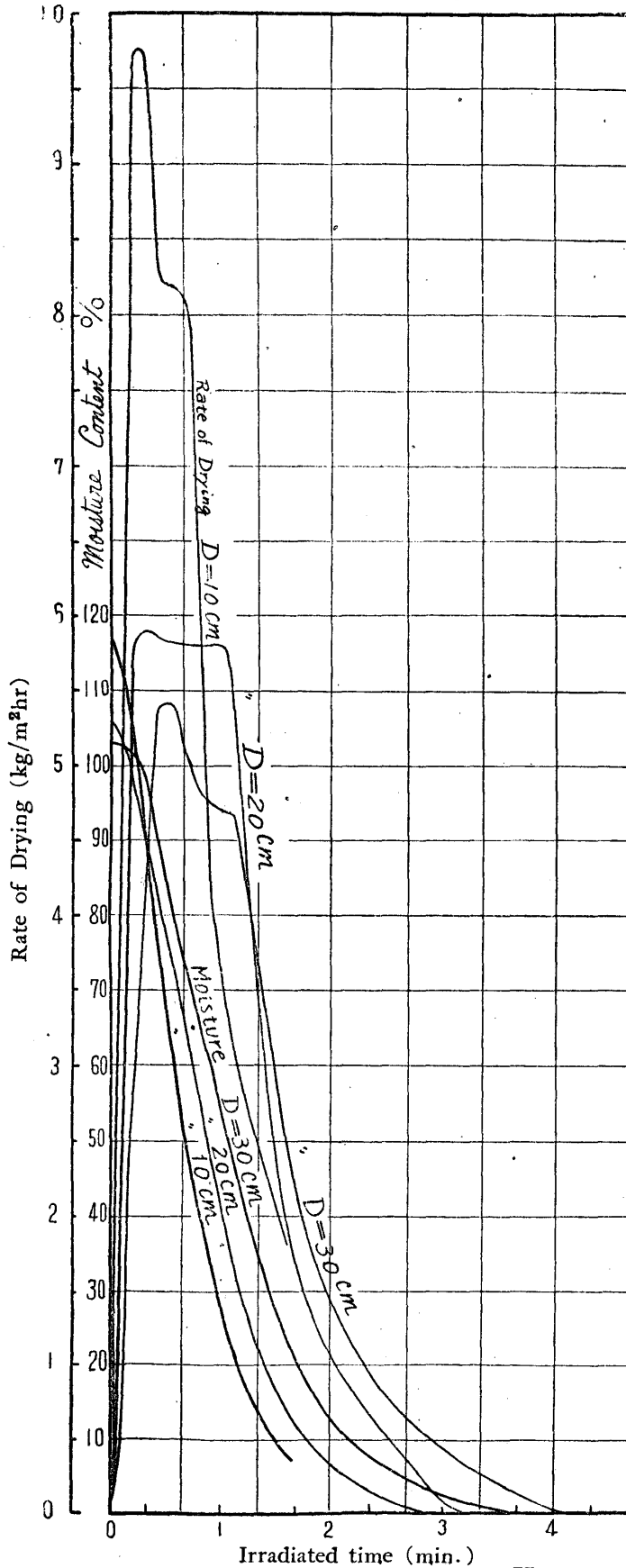


Fig. 12
Moisture content and Rate of Drying
Veneer sheet by "Infrod" Bank
both side radiation, input 7.35 KW
room temp. 7°C
humidity 70%



以上の結果は自然対流の場合の開放型赤外線乾燥炉の設計資料となるものであるが、二三の注目すべき事項を挙げると次の如くである。

(1) 赤外線電球と新型赤外線加熱装置とを木材乾燥に利用した場合は新型の方が乾燥が早い。単位面積当りの入力は新型の方が僅かに大きい、平均放射照度は寧ろ低いにも拘らず乾燥時間は約半分である。これは明らかに新型の放射赤外線の波長が長くて吸収が良好なためと考えられる。従つて表中に示す如く、電力量も少く、乾燥効率も高い。

(2) 乾燥速度は極めて大きく、一般に初期乾燥速度は一旦ピークとなり、以後暫時恒率乾燥に近い一定値を示し、後次第に低下する。但し何れの場合も恒率乾燥期間は甚だ短い。かような状況は照度の大きな場合には当然予想される現象であつて、乾燥機構は次の如く考えられる。即ち赤外線照射直後は先づ表面の水分が急速に蒸発し、乾燥速度が著しく大となる。表面水分が蒸発し盡されると内部の含有水分が表面に拡散し、表面との濃度差を補う。この補う間が恒率乾燥期間であつて、更に乾燥が進むと表面に拡散しても、なお濃度差を補うことが出来ず、蒸発水分が減少するようになつて乾燥速度

第 2 表

赤外線電球バンクによる乾燥
(Drying by the lamp bank.)

A. 片面照射 (one side radiaton)

入力 (input) : 3.08 kw

試料の大きさ (dimeusion of testpiece) : 41×54cm²

照射距離 (cm)	初期含水率 (%)	10%含水率 に至る時間	絶乾に至 る 時 間	最高乾燥速度 (kg/m ² hr)	恒率乾燥速度 (kg/m ² hr)	10%含水率に至 るまでの電力量 (K. W. H.)	乾燥効率 (%)
30	90.6	min 6 sec 35	min 10 sec -	1.7	1.3	0,338	9.5
20	101.5	5 40	8 30	1.8	1.8	0,291	12.5
10	84.4	4 5	7 -	2.2	2.1	0,210	14.1

B. 両面照射 (both side radiation)

入力 (input) : 6.1kw,

試料の大きさ (dimeusion of testpiece) : 41×54cm²

照射距離 (cm)	初期含水率 (%)	10%含水率 に至る時間	絶乾に至 る 時 間	最高乾燥速度 (kg/m ² hr)	恒率乾燥速度 (kg/m ² hr)	10%含水率に至 るまでの電力量 (K. W. H.)	乾燥効率 (%)
30	91.9	min 3 sec 7	min 5 sec -	3.5	2.9	0,317	10
20	96	2 39	4 30	4.8	3.3	0,269	12.4
10	108	2 25	3 40	4.9	4.2	0,246	15.4

第 3 表

新型バンクによる乾燥
(Dryiug by the new heater bank)

A. 片面照射 (one side radiotion)

入力 (input) : 3.9kw,

試料の大きさ (dimension of testpiece) : 36×69cm²

照射距離 (cm)	初期含水率 (%)	10%含水率 に至る時間	絶乾に至 る 時 間	最高乾燥速度 (kg/m ² hr)	恒率乾燥速度 (kg/m ² hr)	10%含水率に至 るまでの電力量 (K. W. H.)	乾燥効率 (%)
30	95.5	min 3 sec 25	min 6 sec -	2.8	2.8	0,228	15.7
20	100	2 25	4 -	3.5	3.3	0,161	23.4
10	100	2 8	3 -	4.2	3.9	0,142	26.6

B. 両面照射 (both side radiation)

入力 (input) : 7.3kw,

試料の大きさ (dimension of testpiece) : 36×68.7cm²

照射距離 (cm)	初期含水率 (%)	10%含水率 に至る時間	絶乾に至 る 時 間	最高乾燥速度 (kg/m ² hr)	恒率乾燥速度 (kg/n. ² hr)	10%含水率に至 るまでの電力量 (K. W. H.)	乾燥効率 (%)
30	103	min 2 sec 11	min 3 sec 40	5.4	4.7	0,268	14.5
20	106	1 45	2 40	5.9	5.8	0,214	18.8
10	117	1 30	1min40min のとき燃えた	9.8	8.2	0,184	24.3

が低下し始め、いわゆる減率乾燥を示す。本実験のように照射エネルギーの大なる場合は減率第1段は殆んど認められず、第2段の状態を呈するものと考えられる。

(3) 乾燥時間が長くとも差支えなければ、放射照度を今少し低くする方が好ましいと思われる。殊に含水率30%程度以後は照射を弱くして収縮を防ぐべきで、ベルト・コンベアー式ではバンクの設計を後半で照度を落すように考慮したい。

(4) 乾燥効率に関しては、新型では片面の方が少々高く、電球では両者の差は明らかでない。これは波長による透過率の差を意味するとも考えられる。しかし薄板は片面照射でも乾燥出来るが、厚板になると両面照射が有効であることは論を俟たないと思われる。但し片面では単板が一方に彎曲するので、収縮の点では両面の方が望ましい。これらに関しては更に研究を進めて決定したいと考えている。

なお 10cm 以内の近距離で何れの場合でも、10%以下の水分になると焦げるか焼えるか、又は亀裂を生ずるので、絶乾に近い程度にまで乾燥するときは、放射照度に充分注意する必要がある。

5. 結 言

赤外線照射によるベニヤ単板の温度上昇と乾燥について実験を行い、薄板については実用出来ると考えられる資料を得たが、未だ設備と処理に不十分な点もあるので、今後更に検討を行うと共に、厚板の加熱と乾燥、乾燥炉の設計並びに木材の赤外線吸収波長特性について研究を進めたいと考えている。本研究は昭和26年度文部省総合研究費の補助による「木材の電氣的処理に関する研究」の一部をなすもので、茲に謝意を表する次第である。

Résumé

Two kinds of infrared heaters were used as the infrared radiant source, the one is the conventional heat ray lamps and the other is new infrared heating apparatus which is designed and studied in our laboratory. This new heater consist of long metal tube, heated by inserted nichrome wire and a parabolic reflecting mirror, at the forcus of which the metallic tube is mounted. Operating temperature of this heater is about 600 °C. The radiation wave length is longer than that of an infrared lamp.

In this report comparative investigation of heating and drying a sheet of veneer of beech, the thickness of which is about 0.5mm, are described. Temperature rise and rate of drying by new heaters is higher than that of the lamps and the reason is considered owing to its higher absorption coefficient for longer wave length radiation.