

鑄型乾燥の研究

— 鑄型乾燥の關係式(2) —

南郷忠勇* 島田要吾**

Research on Mold-drying Process in Foundry
An Equation on Mold-drying (2)By Tadao Nangō and Yogo Shimada
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In case of drying mould, the relation between drying temperature, drying time, and the size of mould is to be known, so as to the drying work is performed reasonably.

Nevertheless, it is regrettable that no sufficient data on this relation has been obtained. Therefore, it is investigated, through experiments, how mold is dried according to drying temperature and drying time on the assumption that it has infinite thickness. As stated in last paper by the author, the relation is found to be represented by the following simple equation.

$$t = \frac{K \delta^2}{T - 100}$$

$t =$ Time required for complete drying (min)

$T =$ Surface temperature of mold ($^{\circ}\text{C}$)

$\delta =$ Depth of completely dried layer (cm)

$K =$ Constant

However, the above equation could be derived on the assumption that the thickness of mold is infinite. As the mold, which is dried practically in drying oven, is not only definitely thick, but also heated from the whole surface, the practical drying process of mold is naturally different from the assumed one.

In this paper, it is investigated through experiments the drying process of the mold having a certain thickness and being heated from both sides, and scrutinized how the foregoing equation is to be modified. Consequently, it is found that the above equation should be converted into the following one, which nearly coincides with the results obtained from the experiments.

$$t = \frac{K \delta^n}{T - 100}$$

“ n ” indicates the factor which varies due to the size or thickness of mold.

* ** 日立製作所龜有工場

[I] 緒言

鑄型を乾燥爐にて乾燥する場合に、その乾燥温度及び乾燥時間が鑄型の乾燥深さを左右する事は明かなことであるが、それ等の関係を明確に示した資料がないので、筆者等は実験に依つて、それ等相互間の関係式を求め様と企て、前報⁽¹⁾にて鑄型を片面から加熱する場合には相互間の関係が次式で示されることを報告した。即ち無限の廣さ、及び厚さを有する鑄型を片面より加熱乾燥するとき

$$t = \frac{K \delta^2}{T - 100} \dots \dots (1)$$

K = 常數 t = 加熱時間 δ = 乾燥深さ

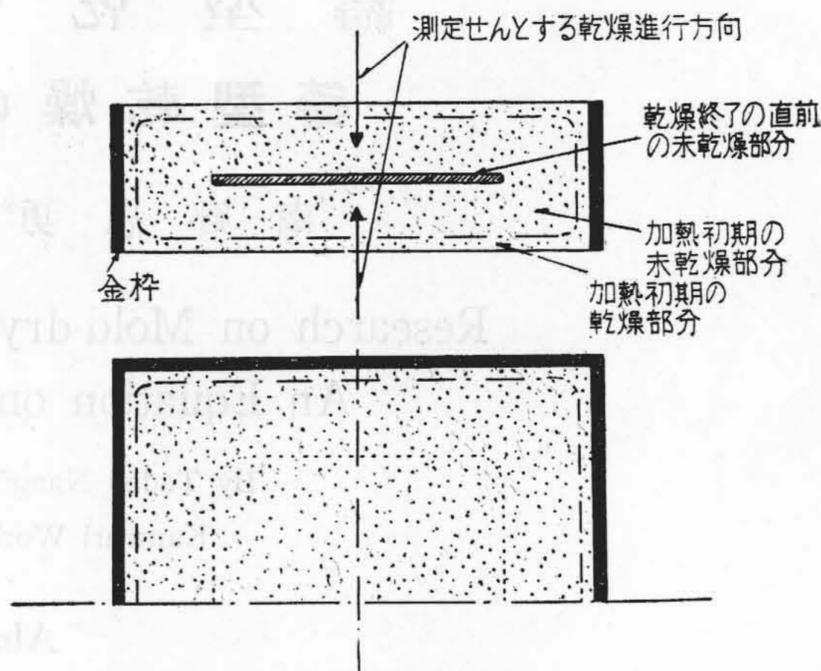
T = 鑄型表面温度

にて表わされることが実験に依つて求められた。然し乍らこれは單なる片面加熱の場合であつて乾燥爐に於ける實際の乾燥では、鑄型は全面より熱を受け内部に向つて熱が進むので片面加熱に於けるが如く單純な關係式を立てることは出来ない。筆者等は表面積が厚さに對して非常に廣い鑄型の平行な兩表面を同一條件で加熱する場合、これを兩面乾燥と呼んでいるが、この場合に乾燥が如何に進行するか、又(1)式がこの場合にも適用出来るか否かを検討する爲に種々の厚さの鑄型について實驗して片面乾燥と比較した。

[II] 乾燥時間測定方法

前報に述べた如く、鑄型内の或る深さの位置の乾燥終了の時間を測定するには熱電對により、その位置の温度経過を測定記録してその温度上昇曲線によりその位置の乾燥を判定した。即ち 100°C 以上に温度が上昇し始める時間を以て、その位置の乾燥所要時間としたものである。

兩面乾燥の場合の鑄型内の乾燥進行状態を想像すると第1圖に示す如く兩面を開放せる四角形の全枠に濕砂を填めた鑄型を乾燥爐に入れ、加熱乾燥するとき、加熱の初期には周邊に記入せる鎖線の如き乾燥部分(外側)と未乾燥部分(内側)との境界を示し、乾燥が進むにつれてその境界が縮小されて、完全に乾燥する直前には圖の中央に點線を以て示す如く橢圓板状として未乾燥部分が残るものとする。若し側面よりの熱の影響を完全に除くとすれば鎖線或は點線の範圍の面積は最初から最後迄



第1圖 鑄型の乾燥経過想像圖

Fig. 1 Conjectural Picture Showing the Process of the Drying of Sand Mould by Heating.

同一表面積をもつ筈であるが、一側面或は二側面よりの熱を受けることに依り、その鎖線や點線に示される乾濕の境界の形が變り且面積が縮小される。

この様なことが想像されるから、全體の乾燥を考えると或は熱を受けているある一平面に對し垂直な方向のその熱による乾燥の進み方を見るためには、乾燥終了迄側面の熱の影響を受けない程の廣さをもつた鑄型の中心線上で乾燥の状態を測定すれば良いと考える。

この考えにより本報に於ける兩面乾燥の實驗は、厚さに對して側面の熱の影響のない程充分なる廣さを有する試験鑄型を爐中に入れ、その表面の中心線上の乾濕の變化を測定して實驗を進めることにした。

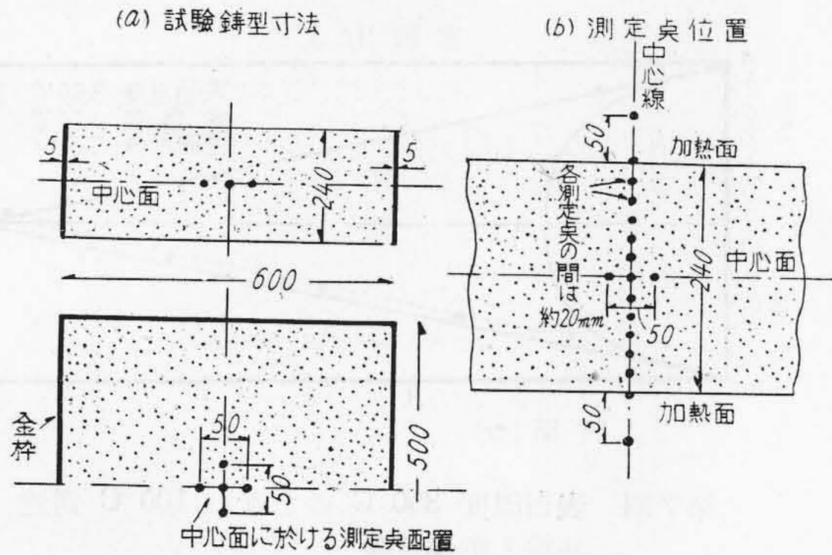
[III] 兩面乾燥の實驗

(1) 目的

鑄型の一表面を加熱乾燥する場合と平行な二表面を同時に加熱乾燥する場合と、夫々の表面より内部に進む乾燥の進み方に差異のあることが考えられるので、實驗によつてこれを求め様とした。

(2) 實驗設備

本實驗に使用した鑄型は第2圖(a)の如く、砂の厚さ240 mm, 縦横600×500のものである。砂内部の温度の測定點は第2圖(b)の如く、600×500の面の中心線上の加熱面及びその間に20 mm間隔にとつたものである。別に兩加熱面より50 mm離れた空間を測定し爐温とし



第2圖 240 mm 試験鑄型
Fig. 2 240 mm Sand Mould Specimen.

た。
尙前記の側面の熱の影響のないことを確認するため中心線の中央の面の中心測定点より 25 mm 離れた位置の 4 カ所に熱電対を入れその点の温度を測つた處、中心測定点と同じ温度経過をたどることを確認した。

實驗に使用した砂は第1表及び第2表に示す如き配合

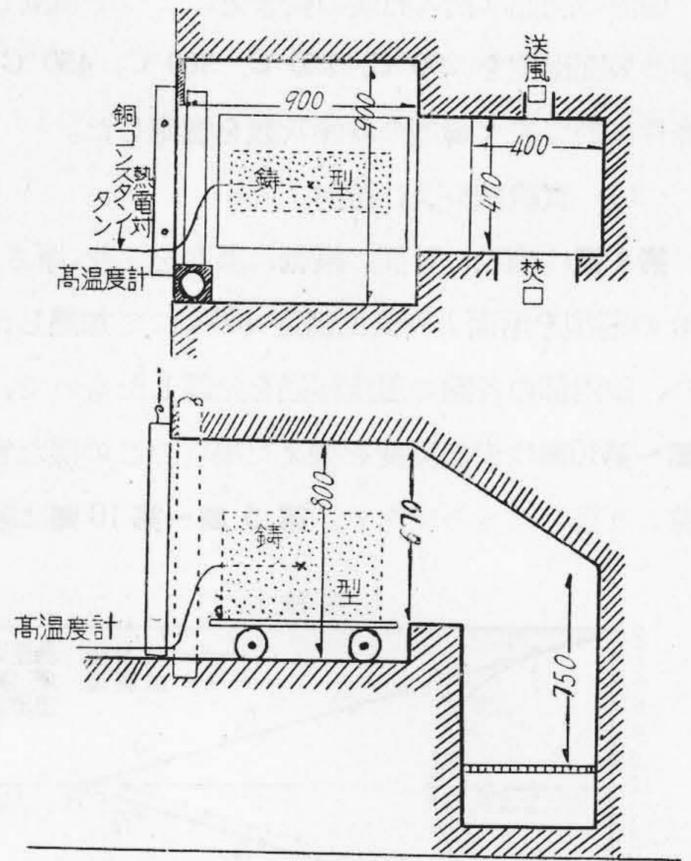
第1表 試験鑄型に使用した砂の配合
混砂性分

| | |
|------|-------|
| 小高硅砂 | 20 % |
| 古砂 | 80 % |
| 木節粘土 | 7 % |
| 水分 | 8.5 % |

%は重量比にて木節粘土7%は小高硅砂、古砂、100に對する%

第2表 試験鑄型に使用した砂の諸性質
測定は A.F.A. 鑄物砂試験機による

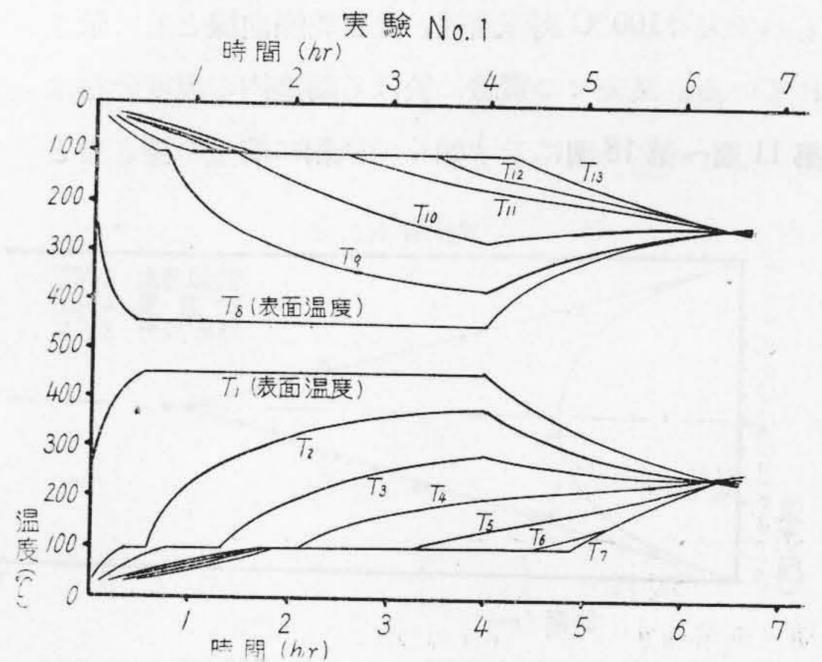
| 實驗番號 | 生型強度 | 生型通氣度 | 乾燥型強度(剪斷) | 乾燥型通氣度 | 含有水分 |
|------|---------------------|---------|---------------------|---------|------|
| No. | lbs/im ² | cmgrmin | lbs/im ² | cmgrmin | % |
| 1 | 9.0 | 132 | 17.0 | 252 | 9.0 |
| 2 | 9.7 | 193 | 20.0 | 310 | 8.5 |
| 3 | 6.8 | 146 | 15.0 | 275 | 7.5 |
| 4 | 8.8 | 99 | 17.0 | 205 | 8.5 |
| 5 | 8.5 | 168 | 18.0 | 253 | 9.0 |
| 6 | 7.5 | 112 | 16.0 | 341 | 9.0 |
| 7 | 7.5 | 141 | 18.0 | 398 | 7.5 |
| 8 | 8.3 | 163 | 19.0 | 326 | 8.5 |
| 9 | 8.3 | 146 | 21.0 | 326 | 10.0 |
| 10 | 9.0 | 119 | 16.0 | 341 | 7.0 |
| 11 | 8.0 | 138 | 16.5 | 341 | 9.0 |
| 12 | 9.3 | 112 | 17.0 | 244 | 7.5 |
| 13 | 8.8 | 113 | 22.0 | 224 | 9.0 |



第3圖 試験に用ひた内寸法
900×900×800 mm 乾燥爐
Fig. 3 900×900×800 Drying-oven.

性質のもので、この砂の一定重量を杵に平均に搗きこんだ。

使用せる爐は第3圖に示す如きものである。爐内の略中央に鑄型の兩砂面が側面となる如く置き、兩砂面が同一條件で加熱される様にした。砂の中に挿入した熱電対の端は爐外に導き温度計に接續する。

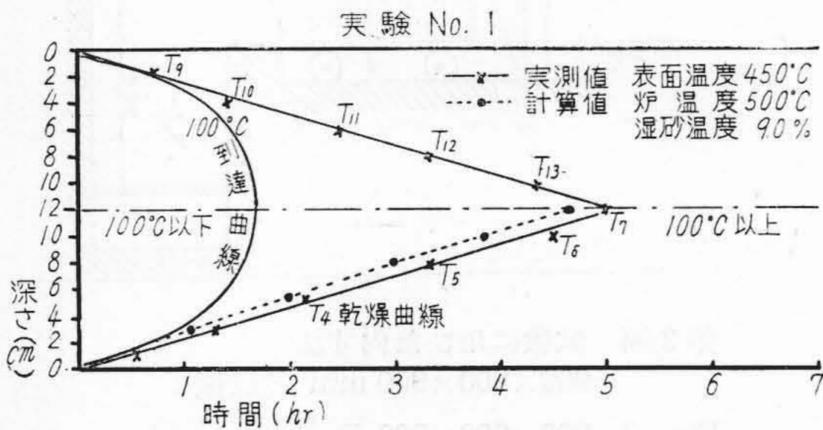


第4圖 表面温度 450°C のときの鑄型内の時間一温度曲線
Fig. 4 Time-temperature Curve in Sand Mould when the Temperature of its Surface is 450°C.

爐温の調節は投入石炭の焚き方によつて加減し、鑄型の表面温度を 200°C, 250°C, 300°C, 450°C の 4 條件に於て夫々鑄型の乾燥状態を實測した。

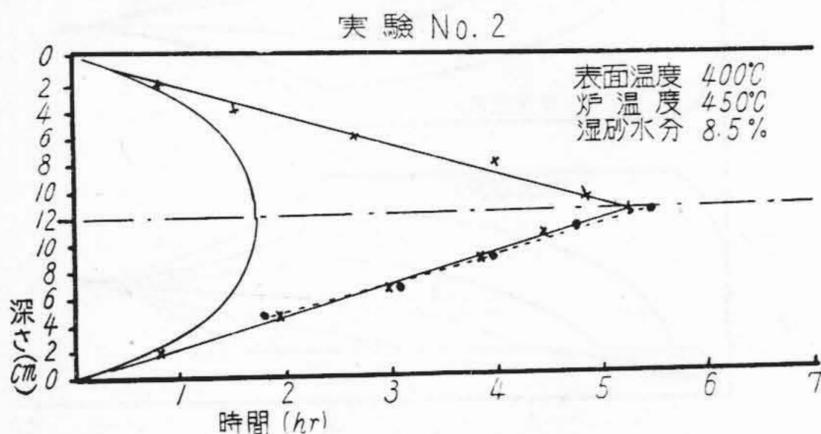
(3) 實驗結果及び検討

第 4 圖は横軸に時間、縦軸に温度をとり、厚さ 240mm の鑄型を兩面より表面温度 450°C にて加熱した場合の、砂内部の各點の温度経過を記録したもので、第 5 圖～第 10 圖は表面温度を変えた場合のこの様な實驗曲線より寫したものである。第 5 圖～第 10 圖は縦軸に

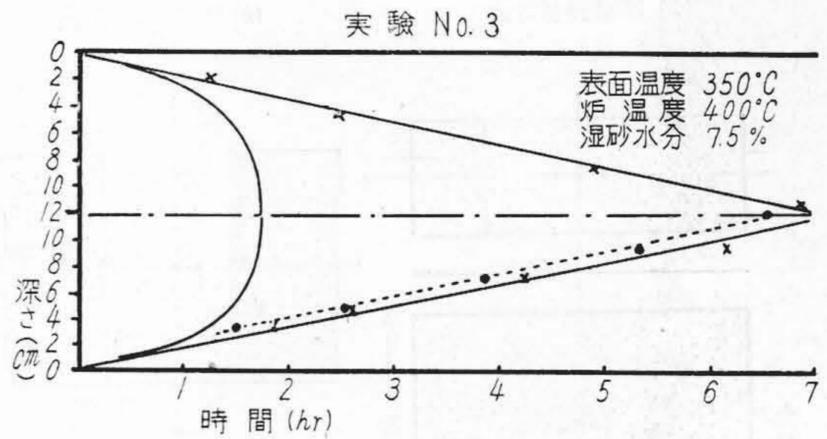


第 5 圖 表面温度 450°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線
 Fig. 5 Temperature Rising Curve up to 100°C and Drying Curve in 240 mm Sand Mould when the Temperature of its Surface is 450°C.

鑄型の厚さ深さをとり、横軸に経過時間をとつて、各深さの點が 100°C に達する迄の時間と 100°C より上昇し始める (乾燥し終る) 迄の時間との関係を示したもので夫々 100°C 到達曲線、及び乾燥曲線として示されている。又夫々の實驗に於ける鑄型内の温度分布は第 11 圖～第 16 圖に示す如くで横軸に鑄型の深さをと

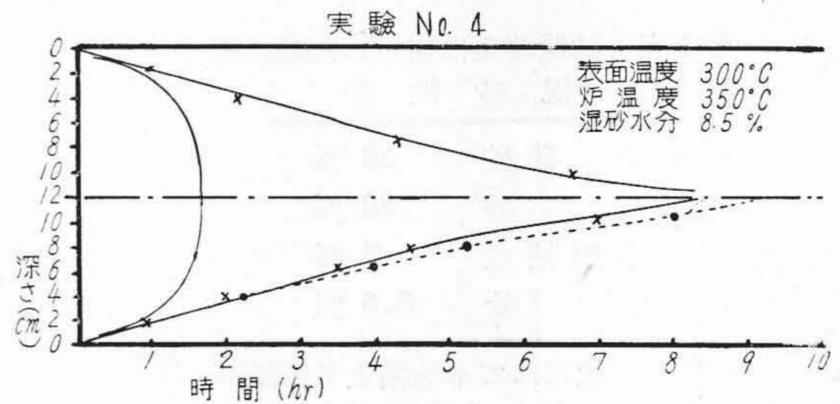


第 6 圖 表面温度 400°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線
 Fig. 6 Temperature Rising Curve up to 100°C and Drying Curve in 240mm Sand Mould when the Temperature of its Surface is 400°C.

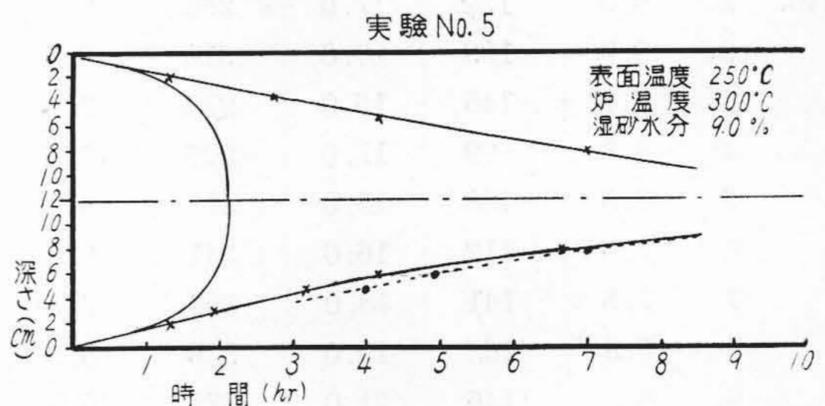


第 7 圖 表面温度 350°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線
 Fig. 7 Temperature Rising Curve to 100°C and Drying Curve in 240mm, Sand Mould when the Temperature of its Surface is 350°C.

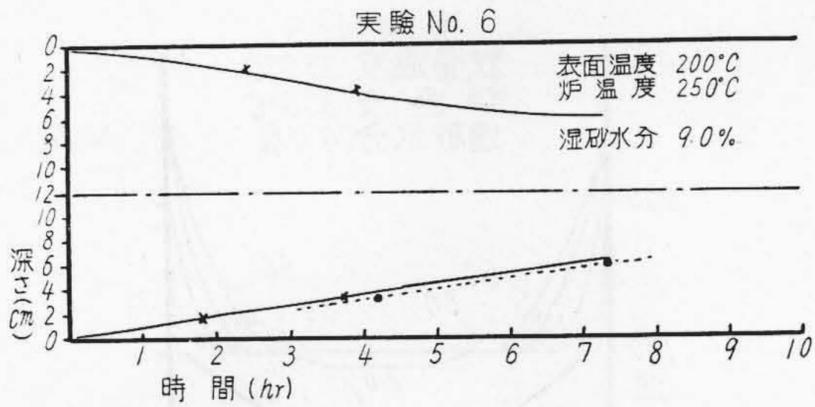
り、縦軸に温度をとつて鑄型内の 1 時間毎の温度分布曲線を記入したもので、圖中の數字はこの時間を示したものである。第 5 圖～第 10 圖の乾燥の時間と深さの関係を示す乾燥曲線は、乾燥温度が高い場合は略々時



第 8 圖 表面温度 300°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線
 Fig. 8 Temperature Rising Curve up to 100°C and Drying Curve in 240mm Sand Mould when the Temperature of its Surface is 300°C.



第 9 圖 表面温度 250°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線
 Fig. 9 Temperature Rising Curve up to 100°C and drying Curve in 240mm, Sand Mould when the Temperature of its Surface is 200°C.



第10圖 表面温度 200°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線

Fig. 10 Temperature Rising Curve up to 100°C and Drying Curve in 240mm, Sand Mould when the Temperature of its Surface is 200°C.

間と深さの間に直線に近い関係がある。又乾燥の温度が比較的低い場合は明かな曲線である。

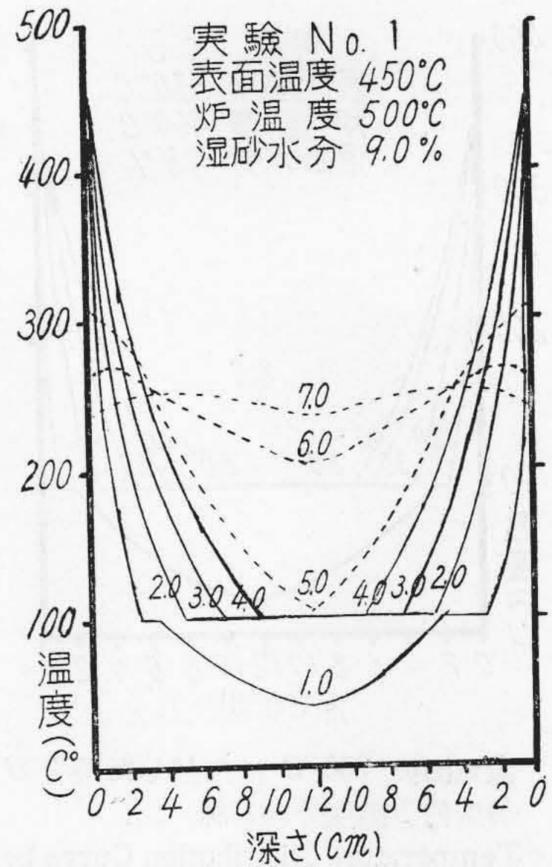
前報に於て片面乾燥では時間と (表面温度-100°C) との間に反比例関係があると述べたが、この両面乾燥の場合は如何なるかを調べた。第3表は表面温度の變化した実験の同一深さの點が乾燥する迄の時間(分)とその表面温度より 100°C を減じたものとの積の値を示したものである。

第3表 深さ(δ)と t(T-100) の関係
t × (T-100) × 10⁻⁴

| No. | 深さ 温度 | 2 cm | 4 cm | 6 cm | 8 cm | 10cm | 12cm 中心 |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------------|
| 1 | 450°C | 1.58 | 3.22 | 4.90 | 7.00 | 9.45 | 10.50 |
| 2 | 400°C | 1.50 | 3.00 | 4.68 | 6.45 | 7.80 | 9.45 |
| 3 | 350°C | 1.37 | 3.12 | 4.88 | 6.75 | 9.25 | 12.75 |
| 4 | 300°C | 1.20 | 2.60 | 4.00 | 5.40 | 7.40 | |
| 5 | 250°C | 1.20 | 2.45 | 3.75 | 6.25 | | |
| 6 | 200°C | 1.34 | 2.70 | 4.30 | | | |

この表によると縦の各段の数値は略々似た値を示している。土の誤差は比較的大きいが、別の傾向は認められない。即ち (表面温度-100°C) と乾燥時間とは反比例すると云うことは、この両面乾燥に於ても依然成立するのではないかと考えられるのである。

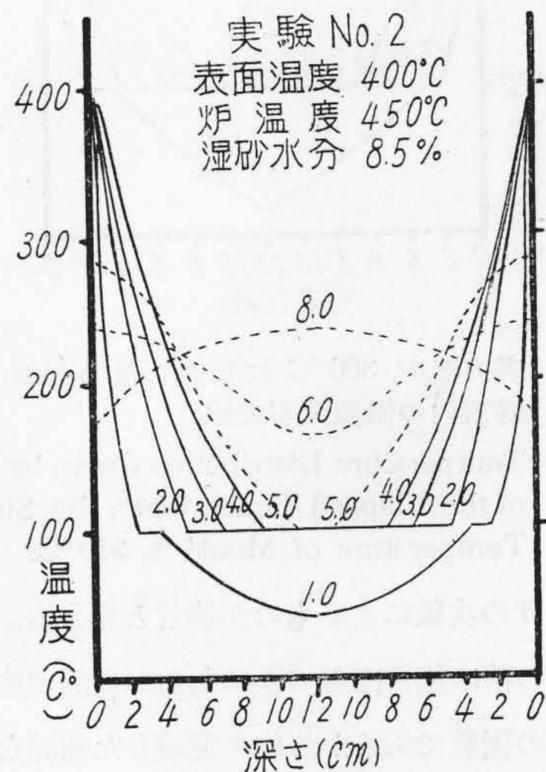
若し片面乾燥の実験による関係式 $t = \frac{K \delta^2}{T-100}$ にあてはめるとすれば K 又は δ の項に於て調節することが必要となる。実験値が式にあてはまる様に K の値を逆算してみると第17圖の如くなる。次にこの実験に於ても片面乾燥の実験の時と同じ砂を用いたので K の値をそ



第11圖 表面温度 450°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線

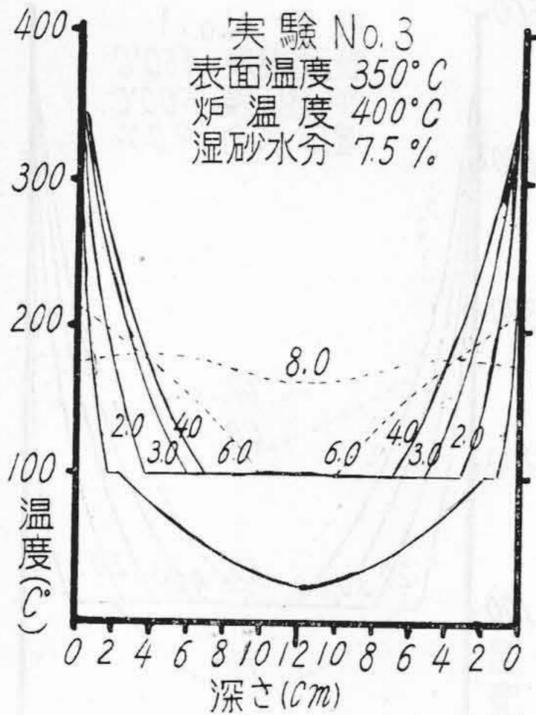
Fig. 11 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 450°C.

の時に得た 1525 として δ の次數を n として $t = \frac{K \delta^n}{T-100}$ と表わし n を逆算すると第18圖の如くなる。この場合、片面乾燥を両面乾燥にしたために対象とする項とし

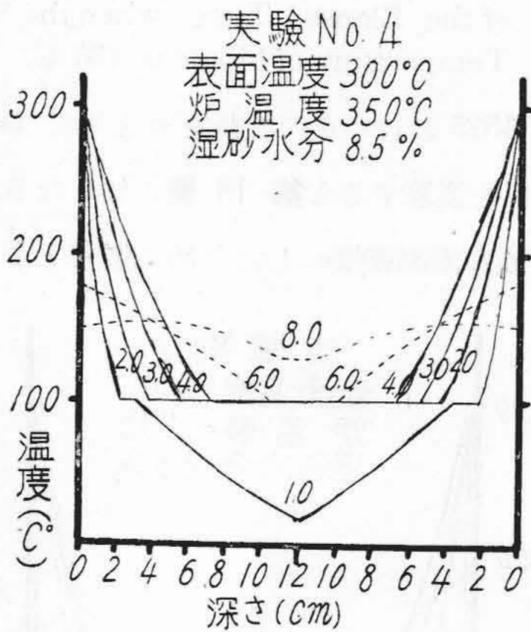


第12圖 表面温度 400°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線

Fig. 12 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 400°C.

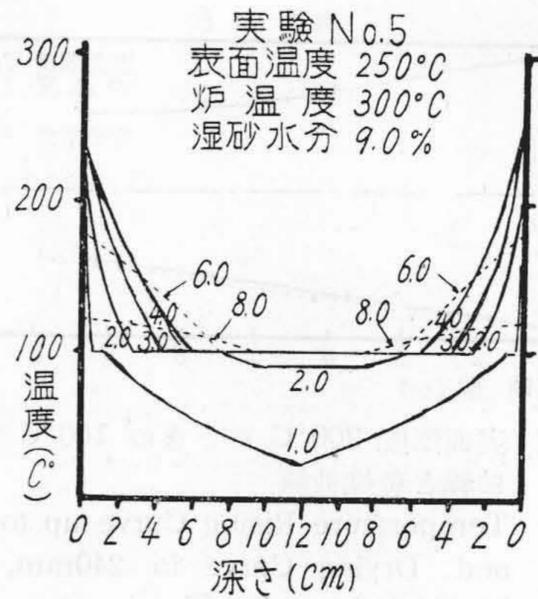


第13圖 表面温度 350°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線
 Fig. 13 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 350°C.

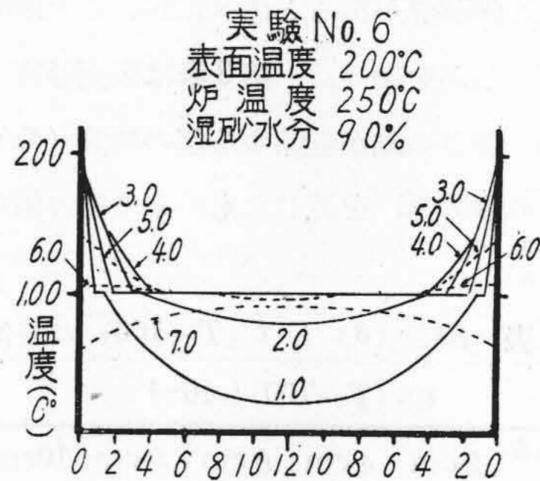


第14圖 表面温度 300°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線
 Fig. 14 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 300°C.

ては後者の δ の次数によるものが適當と考える。第18圖によると n の値は相當ばらつきはあるが表面温度には無關係で深さの函数であるかの如き連続した曲線を想像することが出来る。我々はこのふらつきによる幅は試験片の不均一性や實驗の不均一によるもの等種々の誤差によるものであると考え、その幅の中央に一本の曲線を書き深さに對する n の値を表示するものときめた。この n の



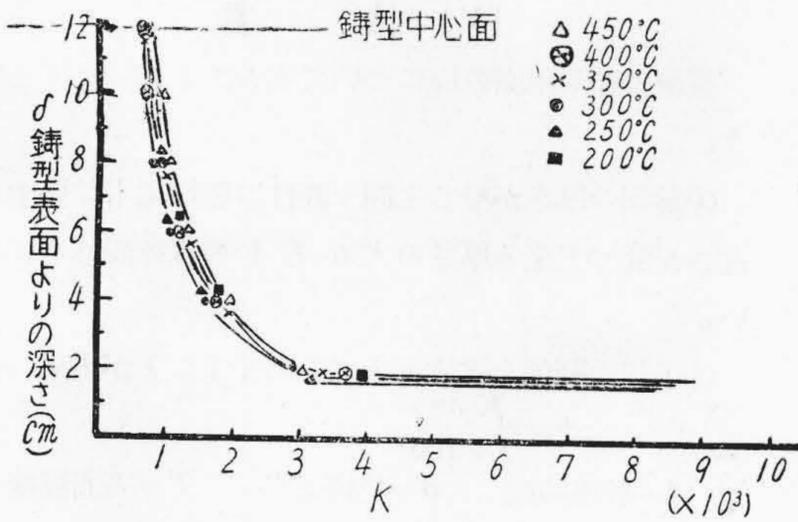
第15圖 表面温度 250°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線
 Fig. 15 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 250°C.



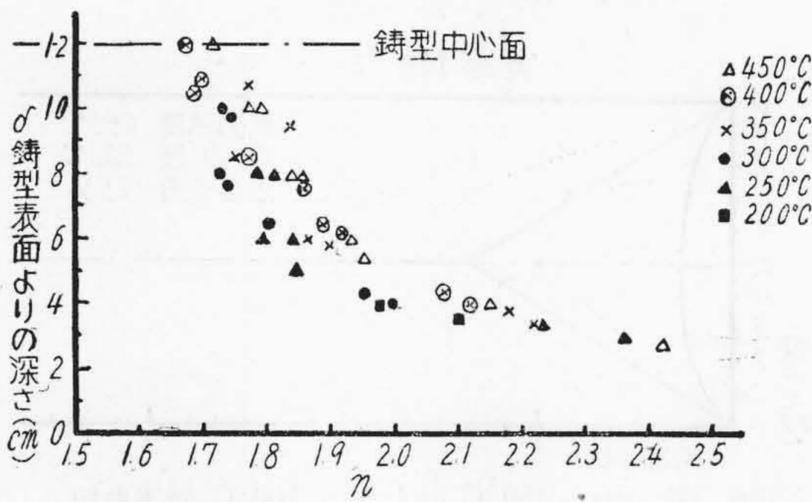
第16圖 表面温度 200°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線
 Fig. 16 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 200°C.

値によつて $t = \frac{K \delta^n}{T - 100}$ を計算して本實驗の場合に適用すると第5圖~第10圖中に點線で示した如くなる。この差異は現場操業に於ては全く問題がない程度である。それ故我々は厚さ 240 mm の鑄型の場合、しかも砂がこの實驗に使用した如き種類の砂である場合には、その乾燥の關係式を $t = \frac{K \delta^n}{T - 100}$ とし、 n を第18圖の如くすることに決めたのである。

猶、 K を一定としたのは使用した砂が一定であるとして行つたもので砂質の變化による乾燥の差異を式に導入するには K を以てするのが適當と認めているからである。



第17圖 240 mm鑄型に於ける K と δ の關係
Fig. 17 Relation between δ and K in 240 mm Sand Mould.



第18圖 240 mm 鑄型に於ける n と δ の關係
Fig. 18 Relation between δ and n in 240 mm sandmould

[IV] 兩面乾燥に於て厚さを變えた實驗

(1) 實驗目的及び設備

鑄型の厚さが 240 mm のものについては前項の實驗で $t = \frac{K \delta^n}{T-100}$ に於ける n の値を明かにしたが、厚さが變つた場合に n の値はどうなるかを確かめるために、鑄型の厚さが夫々 100 mm, 340 mm, 及び 480 mm のものについて實驗を行つた。使用した鑄型は第 19 圖~第 21 圖の如きもので厚さに應じて大きさも變えた。

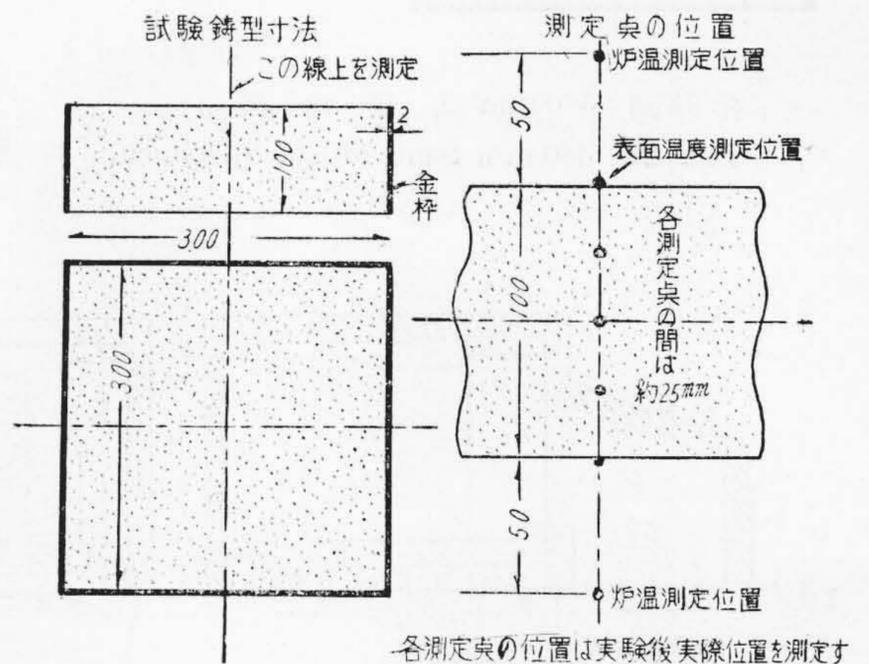
使用した乾燥爐は、鑄型の厚さが 100 mm 及び 340 mm のものは第 3 圖に示す爐にて、又 480 mm のものについては第 22 圖に示す爐をもつて行い、其他實驗方法は前項と同一要領で行つた。

(2) 實驗結果及び考察

實驗の結果第 23 圖~第 36 圖に示す如き結果を得た。この結果同一表面溫度であつても、厚さの變

ることによつて、その乾燥曲線の變つてゐることが認められる。鑄型が厚い程乾燥の進み方が遅い。即ち同じ深さまで乾燥するにも鑄型の厚さが大なる程時間を多く要する。依つて鑄型の厚さと完全乾燥に要する時間とは比例せず、鑄型の厚さが 2 倍となれば乾燥時間は 2 倍以上となるのである。

前項の 240 mm 厚さの鑄型に實驗に於ての n 曲線を求めたが、本節の實驗の場合にも同様にして n を求めたものは第 37 圖である。第 37 圖は第 18 圖と同様に n は表面溫度に無關係で深さの變化に従つて同一傾向を示すものである。そして厚さに依つて絶対値も變つてゐる。厚さが小となるに従つて、その n のばらつきも大きくなつてゐる。これは種々均一條件になし得ない點が、厚さが小なるものほど大きく響いてくるのだと思われるが、夫々前項通りそれ等の値の平均を示すべき中心線を求めて、n 曲線を一つの圖にまとめると第 38 圖の如くなるのである。この圖を一見して、 $t = \frac{K \delta^n}{T-100}$ の δ 次數 n は鑄型の厚さと深さに依つて、整然とした傾向を示すべきものではないかと考えられるのである。例えば夫々の厚さの n の最低値(即ち鑄型中心に於ける n の値)を示す點をむすぶと第 33 圖に示す點線の如くなる。第 38 圖よりこの厚さの範圍に於ける n の値を想像することは容易で、大なる誤差なしに t の計算が出来ると考えられる。



第19圖 100 mm 試驗鑄型
Fig. 19 100 mm Sand Mould Specimen

[V] 結 言

實驗の結果兩面乾燥について次のことが云えると思
う。

①鑄型の厚さが變ると同一條件の乾燥でも乾燥する
速さが異つて來る厚さの大なるもの程乾燥速さが遅
い。

②上記の關係を次式で近似的に示すことが出来る。

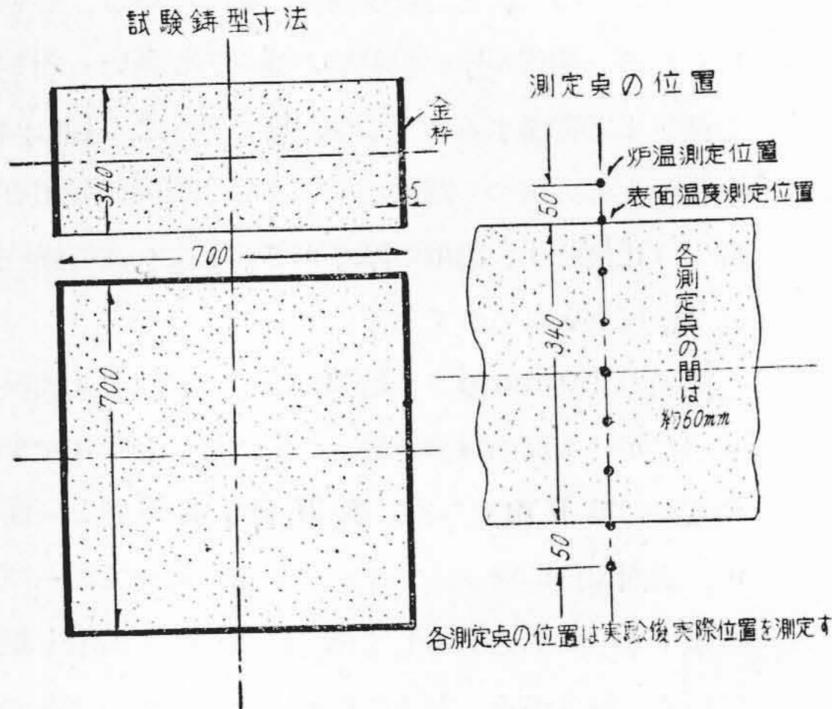
$$t = \frac{K \delta^n}{T - 100}$$

t = 乾燥時間 δ = 乾燥深さ T = 表面温度

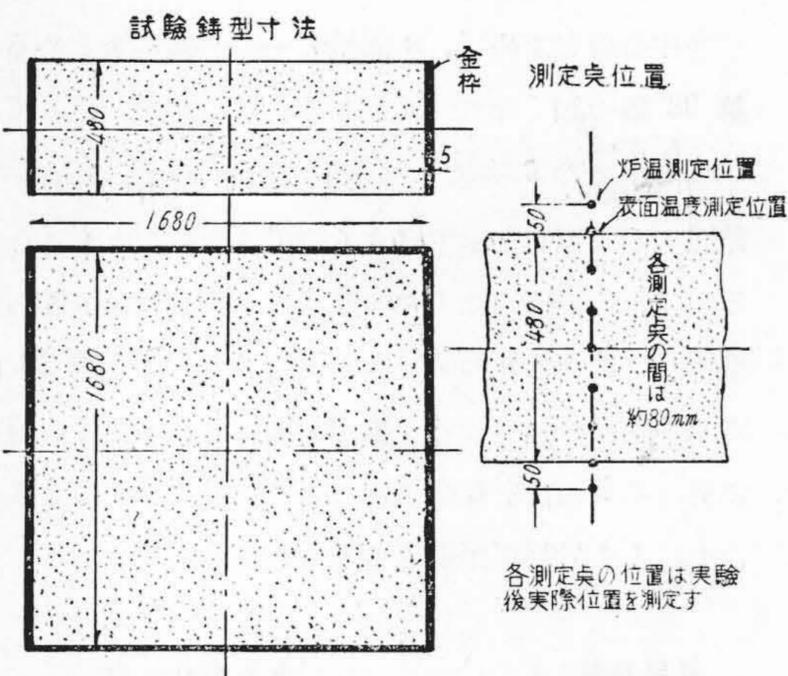
K = 常數 n = 厚さ深さによつて變る變數

但し一定の條件の濕砂について成立つ。

③ $t = \frac{K \delta^n}{T - 100}$ に於ける厚さ深さによる變數 n は實

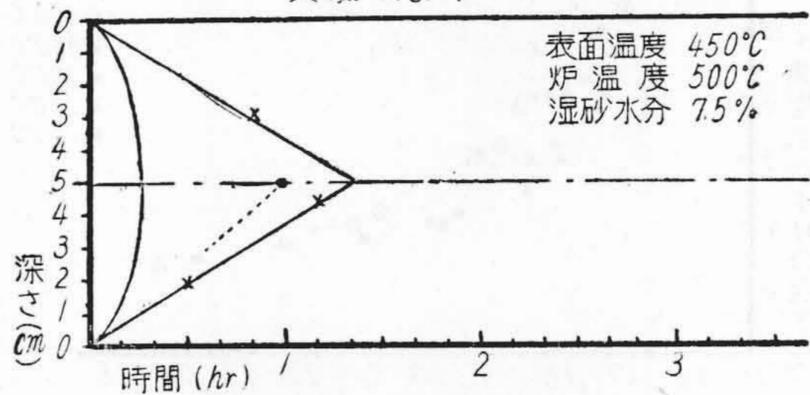


第20圖 340 mm 試驗鑄型
Fig. 20 340 mm Sand Mould Specimen.



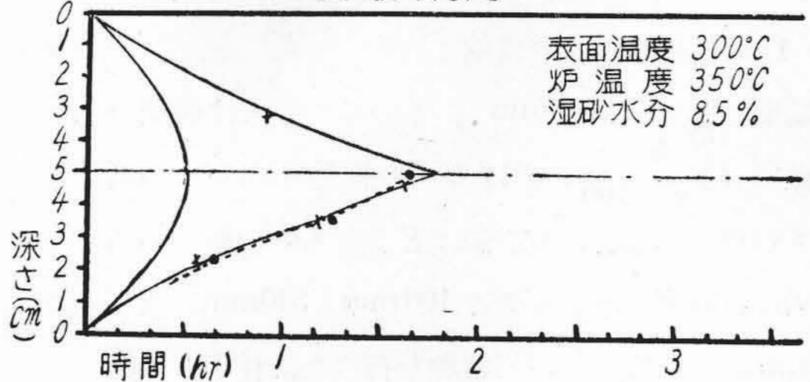
第21圖 480 mm 試驗鑄型
Fig. 21 480 mm Sand Mould Specimen.

實驗 No. 7

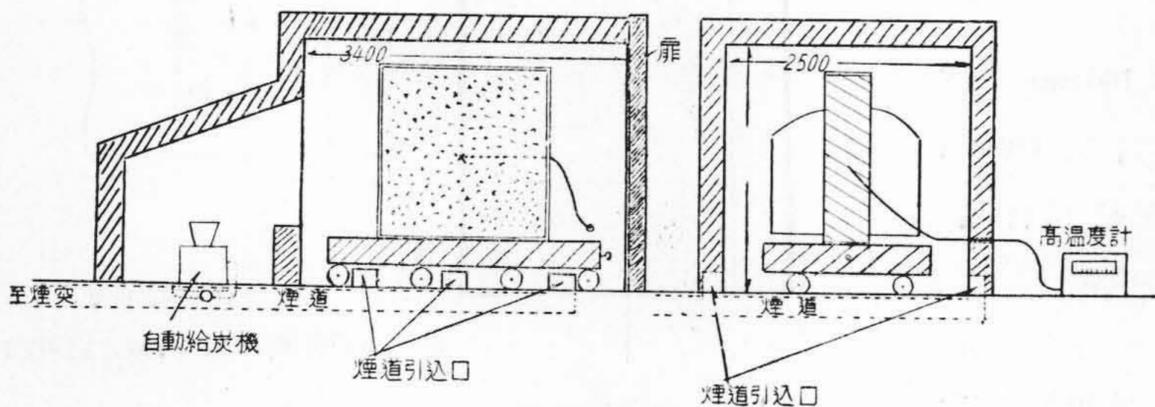


第23圖 表面温度 450°C のときの 100°C 到達曲線
と乾燥曲線 (100 mm 鑄型)
Fig. 23 Temperature Rising Curve up to 100°C and
Drying Curve in 100 mm Sand Mould when
the Temperature of its Surface is 450°C.

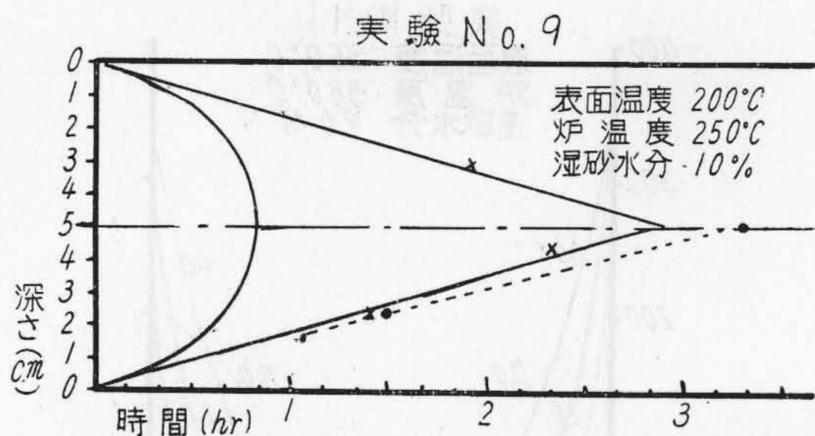
實驗 No. 8



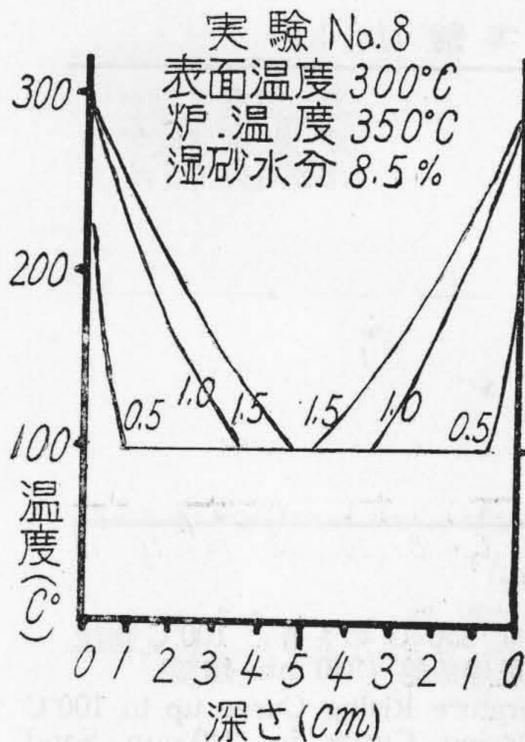
第24圖 表面温度 300°C の
ときの 100°C 到達曲線と乾
燥曲線 (100mm 鑄型)
Fig. 24 Temperature Rising
Curve up to 100°C and Drying
Curve in 100mm Sand Mould
when the Temperature of its
Surface is 300°C.



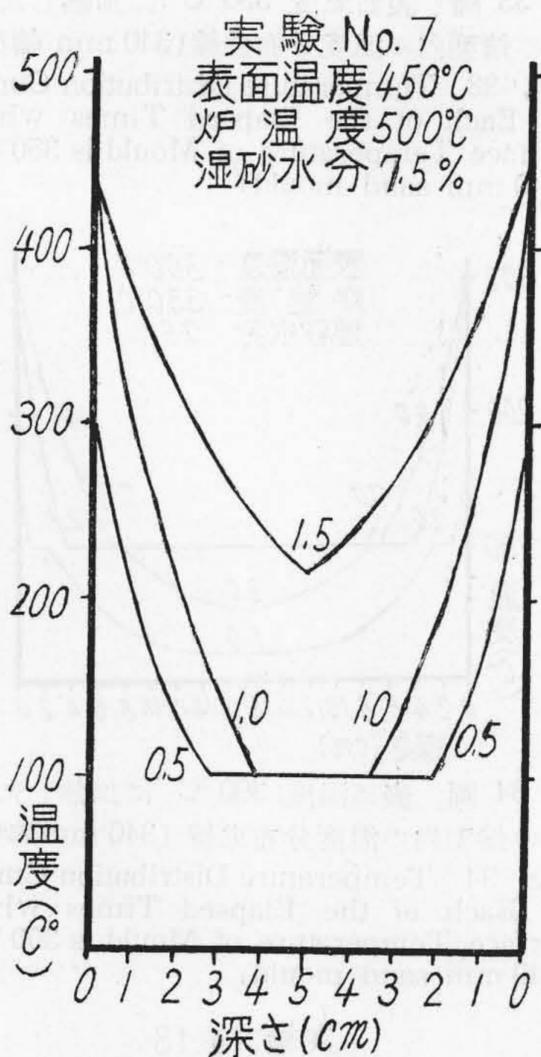
第22圖 2,500×2,500×3,400 乾燥爐
Fig. 22 2,500×2,500×3,400 Drying-oven.



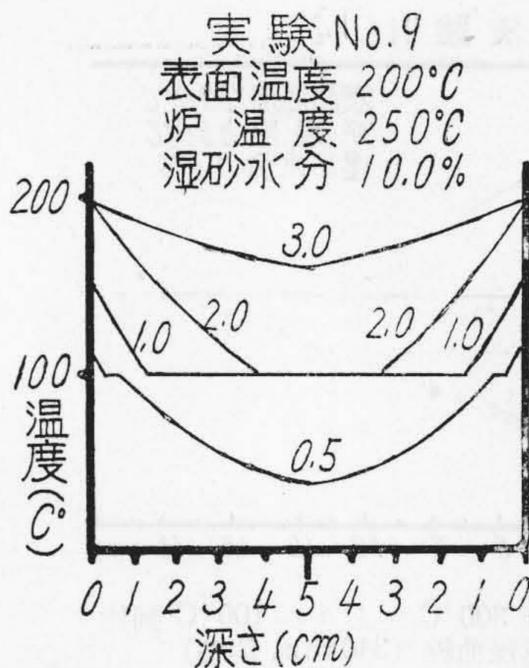
第25圖 表面温度 200°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線 (100 mm 鑄型)
 Fig. 25 Temperature Rising Curve up to 100°C and Drying Curve in 100mm Sand Mould when the Temperature of its Surface is 200°C.



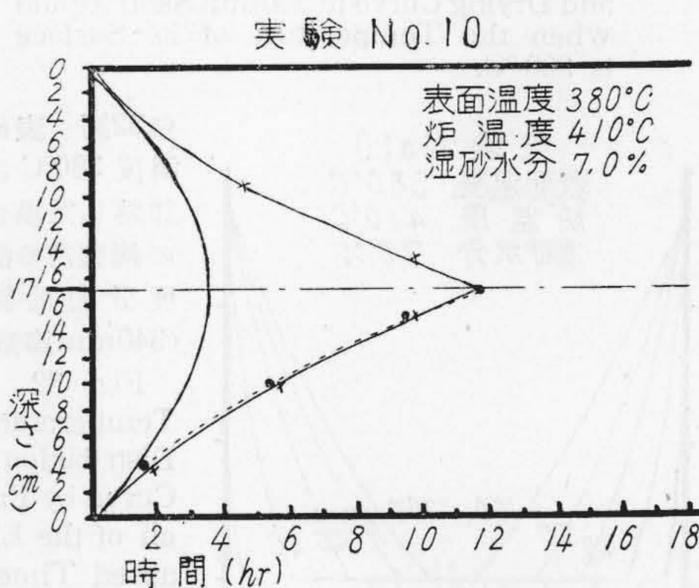
第27圖 表面温度 300°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線 (100 mm 鑄型)
 Fig. 27 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 300°C (100 mm Sand Mould).



第26圖 表面温度 450°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線 (100 mm 鑄型)
 Fig. 26 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed Times when the Surface Temperature of Mould is 450°C (100 mm Sand Mould).



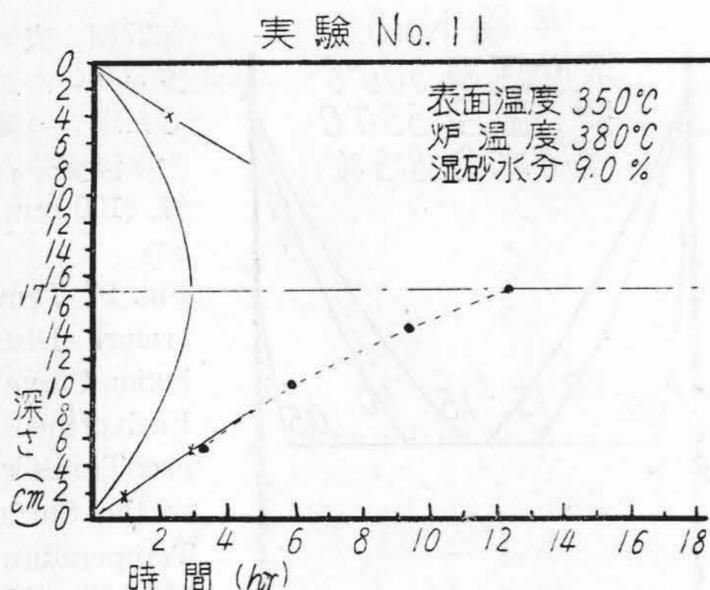
第28圖 表面温度 200°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線 (100 mm 鑄型)
 Fig. 28 Temperature Distribution Curve by Each of the Elapsed times when the Surface Temperature of Mould is 200°C (100 mm Sand Mould).



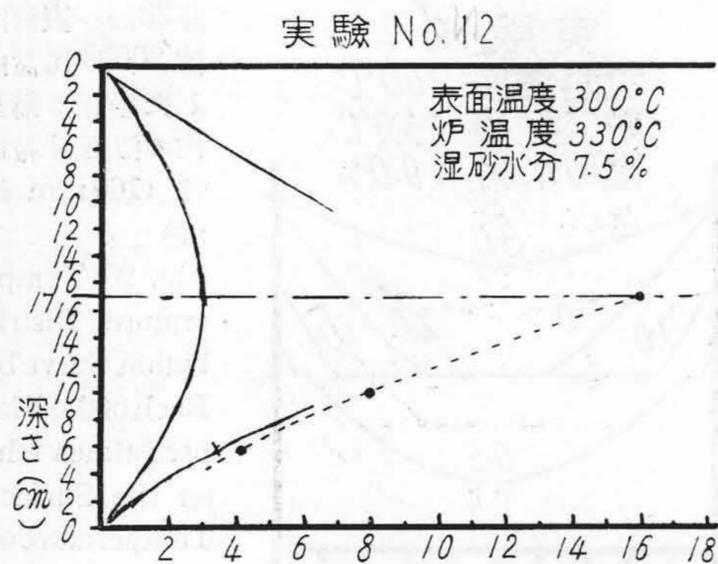
第29圖 表面温度 380°C のときの 100°C 到達曲線と乾燥曲線 (340 mm 鑄型)
 Fig. 29 Temperature Rising Curve up to 100°C and drying Curve in 340mm Sand Mould when the Temperature of its Surface is 380°C.

験の結果第 38 圖の如く求められた。

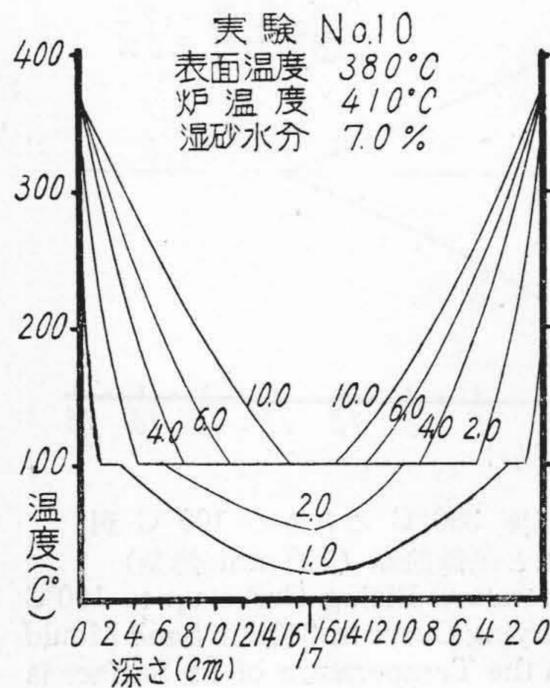
以上鑄型の平面乾燥の實驗の結果を述べた。この實驗に用いた鑄型と稱するものは單純な立方體のもので、實際の複雑な鑄型と直ちに比較することは出来ぬかもしれないが、盲目的な作業に従っていた鑄型乾燥作業に多少



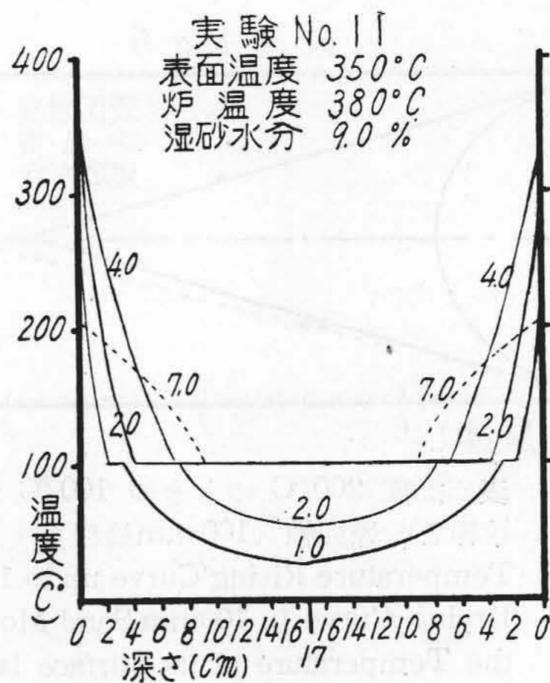
第 30 圖 表面温度 350°C のときの 100°C 到達
曲線と乾燥曲線 (340 mm 鑄型)
Fig. 30 Temperature Rising Curve up to 100°C
and Drying Curve in 340 mm Sand
Mould when the Temperature of its
Surface is 350°C.



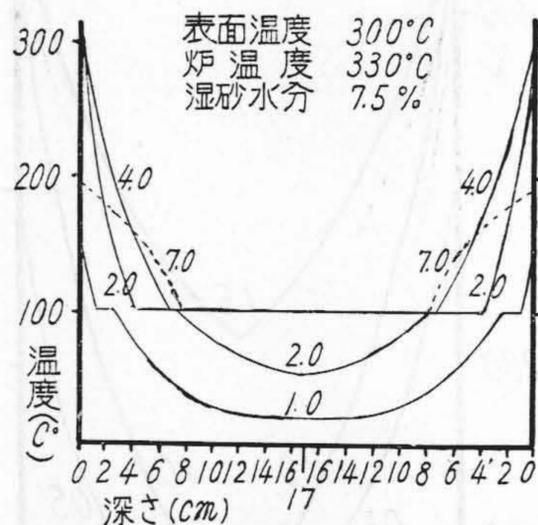
第 31 圖 表面温度 300°C のときの 100°C 到達
曲線と乾燥曲線 (340 mm 鑄型)
Fig. 31 Temperature Rising Curve up to 100°C
and Drying Curve in 340 mm Sand
Mould when the Temperature of its
Surface is 300°C.



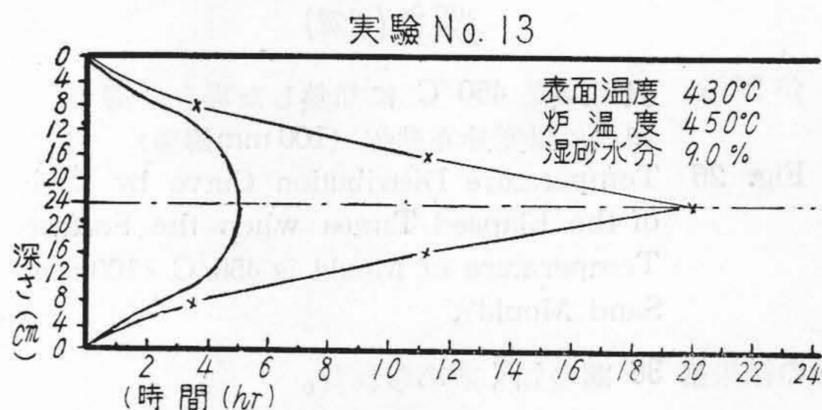
第 32 圖 表面
温度 380°C に
加熱した場合
の鑄型内の温
度分布曲線
(340mm鑄型)
Fig. 32
Temperature
Distribution
Curve by Ea-
ch of the El-
apsed Times
when Surface
Temperature of
Mould is
380°C (340 m
m Sand
Mould).



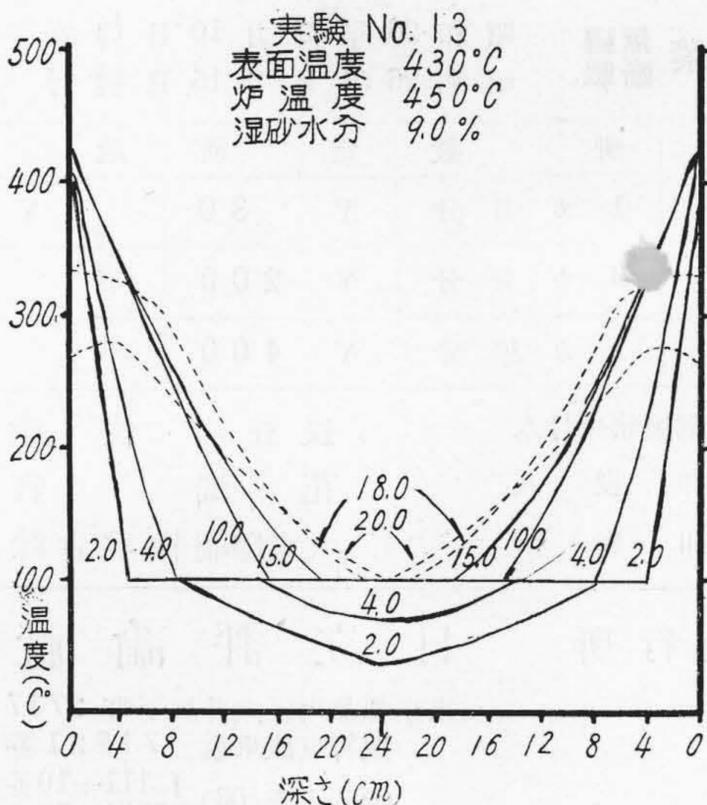
第 33 圖 表面温度 350°C に加熱した場
合の鑄型内の温度分布曲線 (340 mm 鑄型)
Fig. 33 Temperature Distribution Curve
by Each of the Elapsed Times when
Surface Temperature of Mould is 350°C.
(340 mm sand mould)



第 34 圖 表面温度 300°C に加熱した場
合の鑄型内の温度分布曲線 (340 mm 鑄型)
Fig. 34 Temperature Distribution Curve
by Each of the Elapsed Times when
Surface Temperature of Mould is 300°C.
(340 mm sand mould)

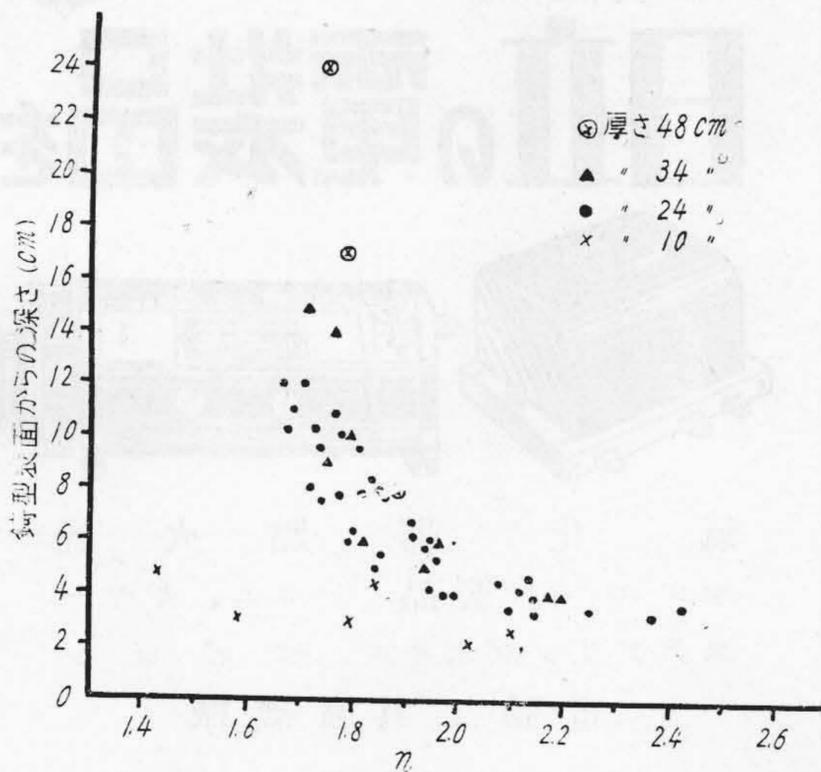


第 35 圖 表面温度 430°C のときの 480
mm 鑄型の 100°C 到達曲線と乾燥曲線
Fig. 35 Temperature Rising Curve
up to 100°C and Drying Curve in
480 mm Sand Mould when the
Temperature of its Surface is 430°C.



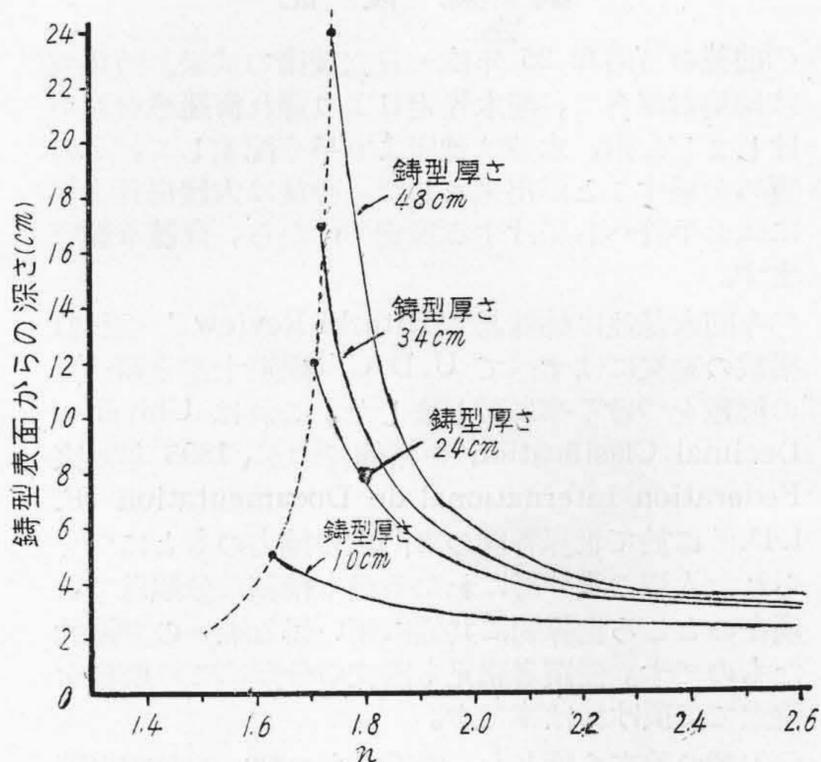
第36圖 表面温度 430°C に加熱した場合の鑄型内の温度分布曲線 (480mm 鑄型)

Fig. 36 Temperature Distribution Curve Each of Elapsed Times by when Surface Temperature of Mould is 430°C. (480 mm Sand Mould)



第37圖 鑄型の厚さ又は深さの變化に對する n の値

Fig. 37 Relation between δ and n in Each of the Sand Moulds Having Various Thickness.



第38圖 δ - n 曲線

Fig. 38 δ - n Curve by Each Size.

なりと目標となれば幸である。猶この關係式の中の K の問題や第1報に述べた、 t (乾燥時間) と加熱時間の關係等未知な事柄が多く残つていたので、この次の機會に實驗を進める考である。

終りに本研究に御指導、御鞭撻を戴いた龜有工場小堀研究課長。西山材研係長他各位に對して深甚の謝意を表するものである

參考文獻

- (1) 日立評論 32, 698 (昭 25.7)

(第 46 頁よりつづく)

究所長小柴定雄博士、製造部長矢野武彦氏等の御指導に對し深甚なる感謝の意を表する次第である。

參考文獻

- (1) 長谷川：“砂鐵” 昭 14
- (2) 中村：安來研報、532. 昭 25.5.