

# 鑄物砂の管理

その1 粒度の管理について

その2 「にぎり」について

Molding Sand Control

Part 1 On Control of Grain Fineness

Part 2 On Grasp Test

鈴木敏彦\*

## 内容梗概

鑄物の精度はそれを鑄込む鑄型の精度のいかんによつてほとんど決定されるものであつて、さらにその鑄型精度はそれに使用する鑄物砂の品質とこれを成型するための搗き固め方にかかつているわけである。すなわち、鑄物の品質の保持向上は鑄物砂と搗き固め方の両者の適正な管理によつてえられるものであるということがいえるのである。

本研究ではこの目的のために実際に使用される購入砂の産地調査からはじまり、造型に至るまでの砂の調整と挙動とに検討を加え、適正な管理を行わんとするものである。

使用砂の粒度分析をした結果、従来よく知られている理論的分布（たとえば正規分布など）を適用して、その性質を説明することができるので粒度分布の実情を把握することができるようになった。また普通現場でもつとも砂の総合的な判断をする一つの手段として用いられている感覚による「にぎり」を判別函数を使用して定量的に表示することができるようになった。この点について報告することにする。

## 〔I〕 緒言

鑄物の不良におよぼす各種の要因は非常に多く、その管理の徹底を期するためには、従来より種々の努力がなされてきたのが実情である。最近のごとく大きく生産性の向上が叫ばれている折柄、各要因についての合理的管理法を至急確立させなければならぬところである。各種の要因のうち、特に鑄物砂の占める位置は大きなものの一つであり、粒度の管理は鑄物砂のほかの特性に影響をおよぼすところが大いなので、粒度をとりあげて検討を加えることにした。また現場作業でもつともてつとり早い管理法として一般に広く行われている「にぎり」の方法を検討してその意味と普通に知られている鑄物砂の特性値との間にどのような関連性があるか調べることにした。

粒度についてはまず当工場の現状を確認するために粒度の変動状況を調査し、この数字と現在当工場の購入先である愛知県野間地方の現地の砂産出状況を調査して今後入荷する砂の粒度管理の参考数字を求めることにした。

砂の「にぎり」の問題は従来より現場的に確実な方法として採用され実際の管理の基礎となつている。非常に利用価値が高い反面その判定の根拠が曖昧であると思われるが、判別函数を用いて検討を進めた結果、定量的に表現することがまったく不可能ではないという予想がみられるのであわせて報告する。

\* 日立金属工業株式会社桑名工場

## 〔II〕 粒度の管理について

### （1） 粒度の表示法について

粒度を表示するためには標準篩により直接篩分けた砂粒について平均の粒子の径と、その分布で表わすわけであるが、実際にはその表示法は十数種もあり、大別しても 1. ヒストグラム法 2. 累加ヒストグラム法 3. 分散曲線法 4. 累加曲線法などあり、一般に 1, 4, が比較的多く行われているようである<sup>(1)</sup>。

当工場を含み一般にもつとも行われている方法は横軸に粒度の大小を示す篩番号をとり、縦軸に各篩にのこつた重量を%であらわすヒストグラム法であるが、多くの砂の粒度を定量的に比較するには繁雑なために粒度の分布について、文献<sup>(2)(3)(4)</sup>を調査したところ、鑄物砂のごとき粒体については、つぎのごとく考えてよいことがあきらかになつた。

実測された粒度分布をすでに特性がいろいろ知られている理論的分布に近似させることは、粒度に関する情報を集約して以後の取扱いを容易にするという点から考えても、また粒度を種々のほかの要因との相関々係をしらべる上でも参考となるところ多く、また粒度自体の生成の原因を探究して粒度の管理を行うために技術的な参考資料としてもその価値が大となる。

理論的分布に近似させると、目標を適当に選ぶことによつて分布を直線であらわすことが可能となり、したがつてその分布をあらわすために直線の位置と傾斜によつて十分に分布を表現できると思われる。

一般に広く適用されている分布は、つぎの三つになることが、経験上あきらかにされている。

- すなわち 1) 正規分布 2) 対数正規分布  
3) Rosin-Rammler 分布, である。

(A) 正規分布

正規分布であるかどうかは正規確率紙を使用して、横軸上に粒子の直径をとり縦軸に各粒度における重量の累積値をとつてプロットした折線が直線になるか、どうかによつて正規分布であるか、どうかをみればその分布のぞくする型の推定ができる。

実際には完全な直線になることはほとんどなく、正確には適合度の検定をすることが必要であるが、粒度分布の測定自身もかなりの誤差を含んでいるものであるから少数の試料について検定することは大して意味がない。むしろ粒度分布をくりかえすことによつて直線からのはずれ方に規則性があるかどうかを観察した方がよい。

(B) 対数正規分布

これは粒子の直径を正規確率紙に対数目盛で目盛つた場合に正規型となる分布で、横軸に対数目盛、縦軸に確率目盛をとつている。

一般には正規分布よりも適用範囲は広く、鑄物砂程度の粗さの粒体では、この分布の型に近いようである。

対数正規分布はつぎの形であらわされる。

粒子の直径を  $X$  とすると、

$$f = \left( \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma_t^2}}, \quad t = \log X$$

$X$  の幾何平均を  $X_g$  幾何標準偏差を  $\sigma_g$  とすると

$$f = \frac{1}{\log \sigma_g \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\log X - \log X_g)^2}{2(\log \sigma_g)^2}}$$

$\sigma_g$  は  $X_g$  と個々の値  $X$  との比の標準偏差であつて  $\log X$  の標準偏差となる。

(C) Rosin-Rammler の分布

実状は上記のごとき型にあてはまるとはかぎらず、対数正規よりもさらに歪みかたのはなはだしい分布をしている場合があり、このような場合には Rosin-Rammler の分布の法則が適用されることが多い。

篩上積算重量 % を  $R$  粒子の径を  $X$  とすると

$$R = 100 \cdot e^{-bX^n}$$

ただし  $b$  および  $n$  は分布の形をきめる常数

2回常用対数をとると

$$\log \cdot \log \frac{100}{R} = \log b + \log \cdot \log e + n \log X$$

左辺を縦軸にとり横軸に  $\log X$  をとつたもので比較的粒度の細かい場合に適用されることが多い。

上記の3種類の分布で完全に同一種類の砂があらわされるとはかぎらず、一般には粒度分析の結果、粗い部分と細粒の部分とが直線にのらないことが多い。

その場合、分布が直線に対して上方に凸のある場合、下方に凸のある場合、S字型となる場合、逆S字型になる場合、などにわかれるが多くの粒度分析を繰り返すことにより、傾向と分布の特質がわかるようになる。

(D) 確率紙を使用する表示法と従来の表示法との関係  
完全に正規分布をしている場合には正規確率紙上では完全に直線となり、縦軸の50%を通る横線と記入した直線との交点の横軸の読みが平均値にひとしくなる。

なぜならば、

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{t^2}{2}} dt \text{ において、}$$

ただし  $u = \frac{X_1 - \mu}{\sigma}$   $u=0$  すなわち  $100Y=50\%$  のときは

$X_1 - \mu = 0$  すなわち  $X_1 = \mu$  となる。

また標準偏差は  $\frac{1}{\sigma} = a$  すなわち  $\sigma = \frac{1}{a}$  で直線の傾斜から求められる。

すなわち、直線上の任意の2点  $(X_a, Y_a)$   $(X_b, Y_b)$  をとり、 $Y_a, Y_b$  に対応する  $u_a, u_b$  を求めると

$$\sigma = \frac{X_a - X_b}{u_a - u_b} \text{ で計算される}$$

$Y_a, Y_b$  を任意にとるかわりに

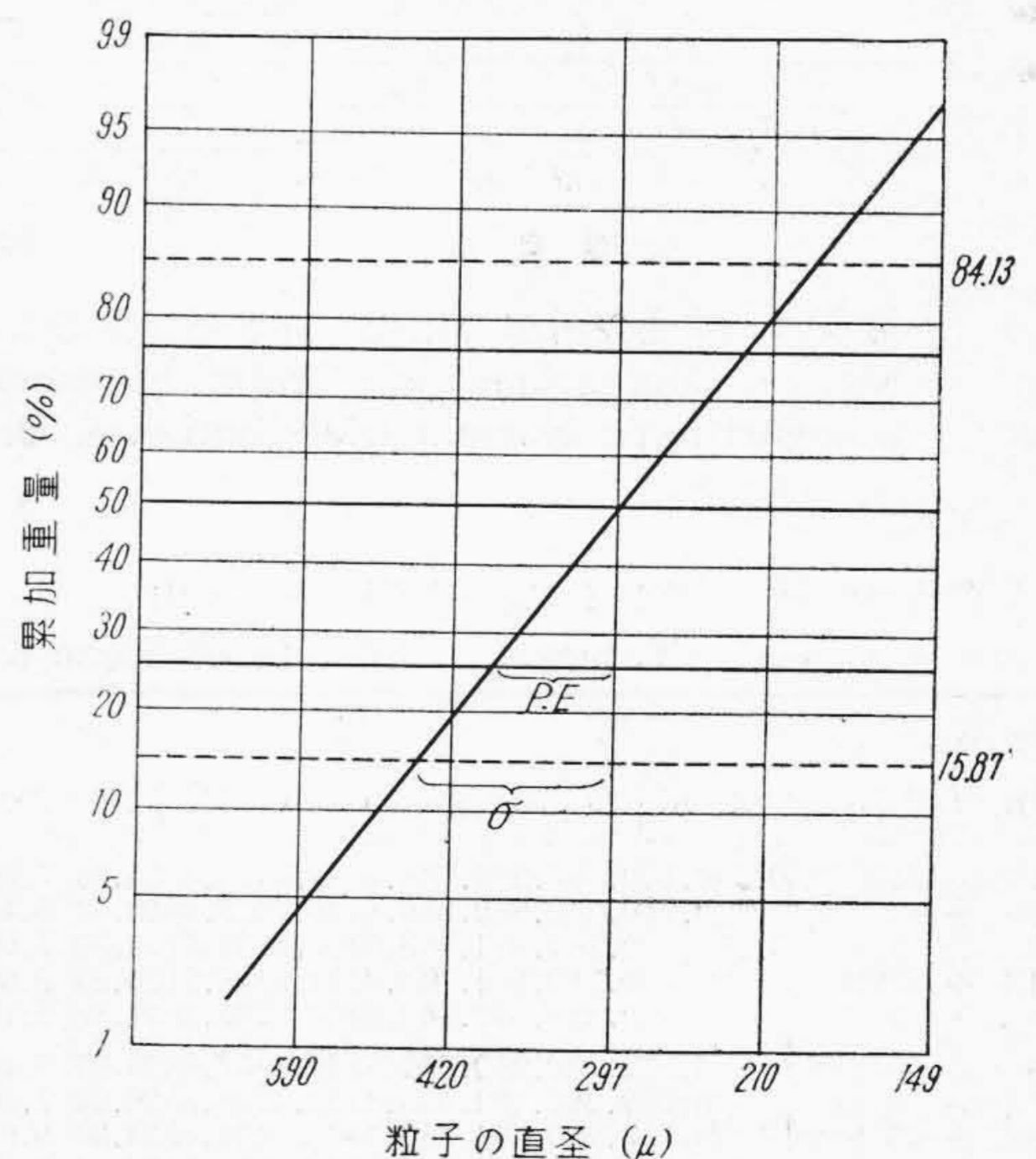
$$\left. \begin{aligned} 100Y_a &= 50 & \text{ie } u_a &= 0 \\ 100Y_b &= 15.876 & u_b &= 1 \end{aligned} \right\}$$

と求めると  $\sigma = X_a - X_b$  となる

すなわち、84.10% および 15.87% (近似的に84%, 16%) に対応する横軸の値は  $\mu + \sigma, \mu - \sigma$  となる。

もう一つの分布のひろがりであらわす方法としては Probable Error (P.E.) であらわす方法がある。

確率紙上で、上の4分位数 ( $Q_u$ ) と下の4分位数 ( $Q_L$ )



第1図 確率紙  
Fig. 1. Probability Paper

を求め  $P.E. = \frac{1}{2}(Q_u - Q_L)$  なる式であらわす。

$2 \times P.E.$  を "ひろがり" ということもある。

$P.E.$  の性質は  $\sigma$  と比例しているのので、こゝでは  $P.E.$  を利用して後の問題を扱うことにする。第1図に確率紙における  $P.E.$  と  $\sigma$  を図示する。

この確率紙であらわされる直線と従来の方法による表示法を図示すると第2図のごとくなる。直線の傾斜と位置により、分布のピークと巾が表示できることに注意されたい。

(2) 現場において使用する砂

(A) 現状について

(a) 作業別による砂の種類

新しく購入する砂は、中子用の知多硅砂と肌砂補給用の野間砂がある。野間砂は床作業用には狸山砂、機械化

作業用には奥田砂と使いわけているが、これは鑄放後比較的粒度の大きい中子用硅砂が古砂へ混入するが、その混入率は機械化作業の場合の方が大きくしたが粗粒化の傾向があると思われるので粒度の異なる狸山砂と奥田砂を使いわけているのである。

(b) 粒度分析用試料の採取

野間砂の使用量は奥田砂、狸山砂あわせて月約200トンで、かつその入荷時期は毎月上旬なるために第1回に入荷したトラックのうちから4箇所にて各1kgづつ一種のサンプラー(米穀検査に使用するサシと類似の大型のもの)で試料を採取して粒度試験を行つている。

この採取方法は十分であるとは考えていない。原産地における砂の変動状況を調査の上で合理的なサンプリングの方法を考える必要がある。

中子用硅砂の一月使用量は約300トンで、入荷ごとに試料採取および粒度試験を行うのを原則としているが、種々の事情でかならずしも全部のサンプリングを行わないで、月3回採取している。

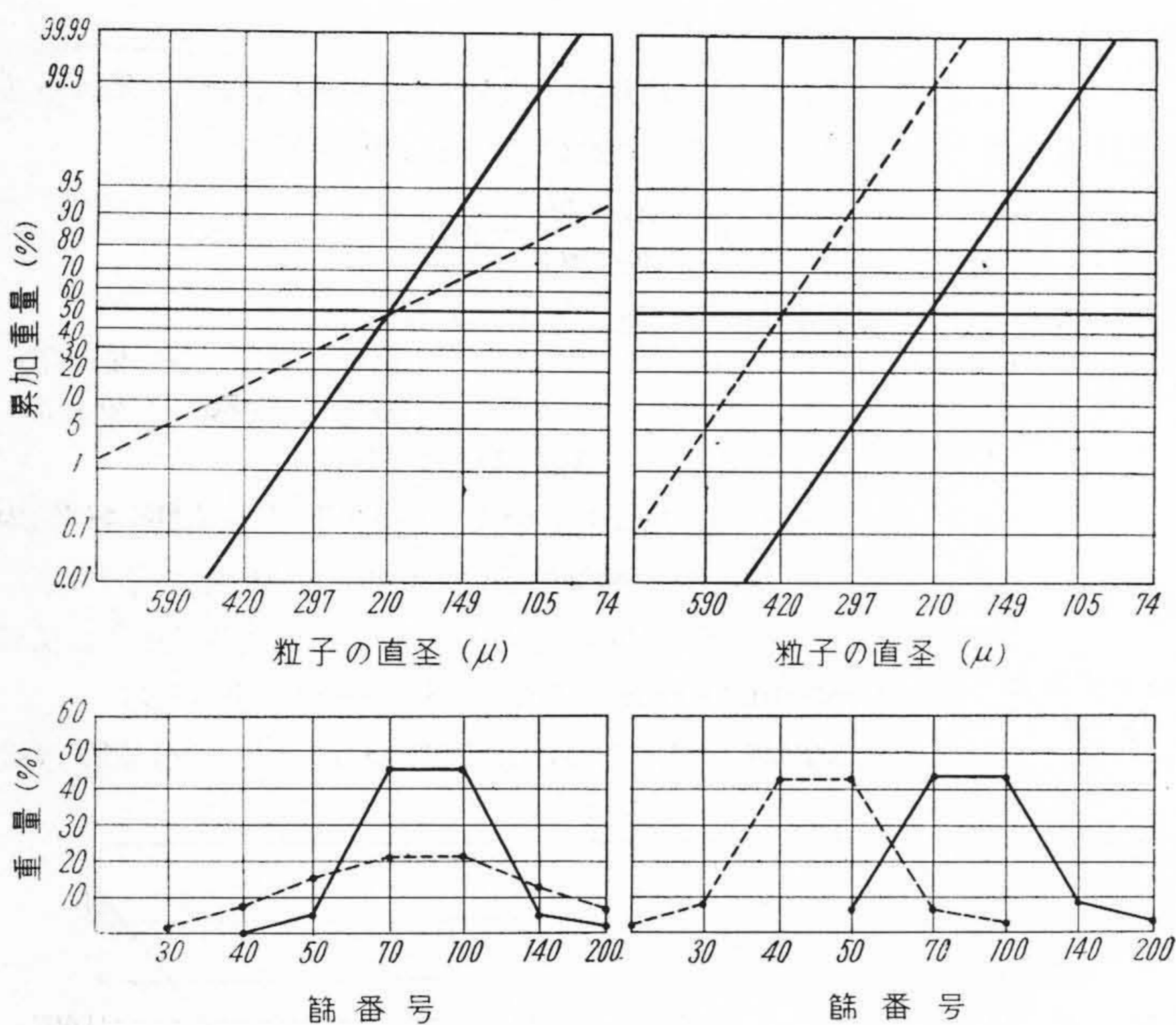
(B) 購入砂について

(a) 狸山砂

上記のごとき方法で採取した狸山砂試料の粒度試験の結果を第1表に示す。

この結果を正規分布、対数正規分布および Rosin-Rammler の分布のいずれかに属するかをたしかめたところ、対数正規分布にもつとも近いことが図示よりあきらかになつてきたので、各月ごとの採取試料を確率紙によつてみると第3図のごとくなる。

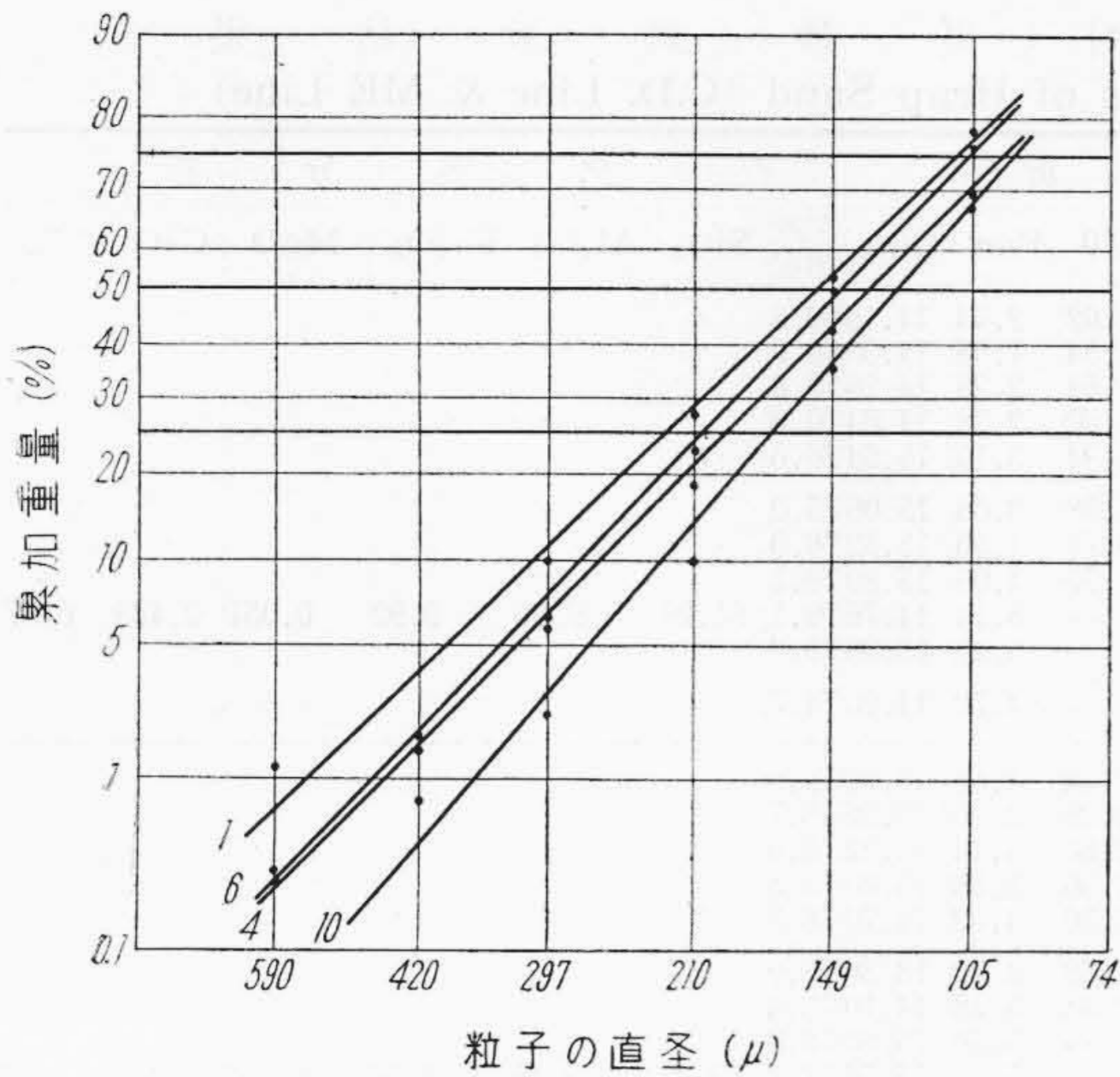
全部の試料を列挙すると図上で混乱するので、中心粒度の両端およびその中間を示した。図中の数字は試料番号



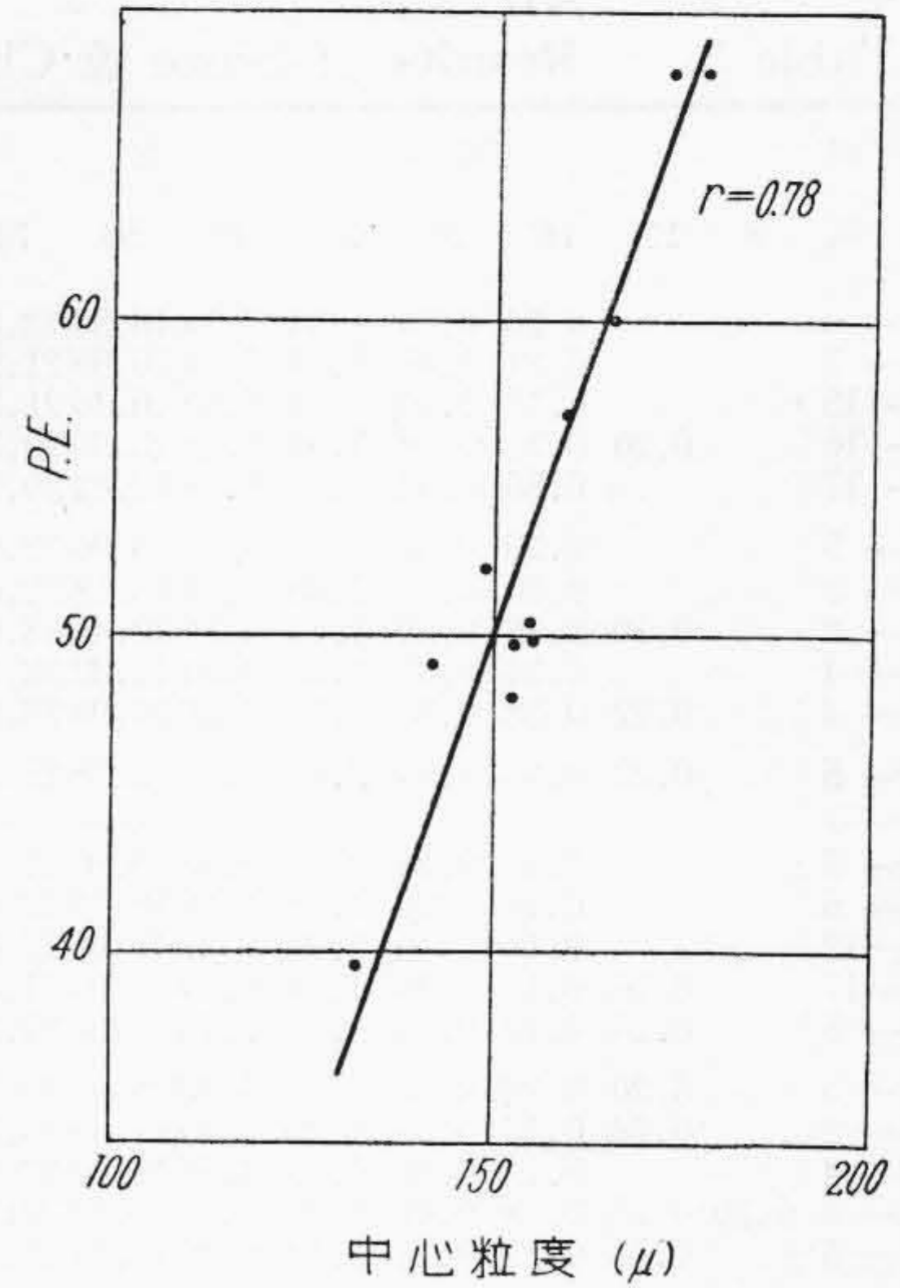
第2図 粒度表示法の比較 対数正規分布とヒストグラム  
Fig. 2. Comparison of Grain Fineness Indication Logarithmic Normal Distribution & Histogram

第1表 狸山砂試験結果  
Table 1. Results of Sieze & Chemical Analysis (Tanukiyama Sand)

| 試料番号 | 試料採取 | 粒 度 分 析 |      |      |      |      |       |       |       |       |      |      |       |       |       | 化 学 分 析 |                  |                                |                                |      |     |      |  |
|------|------|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|------|--|
|      |      | 8       | 12   | 16   | 20   | 30   | 40    | 50    | 70    | 100   | 140  | 200  | 270   | Pan   | Clay  | 粒度指数    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | CaO | I.L. |  |
| 1    | 1-21 | 0.30    | 0.14 | 0.56 | 0.22 | 3.78 | 6.24  | 13.08 | 29.42 | 24.20 | 7.20 | 1.74 | 2.06  | 10.46 | 83.7  |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 2    | 4-2  | 0.24    | 0.28 | 0.68 | 2.24 | 6.44 | 16.44 | 29.98 | 23.08 | 6.44  | 1.68 | 1.98 | 10.42 | 81.4  |       |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 3    | 4-9  | 0.18    | 0.28 | 0.56 | 1.96 | 6.02 | 15.54 | 33.72 | 24.30 | 7.00  | 1.52 | 1.64 | 7.3   | 87.8  |       |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 4    | 4-13 |         | 0.14 | 0.28 | 1.10 | 4.30 | 11.30 | 25.74 | 26.24 | 9.60  | 3.00 | 4.30 | 14.00 | 98.0  |       |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 5    | 5-4  |         | 0.22 | 0.40 | 0.34 | 2.94 | 17.74 | 36.30 | 21.80 | 5.48  | 1.78 | 2.54 | 10.86 | 85.3  |       |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 6    | 6-10 |         | 0.10 | 0.10 | 0.28 | 0.76 | 2.50  | 18.00 | 37.60 | 20.60 | 5.46 | 1.74 | 2.74  | 10.10 | 85.2  |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 7    | 7-5  |         | 0.10 | 0.24 | 0.40 | 1.00 | 3.44  | 13.40 | 31.30 | 26.94 | 7.20 | 2.04 | 3.60  | 10.34 | 91.0  |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 8    | 8-25 |         | 0.12 | 0.26 | 0.60 | 1.46 | 3.16  | 13.88 | 31.40 | 24.30 | 6.84 | 2.26 | 3.94  | 11.72 | 91.8  |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 9    | 9-6  | 0.04    | 0.08 | 0.14 | 0.30 | 0.80 | 3.50  | 10.00 | 31.74 | 26.00 | 8.38 | —    | 6.14  | 12.86 | 97.7  |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 10   | 9-7  |         | 0.20 | 0.24 | 0.50 | 1.68 | 5.60  | 24.48 | 34.00 | 12.00 | —    | 8.20 | 13.10 | 110.7 |       |         |                  |                                |                                |      |     |      |  |
| 11   | 10-7 |         | 0.24 | 0.60 | 1.64 | 4.88 | 9.90  | 24.90 | 26.98 | 9.70  | —    | 7.80 | 13.44 | 91.2  | 80.76 | 11.89   | 1.37             | 0.145                          | 0.368                          | 4.65 |     |      |  |



第3図 狸山砂の粒度  
Fig. 3. Grain Fineness of Tanukiyama Sand



第4図 中心粒度と P.E. の関係 (狸山砂)  
Fig. 4. Relation between Mean Grain Fineness & Probable Error (Tanukiyama Sand)

を示す。

この図において50%点の横線と分布を示す直線の交点が中心粒度を示すわけであり、この直線の傾斜が粒度分布のひろがりを示す。この図では直線が左方へゆくにしたがつて傾斜が小になる。すなわち中心粒度が大きくなるにつれて傾斜が大きくなっている。いま、累加重量25%および75%を示す線と分布線の交点より求める P.E. を利用して、この直線の傾斜と中心粒度の関係を求めると第4図のごとくになる。

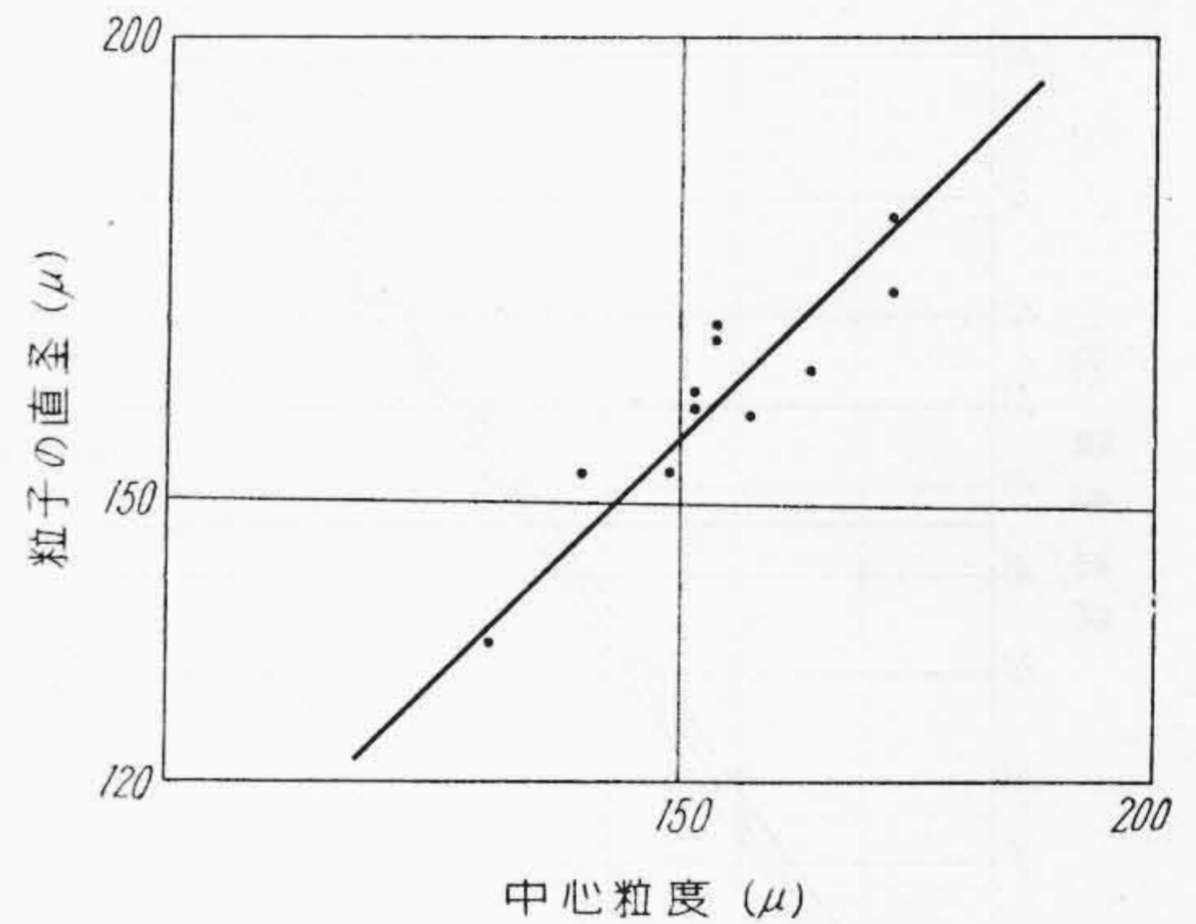
第4図では、縦軸に P.E.、横軸に中心粒度をあらわしているが、図のごとく相関々係を示しており、中心粒度が大きくなるにつれて傾斜が小になる。すなわち分布のひろがりが大になり、中心粒度が小さくなると傾斜が急になり分布のひろがりが小さくなることを示している。

この中心粒度は毎度確率紙を使用して作図して見なければわからぬので手数がかかる。そこで中心粒度と粒度分析した結果よりえた平均粒度（粒子の径に換算してある。粒度指数と同じである）との関係を示すと、第5図のごとく相関々係がある。すなわち、粒子の直径、粒度の大小とともに分布のひろがり状況も合せてみることになる。

(b) 奥田砂と知多硅砂

奥田砂と知多硅砂に同様の方法で粒度分析した結果をみると同じく対数正規分布で表示でき、したがって粒度指数の比較でことがたりるようである。

これらの結果より、野間砂、知多硅砂の粒度を管理する場合には粒度指数を管理することによつて粒度の大小および粒度分布のひろがりもおさえることができる。各



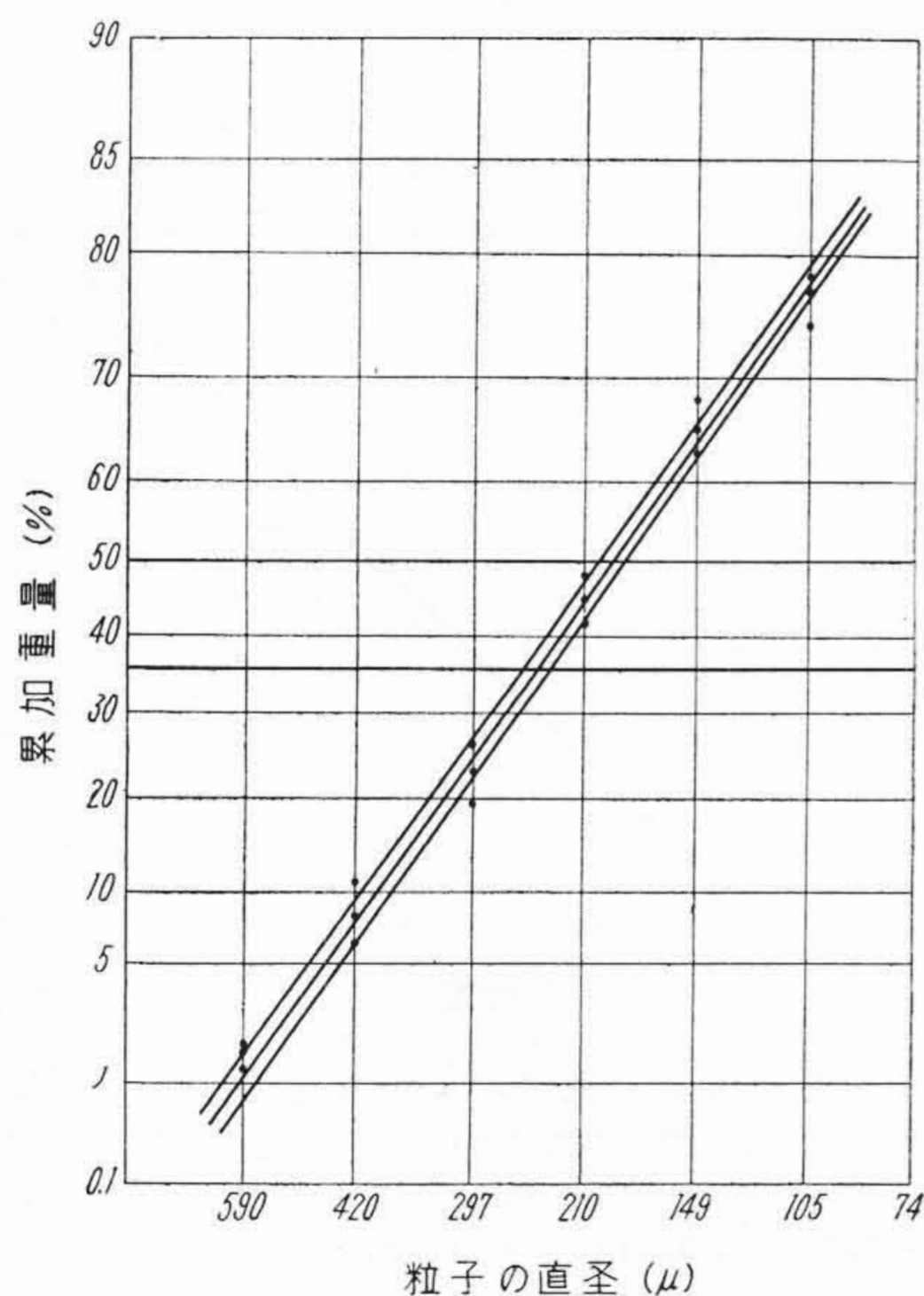
第5図 平均粒度と中心粒度との関係 (狸山砂)  
Fig. 5. Relation between Mean Grain Size (Grain Fineness Number) & Mean Grain Fineness (Tanukiyama Sand)

第2表 粒度指数, 粘土分の管理限界  
Table 2. Control Limit of Grain Fineness Number & Clay Content

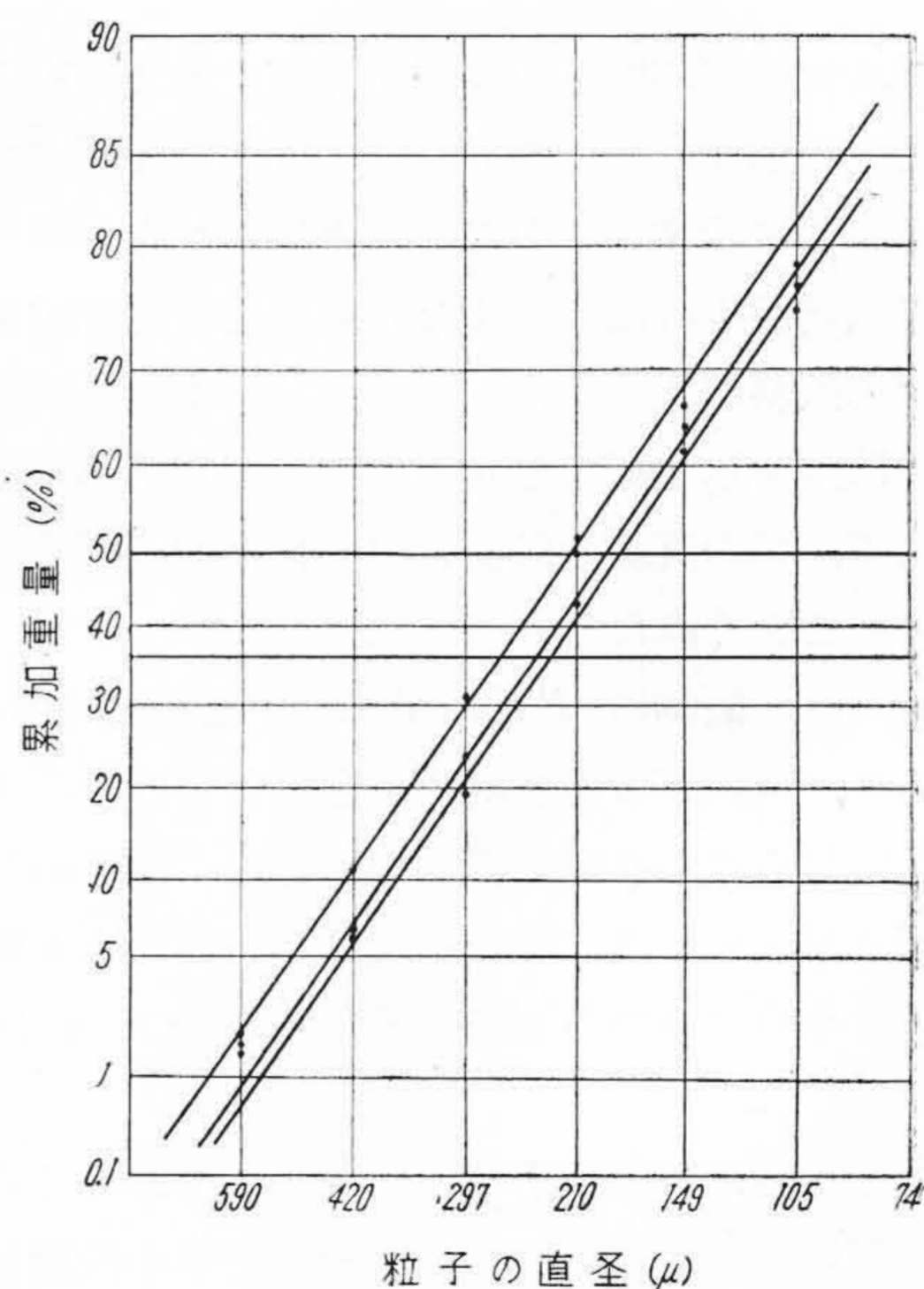
|      | 砂の種類 | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}+2\sigma$ | $\bar{x}-2\sigma$ |
|------|------|-----------|----------|-------------------|-------------------|
| 粒度指数 | 奥田砂  | 122.2     | 15.1     | 152.4             | 90.2              |
|      | 狸山砂  | 89.4      | 5.7      | 100.8             | 78.0              |
|      | 知多硅砂 | 47.7      | 4.5      | 56.7              | 38.7              |
| 粘土分  | 奥田砂  | 17.00     | 2.33     | 21.66             | 12.33             |
|      | 狸山砂  | 11.73     | 2.94     | 14.67             | 8.79              |
|      | 知多硅砂 | 0.30      | 0.06     | 0.42              | 0.18              |

第3表 CD列およびME列裏砂試験結果  
Table 3. Results of Sieze & Chemical Analysis of Heap Sand (C.D. Line & ME Line)

| 試料番号 | 試料採取 | 粒 度 分 析 |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |       | 化 学 分 析 |                  |                                |                                |       |       |      |
|------|------|---------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
|      |      | 8       | 12   | 16   | 20   | 30   | 40   | 50    | 70    | 100   | 140   | 200   | 270  | Pan  | Clay  | 粒度指数    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | CaO   | I.L. |
| CD 1 | 2-5  |         |      | 0.26 | 0.34 | 1.34 | 7.14 | 16.34 | 22.84 | 18.78 | 11.06 | 3.94  | 1.62 | 2.04 | 14.16 | 69.8    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 2    | 3-5  |         |      | 0.24 | 0.40 | 1.64 | 7.84 | 16.68 | 21.90 | 19.38 | 11.10 | 3.70  | 1.54 | 1.58 | 14.00 | 69.0    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 3    | 4-13 |         |      | 0.18 | 0.30 | 1.44 | 6.92 | 16.40 | 21.58 | 19.28 | 11.44 | 4.30  | 1.64 | 2.26 | 14.26 | 70.8    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 4    | 5-16 |         | 0.20 | 0.22 | 0.46 | 1.90 | 8.28 | 15.30 | 20.38 | 18.44 | 11.90 | 4.10  | 1.60 | 2.38 | 14.84 | 70.6    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 5    | 6-17 |         |      | 0.30 | 0.34 | 1.30 | 6.16 | 12.84 | 20.20 | 20.08 | 13.58 | 4.64  | 1.94 | 3.10 | 15.54 | 76.6    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 6    | 7-5  |         |      | 0.20 | 0.32 | 1.28 | 7.32 | 13.96 | 22.68 | 18.72 | 12.04 | 4.58  | 1.98 | 3.06 | 15.06 | 75.0    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 7    | 8-5  |         |      | 0.20 | 0.28 | 1.08 | 5.44 | 13.18 | 22.64 | 19.58 | 12.14 | 4.70  | 0.70 | 4.50 | 15.52 | 78.0    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 8    | 9-2  |         | 0.10 | 0.16 | 0.30 | 1.10 | 4.88 | 12.48 | 23.64 | 19.04 | 11.70 | 4.84  | 1.50 | 4.06 | 15.80 | 78.3    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 9    | 10-4 |         |      | 0.34 | 0.38 | 1.30 | 4.54 | 11.82 | 23.12 | 21.60 | 12.24 | 4.74  | —    | 5.14 | 14.76 | 79.1    | 81.29            | 9.83                           | 0.92                           | 0.051 | 0.439 | 6.97 |
| 10   | 11-4 |         |      | 0.22 | 0.28 | 0.38 | 1.30 | 4.20  | 10.98 | 23.90 | 21.00 | 12.24 | 4.90 | —    | 5.22  | 15.36   | 79.6             |                                |                                |       |       |      |
| 11   | 12-5 |         |      | 0.20 | 0.34 | 0.64 | 2.00 | 5.48  | 12.28 | 25.26 | 19.64 | 10.84 | 4.40 | —    | 4.70  | 14.20   | 74.7             |                                |                                |       |       |      |
| ME 1 | 3-5  |         |      | 0.14 | 0.38 | 2.08 | 9.48 | 18.94 | 20.50 | 13.64 | 9.54  | 5.00  | 2.54 | 2.68 | 15.02 | 71.0    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 2    | 4-5  |         |      | 0.10 | 0.30 | 1.78 | 8.90 | 18.10 | 20.44 | 14.30 | 10.30 | 4.98  | 2.28 | 2.90 | 15.36 | 76.7    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 3    | 5-12 |         |      | 0.16 | 0.40 | 2.06 | 9.54 | 17.08 | 17.82 | 14.44 | 10.66 | 5.58  | 2.60 | 3.44 | 16.22 | 75.6    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 4    | 6-17 |         | 0.26 | 0.18 | 0.26 | 1.34 | 6.74 | 15.04 | 21.00 | 16.18 | 12.08 | 5.74  | 2.56 | 3.38 | 15.20 | 75.5    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 5    | 7-5  |         |      | 0.14 | 0.14 | 0.28 | 1.20 | 6.16  | 14.68 | 22.20 | 17.78 | 11.00 | 5.36 | 2.30 | 4.02  | 14.70   | 78.3             |                                |                                |       |       |      |
| 6    | 8-5  |         |      | 0.20 | 0.20 | 0.28 | 1.14 | 5.98  | 16.48 | 25.10 | 16.40 | 10.34 | 4.94 | 2.68 | 3.00  | 13.36   | 72.9             |                                |                                |       |       |      |
| 7    | 9-2  |         |      | 0.24 | 0.18 | 0.30 | 1.20 | 5.44  | 17.44 | 25.70 | 17.00 | 9.28  | 4.48 | 2.04 | 3.48  | 14.10   | 73.4             |                                |                                |       |       |      |
| 8    | 10-4 |         |      | 0.12 | 0.28 | 1.30 | 4.50 | 11.58 | 22.60 | 21.94 | 11.80 | 4.72  | —    | 5.50 | 15.60 | 78.9    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 9    | 11-4 | 0.20    | 0.10 | 0.18 | 0.48 | 1.40 | 4.76 | 11.94 | 24.20 | 19.40 | 11.64 | 5.08  | —    | 5.04 | 15.56 | 78.3    | 79.47            | 9.45                           | 1.54                           | 0.052 | 0.552 | 7.60 |
| 10   | 12-5 |         |      | 0.04 | 0.14 | 0.44 | 2.14 | 6.96  | 15.74 | 26.04 | 15.84 | 8.96  | 1.18 | —    | 8.20  | 14.26   | 79.6             |                                |                                |       |       |      |
| 11   | 1-28 |         |      | 0.18 | 0.30 | 1.48 | 8.80 | 17.38 | 19.50 | 15.58 | 10.74 | 5.68  | 2.50 | 2.50 | 15.36 | 74.1    |                  |                                |                                |       |       |      |
| 12   | 2-28 |         |      | 0.04 | 0.32 | 1.64 | 9.98 | 19.20 | 20.38 | 14.20 | 9.74  | 5.14  | 2.38 | 2.38 | 14.60 | 72.5    |                  |                                |                                |       |       |      |



第6図 (CD列) 小型機用裏砂の粒度  
Fig. 6. Grain Fineness of Heap Sand (C.D. Line)



第7図 (ME列) 機械化小型機用裏砂の粒度  
Fig. 7. Grain Fineness of Heap Sand (ME Line)

砂について粒度指数の変動状況を示すと第2表のごとくになる。

第2表では、野間砂の粒度指数とともに粘土分の変化も注意する必要があるので、あわせて同一時期における粘土分の平均値と変動を求めた。

(C) 各作業場の使用砂について

新入荷砂の実情は上述のごとくであるが、鑄造工場において循環する裏砂は直接鑄物の外観へ影響をおよぼすので裏砂の管理は軽視できない。実際に現場にて使用する

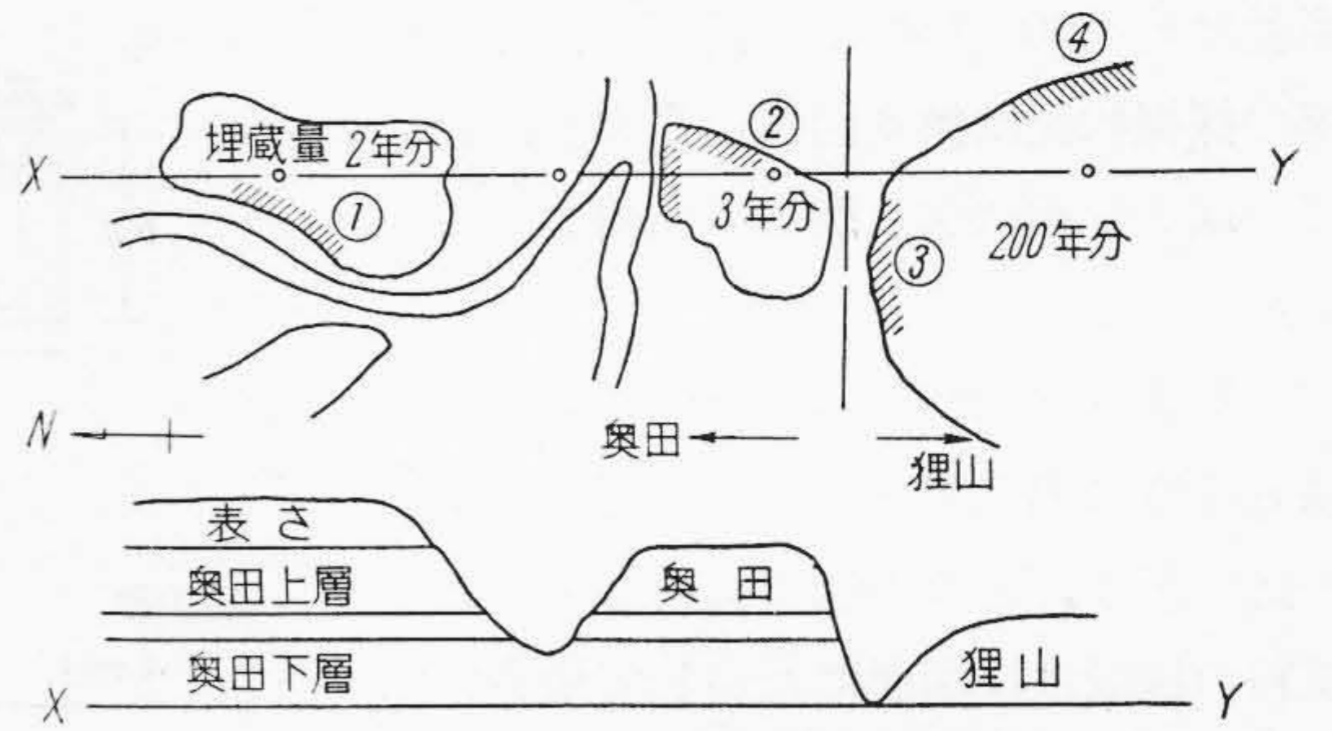
る裏砂の粒度の変動状況は対数正規分布よりも、むしろ Rosin-Rammler の分布に近似することが粒度分析の結果、あきらかとなつた。各列の粒度分析の結果を第3表第6図、第7図に示す。

第6図では Rosin-Rammler 分布によると新砂の場合のごとく P.E. という言葉を使わないで、 $\log \cdot \log \frac{100}{R} = e$  なる値、すなわち、36.8% のときに示される値を絶対粒度ということがあるのでこれを利用することにする。

図でもわかるように変動は非常に少なくて、かつ中心粒

第4表 各作業列裏砂の粒度指数の管理限界  
Table 4. Control Limit of Grain Fineness Number of Heap Sand (All Lines)

| 粒度指数           | 砂の種類           | $\bar{x}$     | $\sigma$ | $\bar{x}+2\sigma$ | $\bar{x}-2\sigma$ |
|----------------|----------------|---------------|----------|-------------------|-------------------|
|                |                | 床作業中型機用 (AB列) | 75.8     | 4.1               | 84.0              |
| 床作業小型機用 (CD列)  | 74.7           | 4.0           | 82.7     | 66.7              |                   |
| 機械化加圧機用 (MAB列) | 72.1           | 3.8           | 79.7     | 64.5              |                   |
| 機械化小型機用 (ME列)  | 75.6           | 2.8           | 81.2     | 70.0              |                   |
|                |                | 74.6          | 3.7      | 82.0              | 67.2              |
| 粘土分            | 床作業中型機用 (AB列)  | 15.22         | 0.73     | 16.68             | 14.49             |
|                | 床作業小型機用 (CD列)  | 14.89         | 0.61     | 16.61             | 13.67             |
|                | 機械化加圧機用 (MAB列) | 13.63         | 0.93     | 15.59             | 11.77             |
|                | 機械化小型機用 (ME列)  | 14.95         | 0.78     | 16.59             | 13.39             |
|                |                | 14.67         | 0.77     | 16.21             | 13.13             |



(注) 図の中の①は1地区, ②は2地区, ③は3地区, ④は4地区である  
第8図 野間砂産地の状況  
Fig. 8. Illustration of the Place of Origin (at Noma)

度のひろがりにはあまり影響を受けていない。すなわち、各作業場ごとの裏砂の粒度の変化は少いとみてよい。各作業場別の粒度指数の変動の平均値と標準偏差を求めると、第4表のごとくであるがこれらについて、平均値の差の検定および分散の均斉性の検定をしても差は認められないようである。各作業場別による裏砂の粒度の差はないと考えられるので、これらについては区別しないで裏砂として全般を考えればよいと思われる。粘土分についても同様のことがいえる。

(3) 野間砂原産地の調査の結果について

現在入荷時の砂の粒度の管理状況と各作業場ごとの使用砂の粒度の管理状況は上述のごとくである。さしあたって現在は、この範囲で作業をしているのであるが、今後購入する砂の粒度分布および粘土分について一応の調査をしておく方が今後入荷すると思われる砂の性質の予想もできると考え、野間の原産地の状況を検分すること

にした。

野間では山間部で狸山砂、奥田砂を地区別にして採掘しており、珪砂は海岸部で採取している。狸山と奥田というのは隣接している字名であつて、道路を一つへだてて狸山砂と奥田砂と区別している。

野間砂の産出地の地形は第8図に示す通りである。

現在採掘しているのは図のうちの1地区、2地区、3地区および4地区である。

1地区では奥田上層、奥田下層と区別して主として軽合金用に使用されているとのことであり、また2地区はいわゆる奥田砂として採掘している箇所である。また狸山砂の産地は広大で3地区および4地区はその採掘をはじめた一部分であり、その埋蔵量は約200年もあるといわれている広大な地域である。

(A) 奥田砂の産地について

2地区で採掘しているのであるが、当工場の月平均使

第5表 現地奥田砂試験結果  
Table 5. Results of Sieze & Chemical Analysis (Okuta Sand at Noma)

| 試料番号 | 粒度分析 |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 化学分析  |                  |                                |                                |       |       |      |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
|      | 8    | 12   | 16   | 20   | 30   | 40    | 50    | 70    | 100   | 140   | 200   | 270   | Pan   | Clay  | 粒度指数  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | CaO   | I.L. |
| 2101 |      | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.10 | 0.22  | 0.58  | 3.30  | 40.84 | 33.82 | 7.02  | 4.72  | 1.86  | 4.40  | 90.2  | 82.84            | 12.09                          | 1.31                           | 0.152 | 0.513 | 2.75 |
| 2102 |      |      | 0.02 | 0.12 | 0.44 | 1.28  | 2.38  | 10.96 | 45.70 | 24.96 | 5.28  | 1.60  | 1.14  | 6.30  | 83.0  | 84.04            | 11.19                          | 1.31                           | 0.123 | 0.570 | 2.41 |
| 2103 |      |      | 0.04 | 0.08 | 0.52 | 3.32  | 10.12 | 11.14 | 15.62 | 14.52 | 13.04 | 9.36  | 7.84  | 14.46 | 112.9 | 81.92            | 12.87                          | 1.47                           | 0.152 | 0.400 | 3.00 |
| 2104 |      | 0.04 | 0.06 | 0.14 | 0.24 | 0.30  | 0.64  | 3.18  | 24.30 | 28.58 | 15.92 | 8.00  | 4.38  | 14.16 | 115.4 | 78.78            | 14.99                          | 1.47                           | 0.174 | 0.570 | 3.67 |
| 2105 |      |      | 0.04 | 0.36 | 2.38 | 18.04 | 29.30 | 8.90  | 10.24 | 7.14  | 7.00  | 3.54  | 3.30  | 9.66  | 70.1  | 84.22            | 10.61                          | 1.31                           | 0.123 | 0.741 | 2.65 |
| 2106 |      |      |      | 0.04 | 0.06 | 0.18  | 0.52  | 2.86  | 38.20 | 12.10 | 33.60 | 3.14  | 1.74  | 7.52  | 107.2 | 81.84            | 12.45                          | 1.63                           | 0.196 | 0.684 | 2.94 |
| 2107 |      |      | 0.12 | 0.20 | 0.20 | 0.40  | 1.12  | 3.34  | 24.60 | 28.04 | 21.62 | 6.70  | 3.90  | 9.74  | 114.1 | 81.28            | 13.23                          | 1.47                           | 0.094 | 0.684 | 3.00 |
| 2108 |      |      |      | 0.02 | 0.12 | 0.78  | 2.06  | 2.06  | 7.96  | 19.80 | 22.64 | 15.44 | 10.30 | 18.76 | 137.4 | 78.00            | 15.30                          | 1.96                           | 0.157 | 0.798 | 3.62 |
| 2109 |      |      | 0.06 | 0.30 | 0.84 | 3.84  | 10.28 | 7.20  | 26.60 | 25.22 | 9.44  | 2.84  | 2.74  | 10.62 | 89.5  | 83.56            | 11.29                          | 1.47                           | 0.107 | 0.400 | 2.99 |
| 2110 |      | 0.10 | 0.06 | 0.26 | 0.46 | 0.88  | 2.20  | 1.90  | 16.42 | 21.18 | 16.94 | 4.30  | 4.74  | 30.54 | 117.3 | 77.44            | 15.54                          | 2.12                           | 0.051 | 0.456 | 4.23 |
| 2201 |      |      | 0.02 | 0.06 | 0.12 | 0.20  | 0.44  | 1.88  | 33.04 | 38.24 | 9.42  | 5.04  | 2.14  | 8.88  | 102.0 | 83.04            | 11.51                          | 1.47                           | 0.138 | 0.570 | 2.95 |
| 2202 |      |      | 0.06 | 0.14 | 1.02 | 13.96 | 35.38 | 16.28 | 14.34 | 3.66  | 7.98  | 1.36  | 1.10  | 4.64  | 60.4  | 88.90            | 7.58                           | 0.98                           | 0.073 | 0.570 | 1.60 |
| 2203 |      |      | 0.06 | 0.06 | 0.24 | 1.60  | 4.90  | 4.18  | 12.54 | 15.28 | 13.94 | 13.12 | 12.18 | 21.80 | 14.2  | 79.98            | 13.29                          | 1.79                           | 0.181 | 0.627 | 3.64 |
| 2204 |      |      | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.12  | 0.28  | 1.46  | 33.00 | 36.98 | 13.50 | 3.14  | 2.82  | 8.56  | 103.5 | 82.74            | 11.99                          | 1.47                           | 0.210 | 0.912 | 2.63 |
| 2205 |      |      | 0.02 | 0.08 | 0.41 | 2.50  | 7.42  | 7.70  | 26.36 | 21.76 | 9.50  | 5.36  | 5.28  | 13.52 | 101.5 | 83.96            | 11.03                          | 1.47                           | 0.159 | 0.684 | 2.61 |
| 2206 |      |      |      | 0.02 | 0.10 | 0.24  | 0.96  | 13.04 | 35.20 | 22.32 | 7.94  | 6.12  | 14.02 | 128.5 | 79.94 | 13.45            | 1.79                           | 0.107                          | 0.741 | 3.41  |      |
| 2207 |      |      | 0.14 | 0.32 | 1.76 | 18.18 | 30.94 | 13.34 | 18.70 | 8.72  | 2.28  | 1.02  | 0.68  | 3.86  | 58.1  | 87.86            | 8.22                           | 1.14                           | 0.101 | 0.798 | 1.38 |
| 2208 |      |      |      | 0.08 | 0.24 | 1.50  | 4.08  | 3.94  | 13.98 | 14.90 | 12.46 | 10.14 | 11.82 | 26.80 | 131.2 | 79.86            | 14.05                          | 1.31                           | 0.217 | 0.570 | 3.44 |
| 2209 |      |      |      | 0.08 | 0.16 | 0.98  | 3.24  | 3.68  | 20.94 | 21.64 | 11.58 | 7.52  | 7.10  | 23.04 | 103.6 | 79.50            | 14.35                          | 1.63                           | 0.217 | 0.741 | 3.26 |
| 2210 |      |      |      | 0.02 | 0.06 | 0.08  | 0.20  | 1.18  | 19.78 | 38.60 | 19.44 | 5.78  | 3.94  | 10.86 | 124.3 | 81.20            | 13.35                          | 1.31                           | 0.217 | 0.684 | 2.93 |

(注) 2101~2110 の試料は2地区の東側で採取す  
2201~2210 の試料は2地区の北側で採取す

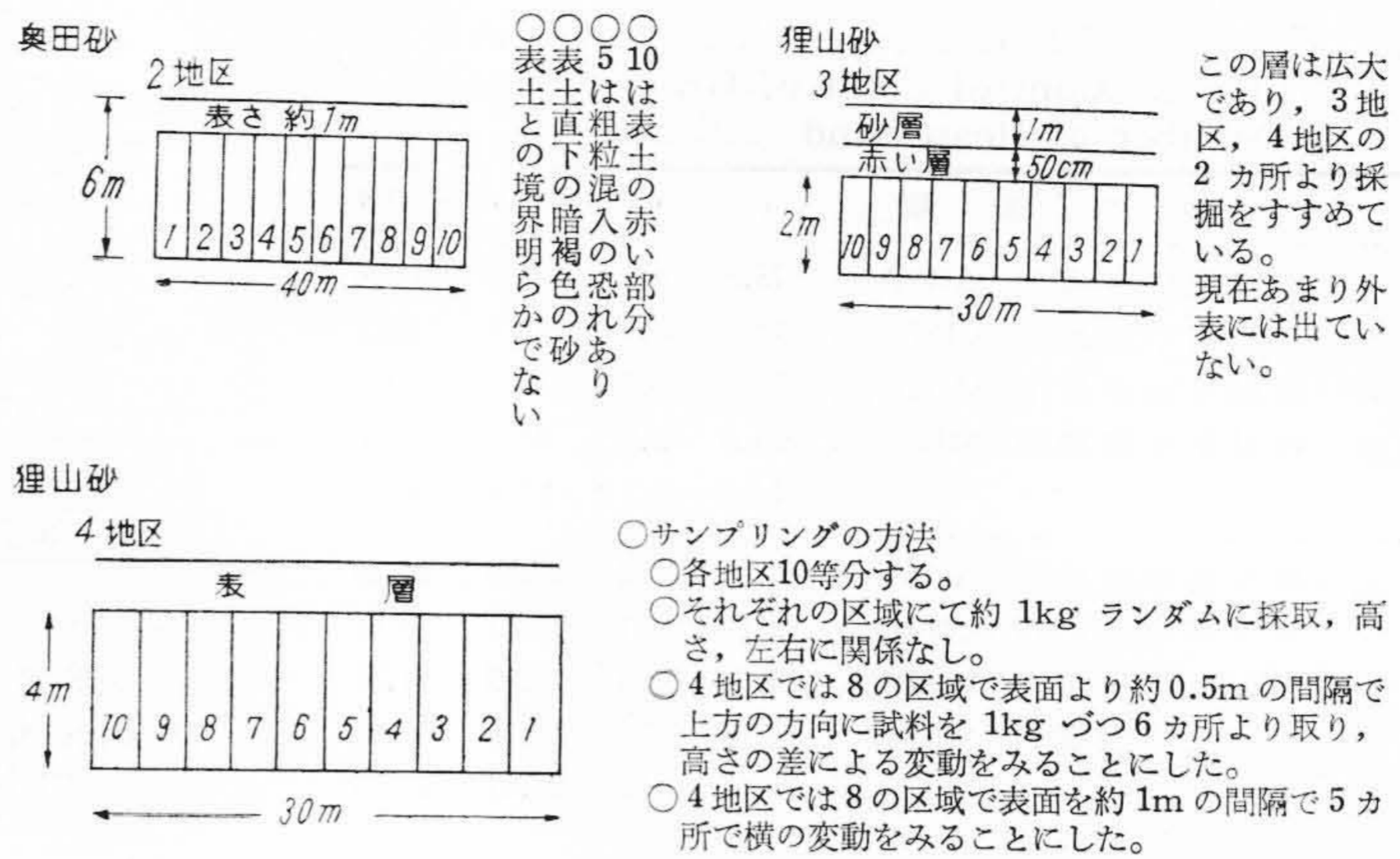
用量は約 100~150 トン前後であり、現場の採掘状況は第 8 図に示す場所において一端より順次切り崩して出荷されている。

このような現状ではサンプリングの方法も非常に困難であるとされているが、一応つぎのごとき方法で試料をとつた。試料の採取は採掘面にたいして横方向に 10 等分に区域をつくり、その区域内より順次ランダムに 1 箇所約 2 kg の試料を採取して粒度試験に供した結果を第 5 表に示す。

この表によると、この層の中には時々肉眼でもあきらかに粗粒であると観察される層が続いており、これらは採掘作業の注意により取りのぞくことになっている由であるが、実際には若干混合して入荷する場合もある。しかしその場合でも混合されて入荷してくるために粒度としては平均的な数値を示しているのが普通であり、表の 2105, 2109 のごとき粗粒の場合のみ入荷することはないようである。

(B) 狸山砂の産地について

狸山砂の産地は前にも述べたごとく地域が広大であるが、現在は第 8 図に示した 3 地区、4 地区から採掘を開始している。3 地区、4 地区の広さおよび状況は第 9 図のごとくであり、試料の採取は採掘箇所に対して横方向に 10 区分して各区域でランダムに箇所を指定して約 2kg の試料を採取した。粒度試験および化学分析の結果を第 6 表に図示しているが、現地の調査の結果もきわめて集



第 9 図 各地区におけるサンプリングの方法  
Fig. 9. Sampling Method in Every Districts

中していることより考えて今後入荷する狸山砂の変動も実績よりえた範囲内にとどまることが予想される。

簡単に奥田砂と狸山砂の産地の状況を説明したのであるが、一般的に言えば奥田砂に比して狸山砂の方が安定度はよく、粒度の変動は少いようである。

山砂の場合には層状をなして堆積しているが、輸送途中の積替によつて数回混合されて入荷してくるために、原産地の変動状況を推定できれば後から入る砂は突然大きな変動は考えられないようである。

(C) 知多硅砂の産地について

中子用硅砂の採取地は第 10 図に示す海岸地方であつて、大別すると a 地区、b 地区、c 地区になる。現在は主として b 地区より入荷している。

これらは季節風によつて堆積の状況が変化するもので

第 6 表 現地 狸山砂 試験 結果  
Table 6. Results of Sieze & Chemical Analysis (Tanukiyama Sand at Noma)

| 試料番号 | 粒 度 分 析 |    |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |       |      | 化 学 分 析          |                                |                                |       |       |      |
|------|---------|----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
|      | 8       | 12 | 16   | 20   | 30   | 40   | 50   | 70    | 100   | 140   | 200  | 270  | Pan  | Clay  | 粒度指数 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | CaO   | I.L. |
| 3201 |         |    |      | 0.06 | 0.10 | 0.18 | 0.78 | 28.82 | 37.02 | 16.62 | 3.64 | 1.24 | 1.28 | 8.20  | 76.5 | 82.10            | 12.10                          | 1.14                           | 0.217 | 0.855 | 2.48 |
| 3202 |         |    |      | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.88 | 19.40 | 36.76 | 22.14 | 5.84 | 1.90 | 2.54 | 20.80 | 86.6 | 81.92            | 12.81                          | 1.31                           | 0.181 | 0.969 | 2.49 |
| 3203 |         |    |      | 0.05 | 0.12 | 0.12 | 0.52 | 22.34 | 38.82 | 21.48 | 4.68 | 1.74 | 1.94 | 8.36  | 82.8 | 83.10            | 12.42                          | 0.98                           | 0.174 | 0.855 | 2.42 |
| 3204 |         |    |      | 0.04 | 0.10 | 0.14 | 0.64 | 30.20 | 38.08 | 17.68 | 3.40 | 1.04 | 1.10 | 7.56  | 75.6 | 84.04            | 11.52                          | 0.98                           | 0.203 | 0.798 | 2.31 |
| 3205 |         |    |      | 0.02 | 0.08 | 0.08 | 1.28 | 24.17 | 33.90 | 21.40 | 5.62 | 1.78 | 1.94 | 9.80  | 83.2 | 83.34            | 10.99                          | 1.21                           | 0.239 | 0.912 | 2.28 |
| 3206 |         |    | 0.04 | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.56 | 26.50 | 39.68 | 20.10 | 3.74 | 1.18 | 1.10 | 6.80  | 77.6 | 83.06            | 12.10                          | 1.14                           | 0.174 | 0.798 | 2.59 |
| 3207 |         |    |      | 0.04 | 0.06 | 0.10 | 0.68 | 17.24 | 39.20 | 20.84 | 5.28 | 2.14 | 2.82 | 11.40 | 87.6 | 82.68            | 11.15                          | 1.47                           | 0.174 | 0.855 | 2.37 |
| 3208 |         |    |      | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 1.00 | 25.40 | 33.30 | 20.41 | 6.00 | 1.88 | 2.00 | 9.86  | 83.3 | 81.66            | 12.77                          | 1.63                           | 0.159 | 0.855 | 2.51 |
| 3209 |         |    |      | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.64 | 22.08 | 38.32 | 20.68 | 4.90 | 1.56 | 2.10 | 9.50  | 83.1 | 82.16            | 12.21                          | 1.47                           | 0.239 | 0.798 | 2.64 |
| 3210 |         |    |      | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.46 | 14.38 | 38.32 | 22.66 | 7.12 | 2.34 | 2.54 | 12.16 | 90.0 | 80.24            | 13.67                          | 1.79                           | 0.210 | 0.798 | 2.69 |
| 4201 |         |    | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.18 | 1.64 | 17.58 | 36.08 | 22.30 | 6.12 | 2.14 | 2.86 | 10.82 | 88.2 | 82.52            | 11.77                          | 1.79                           | 0.145 | 0.912 | 2.46 |
| 4202 |         |    |      | 0.10 | 0.14 | 0.26 | 0.72 | 13.74 | 41.04 | 22.70 | 5.40 | 2.10 | 2.60 | 11.20 | 88.1 | 80.84            | 13.03                          | 1.63                           | 0.101 | 0.741 | 2.97 |
| 4203 |         |    |      | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.68 | 16.82 | 36.44 | 24.14 | 6.34 | 2.42 | 2.76 | 10.20 | 89.7 | 79.68            | 13.75                          | 1.79                           | 0.138 | 0.798 | 2.89 |
| 4204 |         |    |      | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.56 | 14.28 | 40.68 | 23.30 | 5.92 | 2.48 | 2.30 | 10.28 | 88.5 | 82.12            | 12.19                          | 1.79                           | 0.138 | 0.570 | 2.58 |
| 4205 |         |    |      | 0.02 | 0.04 | 0.10 | 0.58 | 17.42 | 37.80 | 22.30 | 5.94 | 2.34 | 2.38 | 11.00 | 87.6 | 80.98            | 12.77                          | 1.63                           | 0.239 | 0.684 | 2.87 |
| 4206 |         |    |      | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.52 | 13.12 | 42.10 | 22.80 | 6.70 | 2.20 | 2.50 | 9.90  | 89.2 | 81.08            | 12.78                          | 2.12                           | 0.131 | 0.798 | 2.90 |
| 4207 |         |    |      | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.64 | 12.58 | 40.80 | 24.24 | 5.90 | 2.24 | 2.14 | 11.34 | 87.7 | 82.84            | 11.57                          | 1.79                           | 0.138 | 0.968 | 2.54 |
| 4208 |         |    |      | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 1.10 | 15.70 | 39.54 | 20.80 | 4.68 | 2.18 | 2.38 | 13.40 | 86.5 | 81.34            | 12.98                          | 2.12                           | 0.102 | 0.798 | 2.91 |
| 4209 |         |    |      | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.62 | 13.50 | 39.50 | 21.68 | 6.14 | 2.98 | 2.90 | 12.56 | 91.3 | 82.32            | 12.01                          | 1.63                           | 0.094 | 0.855 | 2.93 |
| 4210 |         |    |      | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 2.18 | 22.10 | 30.28 | 23.36 | 7.04 | 2.40 | 2.42 | 10.08 | 87.2 | 82.66            | 11.81                          | 1.79                           | 0.145 | 0.912 | 2.37 |

(注) 3201~3210 は 3 地区にて試料を採取  
4201~4210 は 4 地区にて試料を採取

第7表 現地知多珪砂試験結果  
Table 7. Results of Sieze & Chemical Analysis (Chita Silica Sand at Noma)

| 試料種類  | 粒度分析 |      |      |      |      |      |       |       |       |       |      |      |     |      |      |      | 化学分析             |                                |                                |       |       |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|------|------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
|       | 6    | 8    | 12   | 16   | 20   | 30   | 40    | 50    | 70    | 100   | 140  | 200  | 270 | Pan  | Clay | 粒度指数 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | CaO   | I.L. |
| イロハニホ |      |      |      | 0.12 | 0.64 | 4.24 | 18.44 | 34.70 | 32.00 | 9.38  | 0.30 | 0.02 | —   | 0.02 | 0.06 | 43.3 | 91.10            | 6.18                           | 0.72                           | 0.130 | 0.619 | 0.83 |
|       |      |      |      |      |      | 0.08 | 1.16  | 10.36 | 51.30 | 34.78 | 2.00 | 0.10 | —   | 0.02 | 0.16 | 56.8 | 89.34            | 7.42                           | 0.96                           | 0.138 | 0.900 | 0.71 |
| ヘトチリヌ |      |      |      |      | 0.22 | 0.04 | 0.30  | 8.86  | 57.18 | 31.70 | 1.74 | 0.02 | —   | 0.02 | 0.12 | 56.4 | 89.62            | 7.62                           | 0.80                           | 0.152 | 0.956 | 0.76 |
|       |      |      |      |      |      | 5.64 | 18.18 | 24.04 | 34.40 | 16.30 | 0.98 | 0.08 | —   | 0.04 | 0.10 | 46.1 | 90.62            | 6.44                           | 0.88                           | 0.130 | 0.731 | 0.78 |
| ルヲワカヨ |      |      |      |      | 0.04 | 0.04 | 0.58  | 9.34  | 57.88 | 30.46 | 1.44 | 0.08 | —   | 0.02 | 0.12 | 56.2 | 89.62            | 6.98                           | 0.96                           | 0.109 | 0.900 | 0.72 |
|       |      |      |      |      |      | 0.70 | 3.88  | 18.90 | 49.14 | 30.46 | 1.44 | 0.08 | —   | 0.02 | 0.10 | 53.0 | 90.06            | 6.92                           | 0.96                           | 0.166 | 0.900 | 0.73 |
| ダレ    |      |      |      |      | 0.04 | 0.72 | 6.84  | 25.18 | 44.34 | 21.14 | 1.36 | 0.08 | —   | 0.02 | 0.24 | 50.9 | 89.64            | 7.46                           | 0.96                           | 0.181 | 0.956 | 0.75 |
|       |      |      |      |      |      | 0.02 | 0.30  | 7.94  | 56.38 | 33.40 | 1.64 | 0.08 | —   | 0.02 | 0.12 | 56.8 | 88.58            | 7.98                           | 0.96                           | 0.166 | 1.125 | 0.82 |
| イロハニホ | 0.14 | 0.20 | 0.10 | 0.02 | 0.06 | 0.46 | 2.90  | 18.52 | 55.12 | 20.80 | 1.20 | 0.08 | —   | 0.04 | 0.52 | 52.1 | 89.04            | 7.60                           | 0.88                           | 0.145 | 0.956 | 0.80 |
|       |      |      |      |      | 1.90 | 9.38 | 28.12 | 32.34 | 21.78 | 6.04  | 0.18 | 0.02 | —   | 0.02 | 0.12 | 38.9 | 91.04            | 5.76                           | 0.96                           | 0.145 | 0.619 | 0.86 |
| ルヲワカヨ |      |      |      |      |      | 0.02 | 0.22  | 7.04  | 61.90 | 28.90 | 1.58 | 0.06 | —   | 0.02 | 0.18 | 55.9 | 90.00            | 5.64                           | 1.04                           | 0.174 | 0.956 | 0.78 |
|       |      |      |      |      |      | 0.04 | 0.54  | 12.38 | 61.98 | 23.14 | 1.50 | 0.08 | —   | 0.04 | 0.22 | 54.2 | 90.48            | 6.68                           | 1.04                           | 0.174 | 0.731 | 0.79 |
| ダレ    |      |      |      |      |      | 0.04 | 0.20  | 14.28 | 60.70 | 23.10 | 1.04 | 0.04 | —   | 0.02 | 0.16 | 53.7 | 90.14            | 7.42                           | 0.72                           | 0.152 | 0.731 | 0.75 |
|       |      |      |      |      |      | 0.10 | 1.70  | 23.30 | 54.78 | 19.04 | 0.84 | 0.04 | —   | 0.02 | 0.18 | 51.4 | 90.18            | 7.10                           | 0.88                           | 0.152 | 0.675 | 0.82 |
| イロハニホ |      |      |      |      |      | 0.04 | 0.40  | 12.20 | 62.70 | 22.74 | 1.70 | 0.10 | —   | 0.04 | 0.06 | 54.2 | 88.32            | 7.92                           | 1.41                           | 0.174 | 0.900 | 0.74 |
|       |      |      |      |      |      | 0.02 | 0.18  | 8.04  | 60.70 | 28.14 | 2.28 | 0.30 | —   | 0.02 | 0.24 | 56.7 | 88.94            | 7.34                           | 1.33                           | 0.174 | 0.900 | 0.73 |
| ルヲワカヨ |      |      |      |      |      | 0.78 | 9.18  | 33.50 | 41.10 | 14.68 | 0.50 | 0.08 | —   | —    | 0.02 | 47.9 | 90.82            | 6.22                           | 0.96                           | 0.159 | 0.675 | 0.92 |

あつて、粒度としては a, b, c の順に粗くおる。a地区は春一秋にわたつて堆積量が少くなるが、b地区は一年中を通じて堆積している。c地区は比較的粒度は細かく、春一秋にかけては堆積量が多くなる。

日立金属工業株式会社桑名工場としては、b地区、c地区の珪砂に依存するわけであるが、なにしろ季節風によつて堆積されているので、各地区における珪砂の変動状況はなかなか掴みにくいのが実情である。いずれこれらの条件による珪砂の堆積におよぼす影響をあきらかにしたいと思うのであるが、今後解決すべき問題としておいて、現状を参考までに示すと第7表のごとくである。第7表でもわかるごとく変動はきわめて大きいので、このチェックについては相当注意をする必要がある。したがつてその管理に主力をそゝぐべきであり、それに反して山砂は同じ場所からでは急激に変化することは少いだろうと想像される。

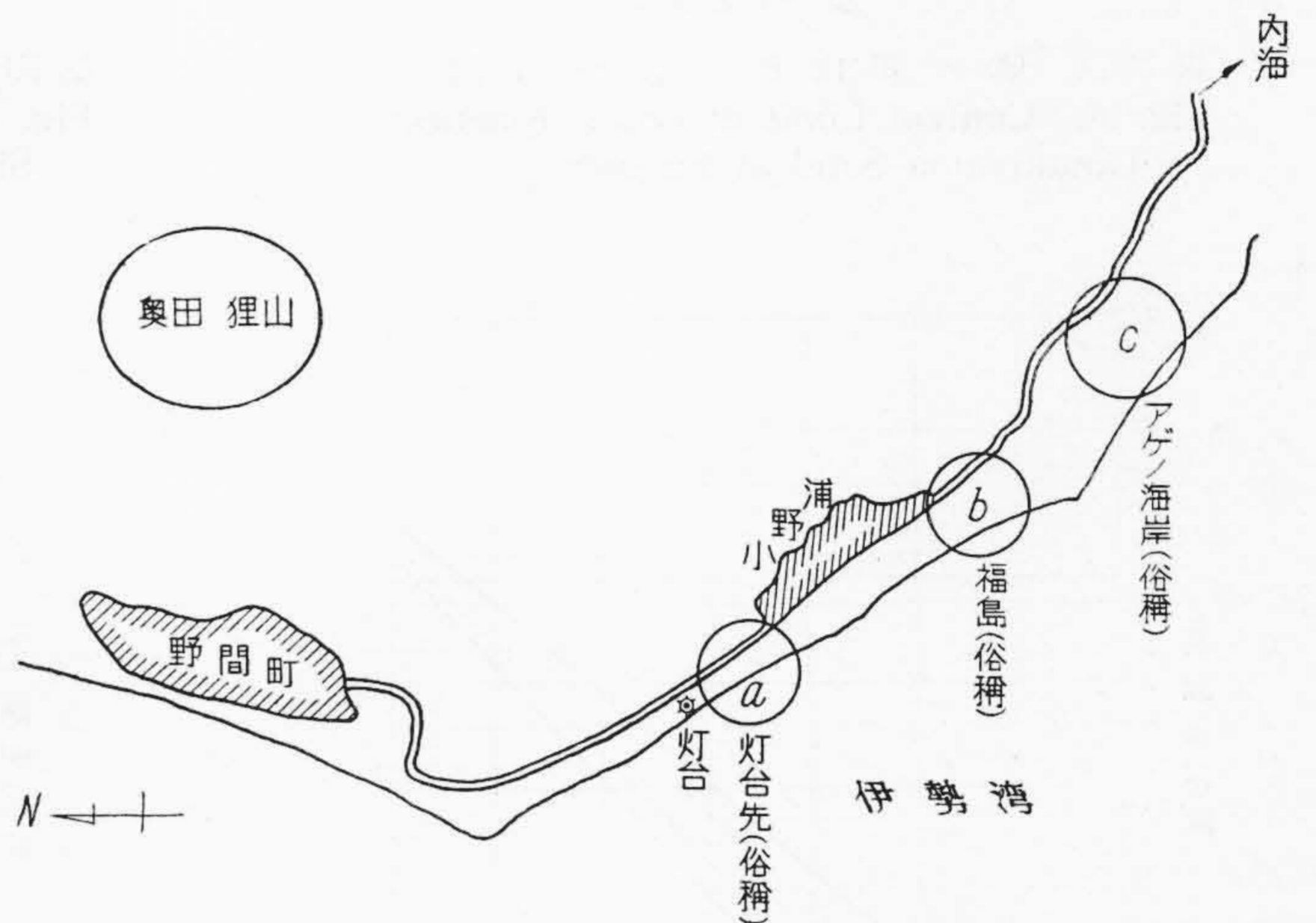
(4) 管理規格の検討

以上で昭和30年1月—12月の間で購入使用された購入砂と昭和31年2月調査した野間砂産地の粒度の変動状況を示したのであるが、各砂について平均値とその変動を示すと第8表のごとくなる。

平均値および分散性を検定した結果、有意差がみとめられないので、購入砂よりえられた先行データにもとづいてえた管理限度内に今後入荷する野間砂の粒度は十分入るとおもわれる。この数値でチェックすればよい。

(第2表参照)

さきに求めた中心粒度にもとづいて規格の範囲を図示



第10図 知多珪砂採取箇所見取図 (縮尺 1/25000)  
Fig. 10. Illustration of Working Zone (Chita Silica Sand)

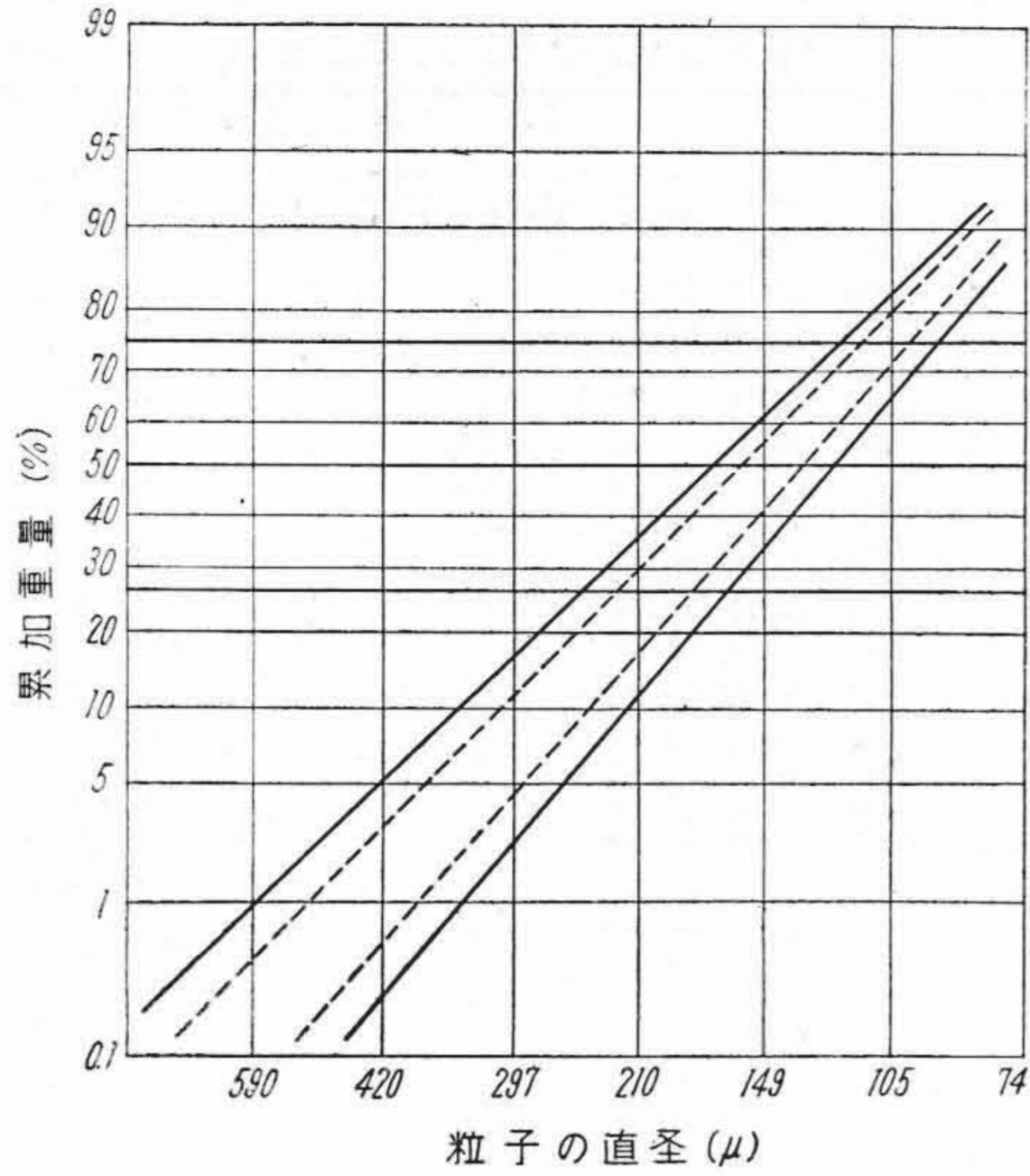
第8表 購入砂と現地砂の平均値と変動  
Table 8. Mean & Variation (at Factory & Noma)

|     |     | 平均値   | 標準偏差 |
|-----|-----|-------|------|
| 奥田砂 | 購入砂 | 122.2 | 15.1 |
|     | 現地砂 | 115.9 | 16.6 |
| 狸山砂 | 購入砂 | 89.4  | 5.7  |
|     | 現地砂 | 85.5  | 4.6  |

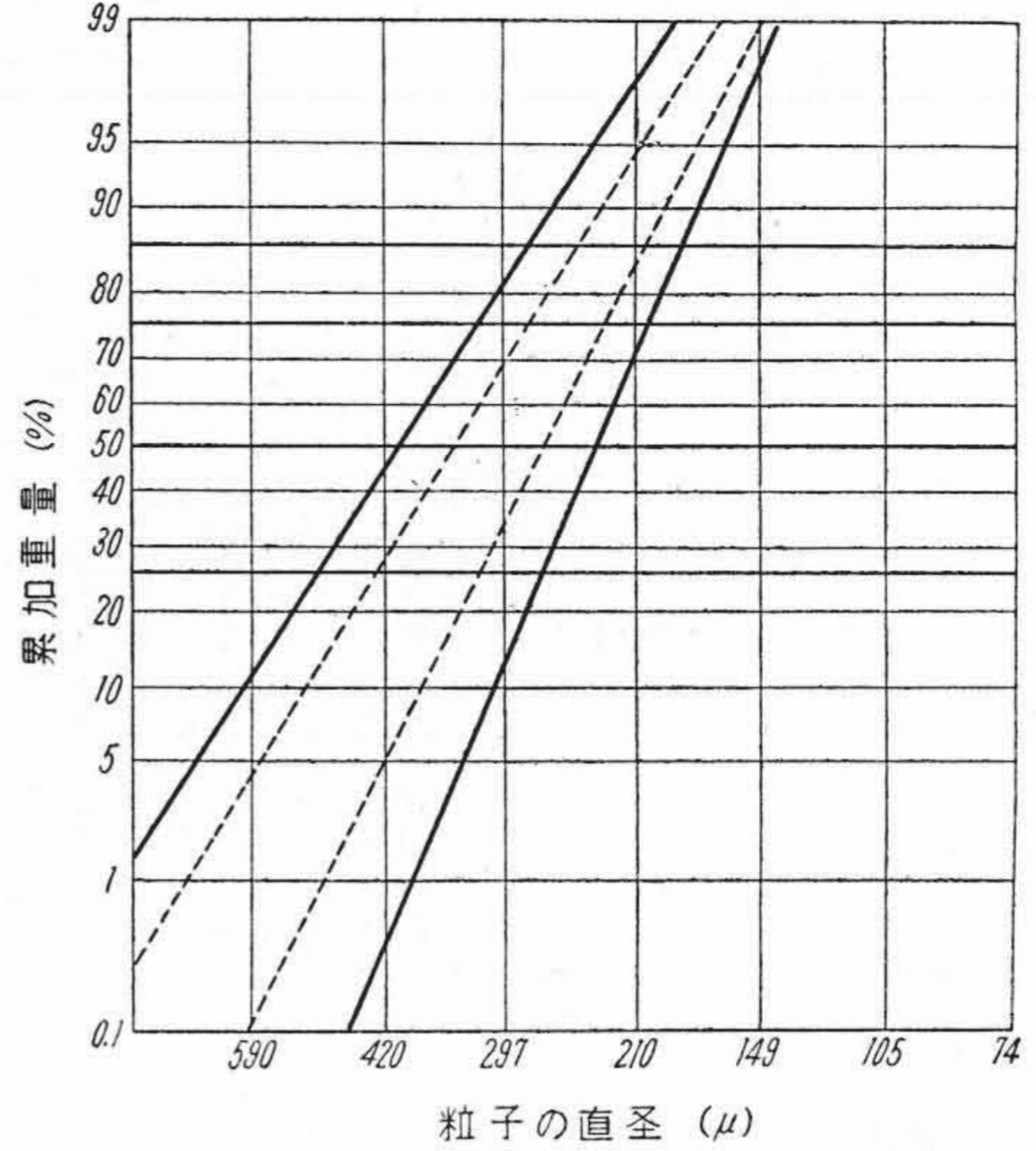
すると第11図~第14図のごとくなる。第11図は狸山砂、第12図は奥田砂、第13図は珪砂についての管理限界を示すものである。また第14図は裏砂についての粒度の管理限界 ( $\pm 2\sigma$ ,  $\pm 4\sigma$ ) を示す。

さきにも述べたように中心粒度と粒度指数は非常に密接な関係があるために粒度指数による管理の限度も上述の購入砂の先行データよりえた管理範囲で粒度の変動が

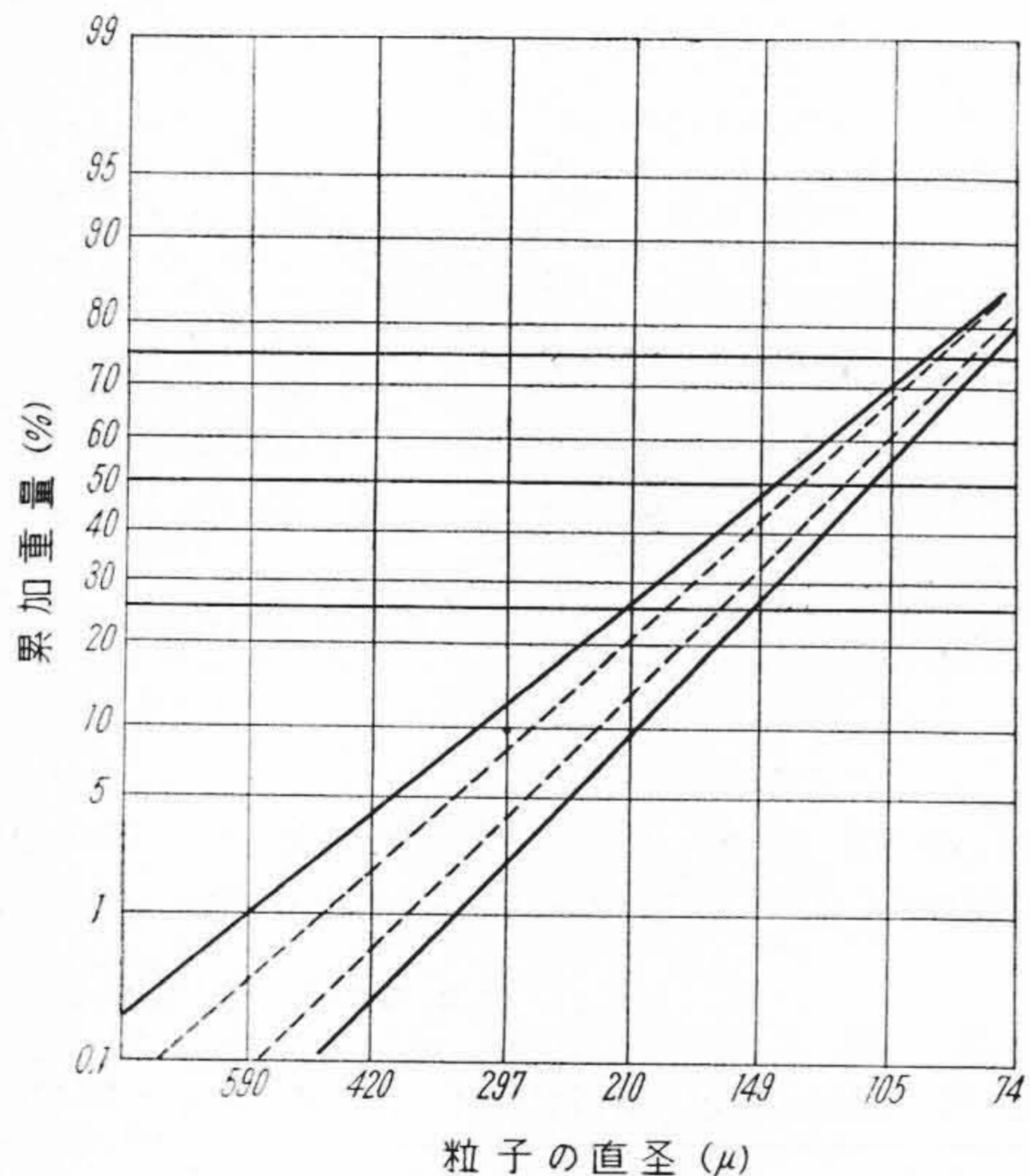




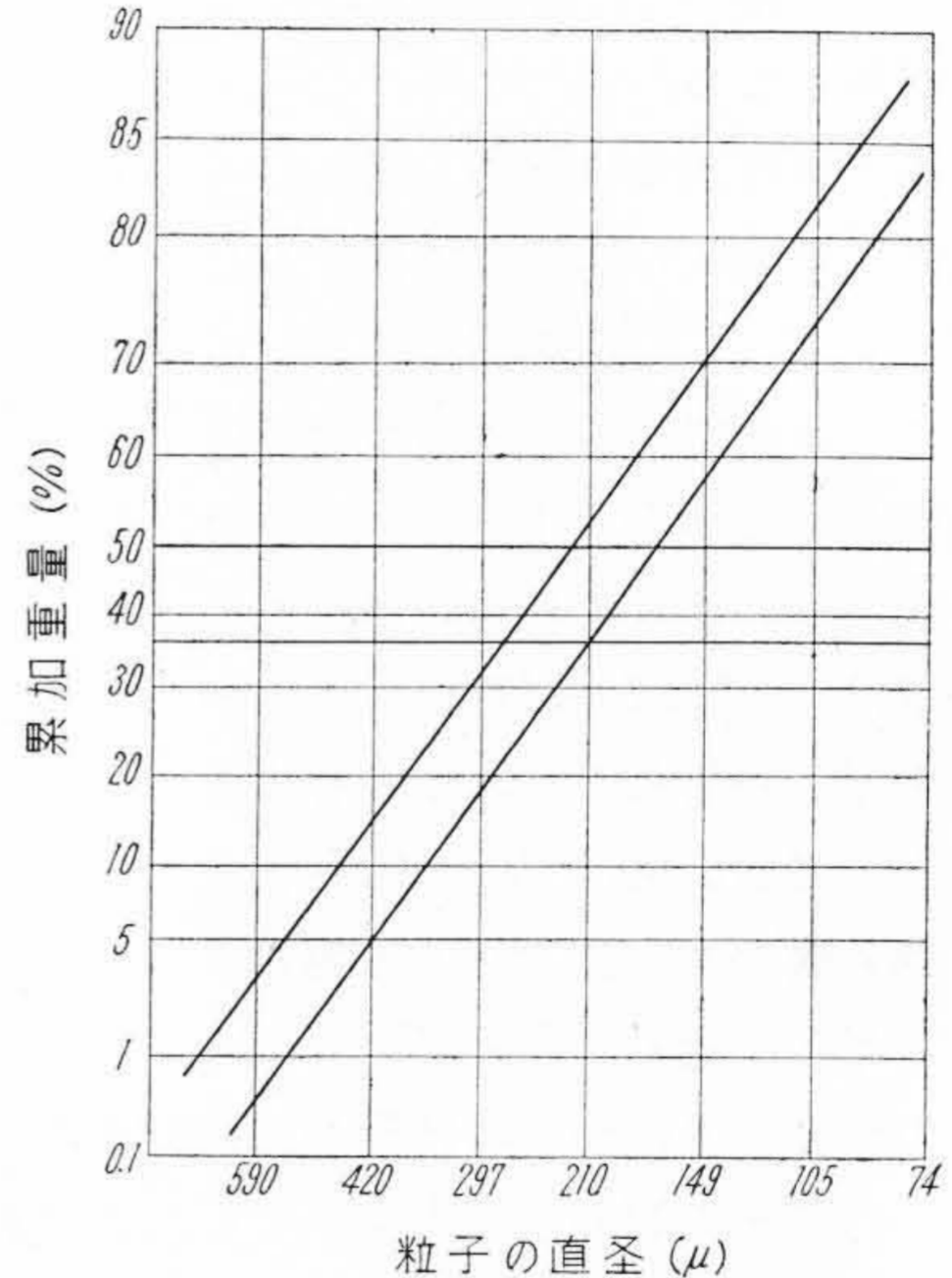
第11図 購入狸山砂粒度管理限界  
Fig. 11. Control Limit of Grain Fineness (Tanukiyama Sand at Factory)



第13図 購入珪砂の粒度管理限界  
Fig. 13. Control Limit of Grain Fineness (Silica Sand at Factory)



第12図 購入奥田砂粒度管理限界  
Fig. 12. Control Limit of Grain Fineness (Okuta Sand at Factory)



第14図 裏砂粒度の管理限界  
Fig. 14. Control Limit of Grain Fineness of Heap Sand

みられる。

第11図～第14図のごとく累加曲線で示すと、まだなれないために当分の間は従来の方法とも併行して記した方が実際の管理としてはやりやすいので、第2表、第4表に示される範囲の砂について、篩上の重量の範囲を示すと、第9表のごとくになる。また場合によつては簡単に粒度の変動状況をみるためには、Tube Test を併用することも考えてよい。粒度以外に粘土分および化学成分の変動状況を各表に示したが、粒度の変化に比較すれば、

第9表 各種砂の粒度管理限界  
Table 9. Control Limit of New Sand & Heap Sand

|  | 篩 番 号 |       |      |     |     |     |     |
|--|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|
|  | 30    | 40    | 50   | 70  | 100 | 140 | 200 |
| 奥 田 砂  |       | 1.5>  | 6.0> | 13> | 15< | 23< | 16> |
| 狸 山 砂  |       | 2.5>  | 7.5> | 13< | 24< | 30> | 20> |
| 知 多 珪 砂  |       | 5 >   | 20 > | 32< | 26< | 15> |     |
| 床作業中型機用裏砂<br>床作業小型機用裏砂<br>機械化加圧機用裏砂<br>機械化小型機用裏砂 | 3.5>  | 11.5> | 19 > | 20< | 20> | 15> | 10> |

その変動は小さいようである。特に化学成分の変化は少ないようである。

〔III〕 「にぎり」について

(1) 「にぎり」の意味

鑄造工場では作業者もしくは管理者が、砂を一握り掴んで、親指で軽く砂をおして掴んだときの砂の感覚と割ったときの割れ具合とを総合的に判断するいわゆる「にぎり」のテストが実際経験上合理的であると見做されて実用され鑄物砂のあらゆる管理の根本問題となっていた。

この方法が従来より重要視されているのはそれ相応の理由があるもので実用上便利なが多いため鑄造工場利用されているものであろう。

ところが「にぎり」について考えてみると、寒心すべき点も多く、まず第一に「にぎり」の判定の結果は微妙であるために記録にとどめることが不可能で、たとえばよい砂と悪い砂の「にぎり」の結果では確かに感覚的には両者の差をあらわしうるとしても記録にはとれず客観性のないものとなる。第二に悪いのはこの感覚的な判断は人によつて異なるもので同一の砂についても正反対の判定がありうる。したがつてこの感覚の伝達についても日本刀製作の皆伝を伝えるようなもので100%同じものを伝えるにはなかなかむづかしい。第三には同一の人間であつても常におなじ状態で「にぎり」をなしうるかどうか疑わしい。

常に100%の再現性をもたせようとすれば多大の経験、熟練を必要とすることになる。

これらの欠点を考慮しても「にぎり」はやはり利用価値が多いと思われるので、これを一般に計測した特性値と結びつけて定量的に示したいと考えたしだいである。

(2) 「にぎり」テストの方法

(A) 現場作業で使用される鑄物砂

第10表 配合と管理限界  
Table 10. Composition & Control Limit

| 肌砂種別      | 作 業 別                     | 床 作 業 用               | 機 械 化 作 業 用            | 大 型 作 業 用                 |
|-----------|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
|           |                           | 中 型 機 用<br>(MK065-2S) | 加 圧 機 用<br>(MB065-2WS) | 大 型 2 号 機 用<br>(MB065-1W) |
| 肌砂の配合 (%) | 新 砂                       | 12                    | 12                     | 10                        |
|           | 古 砂                       | 88                    | 88                     | 90                        |
|           | 木 節 粘 土                   | 1.3                   | —                      | —                         |
|           | ベントナイト                    | —                     | 1.0                    | 1.2                       |
|           | 木 粉                       | —                     | 1.5                    | 1.5                       |
|           | 石 炭 粉                     | 0.7                   | 0.7                    |                           |
| 管理限界      | M (%)                     | 7.0 ± 0.3             | 6.7 ± 0.5              | 7.7 ± 0.6                 |
|           | G C (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.80 ± 0.12           | 0.80 ± 0.12            | 0.90 ± 0.12               |
|           | G P (AFS)                 | 50 ± 10               | 50 ± 10                | 60 ± 10                   |
|           | G D (%)                   | 3.5 ± 0.5             | 3.5 ± 0.5              | 4.0 ± 0.5                 |

(注) M 水分, GC 湿態抗圧強度, GP 湿態通気度, GD 湿態変形量 ( ) 内は HIS 56 による表示

日立金属工業株式会社桑名工場の鑄造作業を大別すると床作業、機械化作業および大型作業の3グループに分けられる。各グループの肌砂は第10表に示す配合割合で調整されている。回収古砂をいつも繰返し使用するために各グループにおける砂の特性は定着しており、各グループの砂の差はあきらかであるとされておる。各グループより一種づつえらんで今回のテストに供した。

(B) 実験者

実験者としては鑄物砂の使用側より立場より判定を下すのが妥当と考え、鑄造工場の組長にして「にぎり」については経験の深い人間を実験者とした。

(C) 実験期間

実験の期間は昭和31年3月1日より5月12日までの約60日間にわたつた。ただし「にぎり」のテストは実験者の状態、天候そのほかによつて左右されるところが大きいので、毎日午後1時より1時30分までの間に行うことにした。人間の感覚に影響をあたえるような要因はすべ

第11表 「にぎり」テストの例  
Table 11. Description Example of Grasp Test

| 月 日    | 大 型 用 砂 |    | 床 作 業 用 砂 |    | 機 械 化 用 砂 |    | 測 定 値   |      |    |     |           |      |    |     |           |      |    |     |
|--------|---------|----|-----------|----|-----------|----|---------|------|----|-----|-----------|------|----|-----|-----------|------|----|-----|
|        |         |    |           |    |           |    | 大 型 用 砂 |      |    |     | 床 作 業 用 砂 |      |    |     | 機 械 化 用 砂 |      |    |     |
|        | 良       | 不良 | 良         | 不良 | 良         | 不良 | M       | GC   | GP | GD  | M         | GC   | GP | GD  | M         | GC   | GP | GD  |
| 3月 1日  | ○       |    | ○         |    |           | ○  | 7.9     | 0.99 | 68 | 5.5 | 7.2       | 0.78 | 61 | 3.6 | 6.9       | 0.77 | 60 | 3.9 |
| 2日     | ○       |    | ○         |    |           | ○  | 7.3     | 1.01 | 74 | 4.4 | 7.2       | 0.77 | 62 | 4.0 | 6.9       | 0.72 | 58 | 4.0 |
| 3日     | ○       |    | ○         |    |           | ○  | 8.1     | 0.99 | 65 | 5.4 | 6.7       | 0.77 | 68 | 4.4 | 7.1       | 0.76 | 62 | 4.6 |
| 5日     | ○       |    | ○         |    |           | ○  | 8.3     | 1.02 | 70 | 5.2 | 7.0       | 0.84 | 61 | 4.4 | 6.4       | 0.78 | 62 | 4.6 |
| ⋮      |         |    |           |    |           |    | ⋮       | ⋮    | ⋮  | ⋮   | ⋮         | ⋮    | ⋮  | ⋮   | ⋮         | ⋮    | ⋮  | ⋮   |
| 5月 12日 | ○       |    | ○         |    |           | ○  | 7.4     | 0.97 | 80 | 4.4 | 7.5       | 0.76 | 57 | 3.8 | 6.5       | 0.92 | 74 | 4.0 |

(注) M 水分(%) GC 湿態抗圧強度(kg/cm<sup>2</sup>) GP 湿態通気度(AFS) GD 湿態変形量(%)

第12表 測定結果の一般式  
Table 12. General Formula of Results

| 種別 (i) | 1         |           |           |           | 2         |           |           |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 1         | 2         | 3         | 4         | 1         | 2         | 3         | 4         |
| 繰返 (j) |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 1      | $X_{111}$ | $X_{211}$ | $X_{311}$ | $X_{411}$ | $X_{121}$ | $X_{221}$ | $X_{321}$ | $X_{421}$ |
| 2      | $X_{112}$ | $X_{212}$ | $X_{312}$ | $X_{412}$ | $X_{122}$ | $X_{222}$ | $X_{322}$ | $X_{422}$ |
| 3      | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         |
| ⋮      | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         |
| ⋮      | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         | ⋮         |
| n      | $X_{11n}$ | $X_{21n}$ | $X_{31n}$ | $X_{41n}$ | $X_{12n}$ | $X_{22n}$ | $X_{32n}$ | $X_{42n}$ |

(注) 測定値の一般式  $X_{pij}$

第13表 「にぎり」の結果  
Table 13. Results of Grasp Test

| 年月日     | 床 作 業 用 砂 |      |    |     | 機 械 化 用 砂 |      |    |     |
|---------|-----------|------|----|-----|-----------|------|----|-----|
|         | M         | GC   | GP | GD  | M         | GC   | GP | GD  |
| 31.2. 2 | 7.2       | 0.77 | 62 | 5.1 | 6.9       | 0.72 | 58 | 4.0 |
| 3       | 6.7       | 0.77 | 68 | 4.4 | 7.1       | 0.72 | 62 | 4.6 |
| 6       | 7.2       | 0.74 | 62 | 4.2 | 6.6       | 0.84 | 74 | 4.6 |
| 7       | 7.1       | 0.83 | 64 | 3.6 | 6.4       | 0.80 | 65 | 4.0 |
| 9       | 7.2       | 0.84 | 64 | 3.8 | 6.6       | 0.85 | 61 | 3.4 |
| 12      | 7.0       | 0.89 | 65 | 4.0 | 7.4       | 0.92 | 59 | 4.4 |
| 14      | 7.6       | 0.82 | 57 | 4.0 | 6.4       | 0.84 | 56 | 3.8 |
| 16      | 6.8       | 0.83 | 56 | 3.8 | 6.3       | 0.84 | 57 | 4.0 |
| 20      | 7.2       | 0.78 | 60 | 4.0 | 6.8       | 0.82 | 57 | 4.4 |
| 26      | 6.9       | 0.84 | 58 | 3.8 | 6.8       | 0.91 | 57 | 4.2 |
| 27      | 7.3       | 0.79 | 61 | 3.6 | 7.2       | 0.94 | 58 | 4.6 |
| 28      | 7.1       | 0.85 | 58 | 3.0 | 7.2       | 0.95 | 52 | 3.6 |
| 29      | 7.0       | 0.83 | 58 | 3.6 | 7.3       | 0.90 | 53 | 3.2 |
| 30      | 6.9       | 0.85 | 61 | 3.2 | 6.7       | 1.02 | 53 | 3.2 |
| 31      | 7.1       | 0.81 | 65 | 3.4 | 6.7       | 1.00 | 54 | 3.2 |
| 4. 4    | 6.9       | 0.83 | 61 | 2.6 | 6.8       | 1.03 | 76 | 2.8 |
| 7       | 7.0       | 0.82 | 61 | 3.0 | 7.0       | 0.90 | 64 | 3.6 |
| 9       | 6.9       | 0.79 | 66 | 3.2 | 6.7       | 0.90 | 54 | 3.4 |
| 10      | 7.3       | 0.79 | 62 | 3.4 | 6.8       | 0.88 | 54 | 3.6 |
| 11      | 7.4       | 0.69 | 65 | 3.8 | 6.3       | 0.86 | 52 | 3.6 |
| 12      | 6.9       | 0.83 | 60 | 3.4 | 6.8       | 0.69 | 67 | 3.0 |
| 13      | 7.2       | 0.84 | 62 | 3.8 | 6.7       | 0.83 | 52 | 4.0 |
| 16      | 7.2       | 0.78 | 58 | 3.8 | 7.0       | 0.89 | 53 | 3.8 |
| 17      | 7.2       | 0.84 | 61 | 3.8 | 6.1       | 0.87 | 61 | 3.0 |
| 19      | 7.3       | 0.81 | 57 | 3.4 | 6.6       | 0.85 | 54 | 3.8 |
| 25      | 7.0       | 0.83 | 57 | 3.8 | 6.5       | 0.81 | 58 | 3.8 |
| 5. 3    | 7.0       | 0.77 | 61 | 3.8 | 6.4       | 0.76 | 59 | 3.6 |
| 5       | 6.8       | 0.80 | 53 | 4.0 | 5.6       | 0.80 | 57 | 4.0 |
| 7       | 7.3       | 0.82 | 56 | 3.6 | 6.3       | 0.85 | 61 | 3.2 |
| 10      | 7.3       | 0.70 | 60 | 3.8 | 7.0       | 0.89 | 62 | 4.0 |

(注) M 水分 (%) GC 湿態抗压強度 (kg/cm<sup>2</sup>) GP 湿態通気度 (AFS) GD 湿態変形量 (%)

できるだけ一定化してテストを行うようにした。

(D) 実験方法

毎日実験した「にぎり」の結果を良, 不良と2段階にわけるとともに, 試験砂の水分, 湿態抗压強度 (GC), 湿態通気度 (GP) および湿態変形量 (GD) を測定した。この測定は大型用砂, 床作業用砂および機械化作業用砂について毎日行つた。記載例を第11表に示す。

(3) 判別函数について

上記のごとき方法で実験した結果を定量的に表示するためには, 判別函数を使用するのも一方法である。判別函数については, 二, 三の推計学関係の書籍<sup>(5)(6)</sup>に説明されている。詳細は同書にゆずるとして簡単にこの方法を述べる。熟練者の感というものは解析して考えると,

そのいくつかの特性にもとづき総合的判断を感覚的に行つているわけだから, この判断と個々の測定された特性値との関係をなんらかの形で結びつけばよいわけである。いくつかの測定できる特性値の一次結合としてある指数をきめ, その指数に対して, 良, 不良である限界点をきめておいて判定を下すわけである。実際の方法はつぎの通りである。

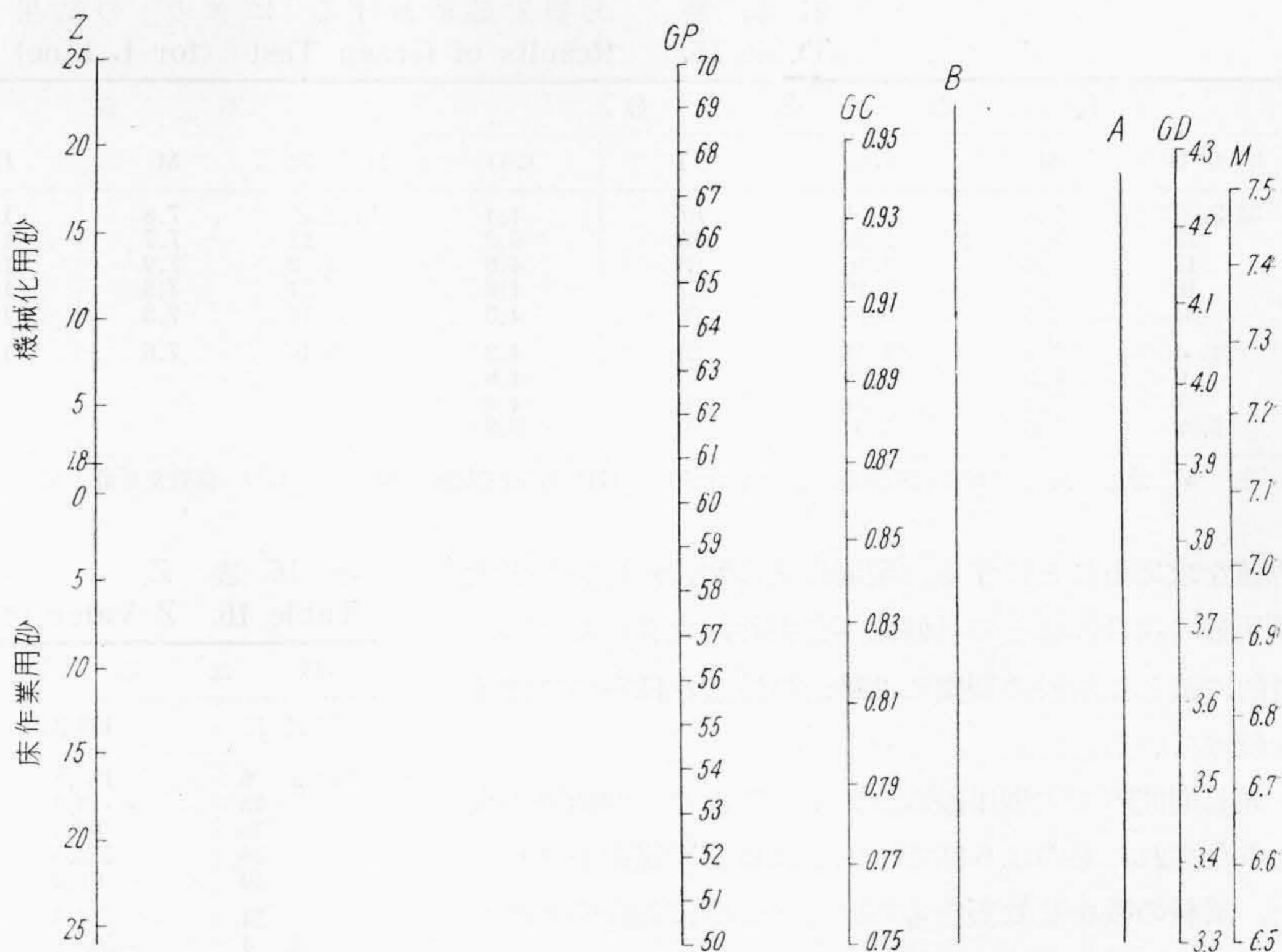
第12表に測定結果の一般式を示す。表の中で種別 (i) というのは良, 不良の別, 特性 (p) は測定値たとえば, 水分 GC, GP, GD を示す。

いま  $i=1, 2$   $j=1, 2, \dots, n_i$   $p=1, 2, 3, 4$ , とする。

$$\bar{X}_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{pij} \quad dp \equiv \bar{X}_{p1} - \bar{X}_{p2}$$

第15図 「にぎり」による砂の良否と特性値との関係を示す図 (機械化用砂と床作業用砂)

Fig. 15. Diagram Illustrating Relation between Results of "Grasp Test" & Sand Properties (for MAB Line & AB Line)



使用法 1) MとGPよりAを求める 2) GCとGDよりBを求める 3) AとBよりZを求める  
4) -1.8と比較する

$$S_{pq} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{pij} - \bar{X}_{pi})(X_{qij} - \bar{X}_{qi})$$

としたときに4個の連立方程式  $\sum S_{pq}\lambda_q = dq$  の解を  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  とし  $Z = \lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \lambda_3 X_3 + \lambda_4 X_4$

となるような Z を良および不良の二つの種別について求めておけば両者の限界点を決定できることになり、Z を求めることによつてこの鑄物砂が適当であるか不適当であるかという判定ができるわけである。「にぎり」が正確に行われてをれば限界点がはつきり決定できるわけである。

(4) 「にぎり」テストの結果

(A) 異種の砂について (機械化用砂と床作業用砂)

上記のごとき判別函数が鑄物砂の「にぎり」の場合に適用できるかどうか大体的見当をつけるために最初異種の砂について確めることにした。この二つの砂はあきらかに差があるといいうるものである。約60日の間の実験者がその用途として、ともに良とした砂について、その差を種々の特性値より求めることにした。良と判定を下した日の砂の特性値を第13表に示す。表の中に日付が記してあるが換言すればその日の砂はともに良であると認められたものである。この実測値にもとづいて前記の Z なる指数を求めると次式のごとくあらわされる。

$$Z = 13.6X_1 - 7.1X_2 + 2.0X_3 - 7.3X_4$$

ただし  $X_1$  水分  $X_3$  湿態通気度  
 $X_2$  湿態抗圧強度  $X_4$  湿態変形量

第14表 Zの値 (床作業用砂と機械化用砂)  
Table 14. Z Value of Facing Sand (for AB Line & MAB Line)

| 年月日    | 床作業用砂 | 機械化用砂  | 日 附    | 床作業用砂 | 機械化用砂  |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| 31.3.2 | -6.7  | 59.9   | 31.4.4 | 89.8  | -50.2  |
| 3      | -12.2 | -4.3   | 7      | 81.5  | -12.9  |
| 6      | 79.8  | -82.0  | 9      | 70.5  | -18.1  |
| 7      | 50.3  | -50.3  | 10     | 116.2 | -45.6  |
| 9      | 42.2  | -23.1  | 11     | 177.2 | -103.2 |
| 12     | -33.1 | -41.0  | 12     | 27.7  | -63.2  |
| 14     | 82.1  | -82.2  | 13     | 38.2  | -56.8  |
| 16     | -18.9 | -108.4 | 16     | 72.8  | -42.1  |
| 20     | 64.1  | -55.6  | 17     | 36.3  | -75.0  |
| 26     | 16.8  | -104.6 | 19     | 92.3  | -42.5  |
| 27     | 99.8  | -98.7  | 25     | 8.3   | -43.4  |
| 28     | 68.0  | -44.7  | 5.3    | 58.6  | -5.1   |
| 29     | 24.9  | -23.1  | 5      | -20.2 | -176.3 |
| 30     | 32.1  | -131.1 | 7      | 68.7  | -49.4  |
| 31     | 80.8  | -132.9 | 10     | 144.9 | -39.0  |

(注) 合計 1,633.0 -1,745.4  
平均 54.4 -58.2  
 $\frac{1}{2}(\text{床作業用砂} + \text{機械化用砂}) = -1.8$  限界値

この式について毎日の Z の値を計算すると第14表のごとくになる。表からもあきらかなごとく  $Z = -1.8$  となり両種の砂の限界を示す数値は

$$Z \leq -1.8 \quad \text{機械化用砂}$$

$$Z \geq -1.8 \quad \text{床作業用砂} \quad \text{となる。}$$

実際問題としてはこのような数値を、そのたびごとに計算して、指数の大小を比較すればよいが、第15図のごときグラフを利用すれば指数は簡単に算出できる(7)。

(B) 同一種類の砂について

砂の差がある程度数式で示しうることがあきらかになつたので、同一種類の砂について良、不良を表示する限

第15表 大型用砂における「にぎり」の結果  
Table 15. Results of Grasp Test (for L Line)

| 年月日    | 良なる砂 |      |    |     | 日附      | 不良なる砂 |      |    |     |
|--------|------|------|----|-----|---------|-------|------|----|-----|
|        | M    | GC   | GP | GD  |         | M     | GC   | GP | GD  |
| 31.3.6 | 7.3  | 1.04 | 61 | 4.4 | 31.3.10 | 7.8   | 1.01 | 80 | 4.6 |
| 13     | 8.0  | 1.03 | 80 | 5.0 | 12      | 7.7   | 1.03 | 74 | 4.2 |
| 15     | 7.4  | 0.96 | 68 | 4.6 | 4.2     | 7.9   | 1.06 | 74 | 5.0 |
| 16     | 7.1  | 1.10 | 67 | 4.8 | 14      | 7.5   | 1.08 | 72 | 4.8 |
| 24     | 7.5  | 0.99 | 76 | 4.0 | 17      | 7.3   | 1.00 | 72 | 4.2 |
| 4.4    | 7.4  | 1.04 | 80 | 4.2 | 5.10    | 7.6   | 1.04 | 72 | 5.2 |
| 6      | 8.3  | 0.98 | 76 | 4.8 |         |       |      |    |     |
| 7      | 7.4  | 1.04 | 80 | 4.4 |         |       |      |    |     |
| 5.8    | 7.6  | 1.08 | 80 | 5.2 |         |       |      |    |     |

(注) M 水分(%) GC 湿態抗圧度(kg/cm<sup>2</sup>) GP 湿態通気度(AFS) GD 湿態変形量(%)

界値を求めることにする。現場作業の実情からいうと大型用砂の場合にはその具備すべき条件が大きいために、目的に適した肌砂の調製には細心の注意をはらって作業を続けている。

同じ期間内で大型用砂について「にぎり」の結果不良とみなされたものは6回で、あとは良と判定を下されたが、試料の数を乱数表をもちいてととのえ釣合のとれるようにした。第15表に砂の分類と特性値を示す。前例とおなじ方法で良、不良の限界値を示す一般式はつぎのようになる。

$$Z = -6.99X_1 - 0.38X_2 - 0.49X_3 + 18.34X_4$$

ただし  $X_1$  水分  $X_2$  湿態通気度

$X_3$  湿態抗圧強度  $X_4$  湿態変形量

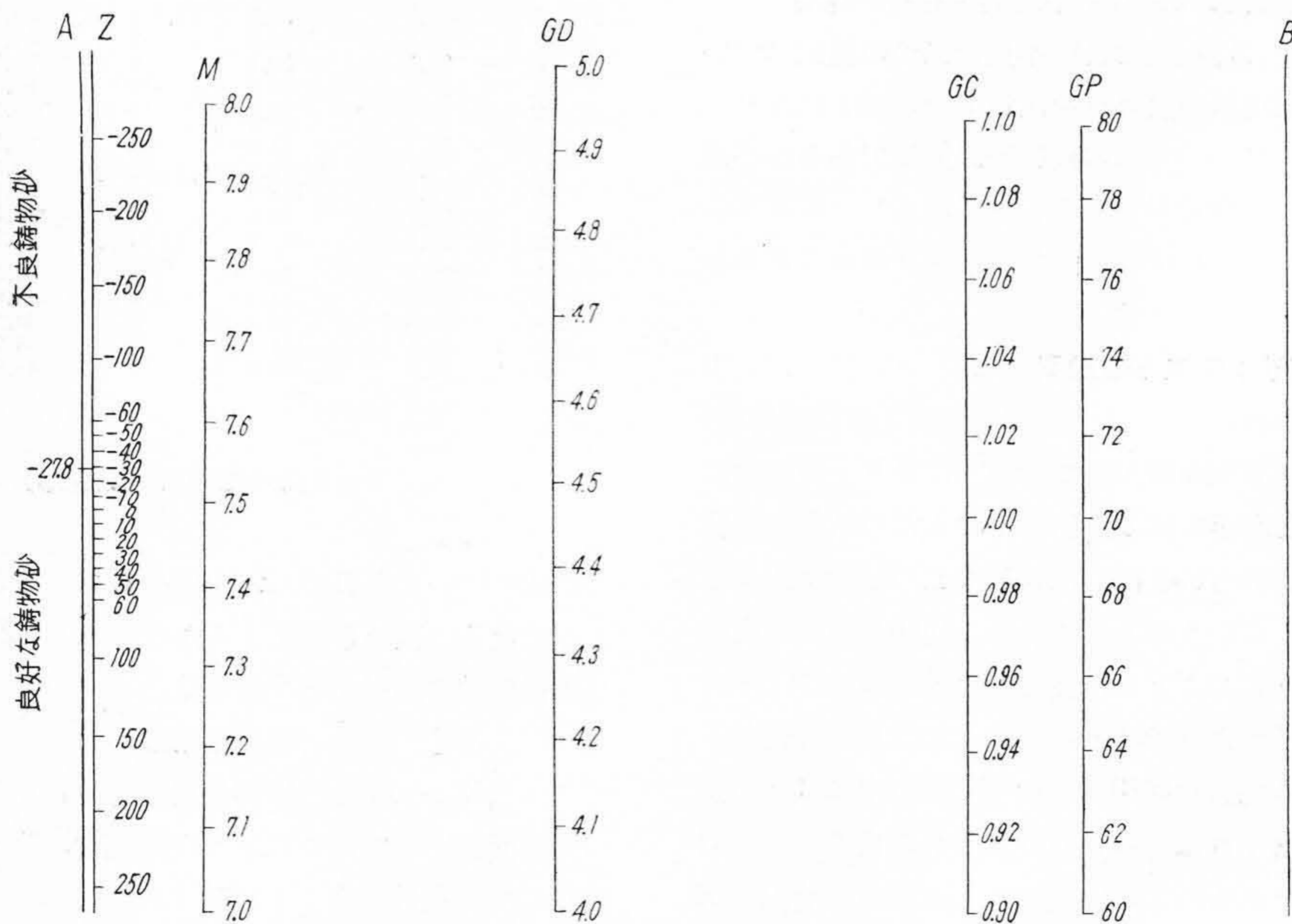
各砂について全体の値を求めた結果を第16表に示す。

第16表 Z の値 (大型用砂)  
Table 16. Z Value of Facing Sand (for L Line)

| 良なる砂   |        | 不良なる砂   |        |
|--------|--------|---------|--------|
| 年月日    | 100Z   | 年月日     | 100Z   |
| 31.3.6 | 130.1  | 31.3.10 | -194.6 |
| 13     | -243.2 | 12      | -192.8 |
| 15     | 89.4   | 4.2     | -188.2 |
| 16     | 353.5  | 14      | 58.1   |
| 19     | -91.4  | 17      | 87.0   |
| 24     | 14.6   | 5.10    | 58.6   |
| 4.4    | -597   |         |        |
| 6      | 50.6   |         |        |
| 7      | 58.2   |         |        |
| 合計     | -56.6  | 合計      | -371.9 |
| 平均     | -6.3   | 平均      | -62    |

(注)  $\frac{1}{2}$ (適当な砂+不良の砂)=-27.8 限界値

この表からわかるごとく大体適当な砂の判別はつくがその精度は若干劣るようで「にぎり」の判別の効果があき



使用法 1) MとGDよりAを求める 2) GC GPよりBを求める 3) AとBよりZを求める 4) -27.8と比較する

第16図 「にぎり」による砂の良否と特性値との関係を示す図 (大型用砂について)  
Fig. 16. Diagram Illustrating Relation between Result of "Grasp Test" & Sand Properties (for L Line)

らかでないことを示すものであるとはいえ、まったく利用できぬほどでもなさそうである。おそらくこれは実験者ごとにことなるものと思われる。

両者の限界を示す指数は  $-27.8$  となり

$Z \geq -27.8$  良好なる鑄物砂

$Z \leq -27.8$  不良なる鑄物砂 となる。

実際の場合には第16図のごときグラフを利用すれば簡単に適当であるかどうかわかる。

一応「にぎり」がどの程度計量化できるか試みたが、結果について考えてみる。まず第一に砂の性質を「にぎり」で見わける場合には、あらゆる項目について反射的に感覚をまとめるわけであるが、それに反して砂に関して測定しうる特性値はかぎられてしまうために必ずしも数値で完全に表現できるかどうか疑わしい。普通この実験の場合のように水分、湿態抗圧強度、湿態通気度、湿態変形量を測定すれば現在のところは、十分に砂の性質を表現しているものとみるより致し方がない。第二に現在のところ「にぎり」は経験者の勘によつて十分その効果を発揮するとはいえないようである。すなわち「にぎり」で適当である砂の場合もかなりの不良なものが混入してくるようである。現状では実験者の質が必ずしもものぞむべきレベルにあると考えられない。したがつて 100% 「にぎり」に信頼をおかずにその結果と測定値をあわせて考えるべきである。そのためにはある種の砂については良、不良の限界点があきらかとなつたのであるから、水分、湿態抗圧強度、湿態通気度、湿態変形量の測定値にもどつてただちに指数の計算ができるようグラフを作成しておいてチェックを続けてゆくのが得策であると考えらる。

#### [IV] 結 言

鑄物砂の管理特に粒度の管理および「にぎり」につい

て述べたが、結果を要約するとつぎのごとくになる。

(1) 鑄物砂の粒度について先行データより算出した数値と現地調査の結果えた数値にもとづいて確率紙を使用して管理限界を設定することができた。

(2) 粒度の変動は、知多硅砂でもつともはなはだしい。入荷ごとの変動が大きいため、Tube Test を併用して粒度の変動をチェックすることがのぞましい。

(3) 機械化作業用の裏砂は床作業のそれに比して特に粒度が粗くなつていゝとは積極的にいえないようである。

(4) 粉体のサンプリングおよび表示法は非常にむづかしいので十分検討する必要がある。

(5) 「にぎり」テストの結果を定量的に判別函数で示すことができそうである。ただし「にぎり」の結果は人によつてことなることに十分注意をする必要がある。

(6) 「にぎり」テストの結果えたグラフにもとづいて、指数を算出し、現場作業の一助としたい。

以上簡単に調査の結果を述べたが、助言をいただいた宇津課長をはじめ、設計課各位、「にぎり」の実験者および鑄造課関係各位に深甚の謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- (1) 窯業協会誌 64 (1956) C143 粉体に関するシンポジウム
- (2) Taggart "Mineral Dressing Hand-Book"
- (3) 今泉益正, 品質管理 4 (1953) 451
- (4) 今泉益正, 品質管理 4 (1953) 510
- (5) 奥津 工場における推計学の問題とその解き方 127頁 (1951) 共立出版 K.K.
- (6) ホーエル 田口訳 "数理統計学入門" 189頁 (1951) 科学新興社
- (7) 小倉 "計算図表" 岩波全書 (1953)

#### 「日立評論」 綴込みカバー

(送料共) 特価1組 ¥ 100

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には実費でお願い致しておりますから下記に御申込み下さい。

#### 日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内1の4 (新丸ビル7階)

振替口座 東京 71824

#### 日 立 造 船 技 報

Vol. 17

No. 3

#### 目 次

- ◎通電式酸沈い方法
- ◎旋削仕上法と仕上面あらさに関する研究
- ◎工具に関する窒化の研究
- ◎ステンレス鋼の応力腐蝕について
- ◎メカニカルシールの研究
- ◎パウダーカッティングの研究
- ◎大形煙突の振動について

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

日立造船株式会社技術研究所  
大阪市此花区桜島北之町60