

# 鐵 と 鋼 第十二年 第十號

大正十五年十月二十五日發行

## 論 說

### 工業研究に統計的方法の應用

室井嘉治馬

#### ABSTRACT

Statistical investigations by means of frequency curves are often made in mental tests, researches of social phenomena, &c. Industrial researches, however, have hitherto been confined almost only to the so-called laboratory tests. As the uniformity of products is a matter of utmost importance in the works operation where mass production is made, it is very useful to investigate statistically the daily works operation by means of frequency curves. The author has shown, in the present paper, the results of investigation, by this method, of the mechanical properties of two certain steels A and B manufactured in the Steel Department, Kure Naval Arsenal.

The chief points arrived at in the present investigation are as follows: (i) The frequency curves for the tensile strength and the yield point of steel A have almost symmetrical forms, the former having a smaller deviation or in other words a higher uniformity than the latter. (ii) The frequency curves for the elongation and the reduction of area of steel B have unsymmetrical forms, the cause of which in the former case may be attributed to the position and the state of fracture, and in the latter case chiefly to the state of fracture. (iii) The frequency curves for the Brinell hardness number and the impact value have almost symmetrical forms. (iv) The frequency curves for the ratios of yield point to tensile strength and of tensile strength ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) to Brinell hardness number have almost symmetrical forms, the former having a mode of 83% with 33.8% of the whole results and the latter a mode of 0.33 with 29.6% of the whole results.

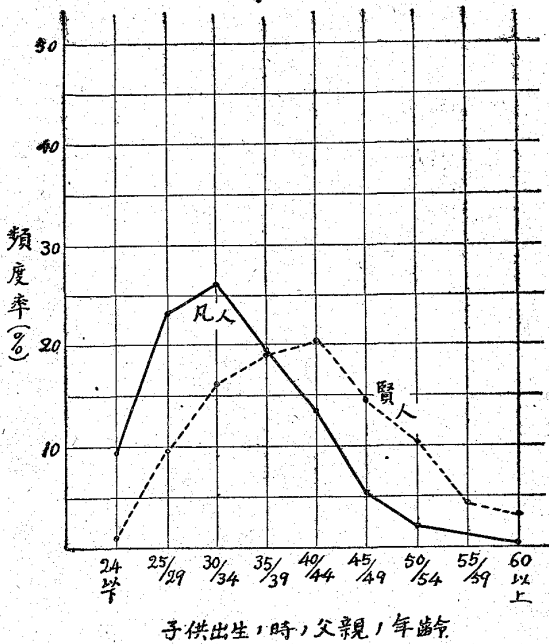
The results are also shown by the brief methods giving several representative numerical values or straight line diagrams.

#### 一 緒 言

研究に頻度曲線 (Frequency curve; Häufigkeitkurve) を書いて統計的に行ふことは適性検査や社

會現象の研究等に於いては屢行はれてゐる。例へば第一圖はレドフキール氏の著書にあるもので人の頭腦の良否と其人の生れた時の父親の年齢の關係を研究したものである。即ち多數の頭腦普通と認めらるゝ人と頭腦優秀と認めらるゝ人に就て夫々其人達の生れた時の父親の年齢を調べて年齢を横

第一圖



軸に、頻度率を縦軸に採ると第一圖が得られる。本圖によれば頭腦普通な人は父親の年齢30—34歳の時に生れることが多く頭腦普通人總數の26.0%を占めて居る。又優秀な人は父親の年齢40—44歳の時に生れることが最も多く優秀人總數の20.2%を占めて居る。

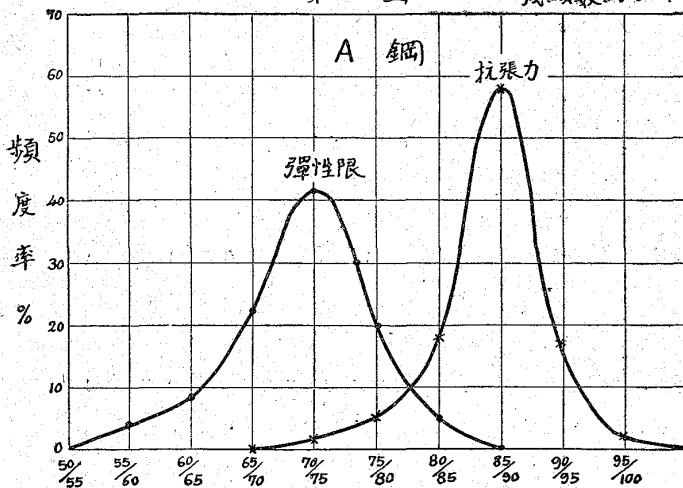
製造工業に於ける研究は從來殆ど實驗室的の研究のみに限られてゐるが實際工業として多量生産を行ふ場合には製品の均一と云ふことが重要な問題である。例へば實驗で某成分の鋼に某處理を施したものが或目的に對し優秀な性質を現はすことを求め得ても之を多量生産した時に十分な均一度が得られなければ工業的には役立たぬ。故に須く日

常實地操業の成績を前記例示の方法に依り統計的に研究せねばならぬ。此ことは獨逸では K. Daeves, (2)

P. Goerens 等に依つて強調せられてゐる所であつて此研究法を Grosszahlforschung と呼んで居る。

第二圖

成績數約 600.



以下吳製鋼部で此研究法を鋼の機械的性質の均一度研究に應用した結果を示さうと思ふ。

## 二 鋼の機械的性質各個の頻度曲線

第二乃至六圖は製鋼部製某鋼 A 及 B の各種機械的性質の頻度曲線圖である。各圖に於て横軸には研究すべき性質、縦軸には頻度率を採つてある。此等の内第

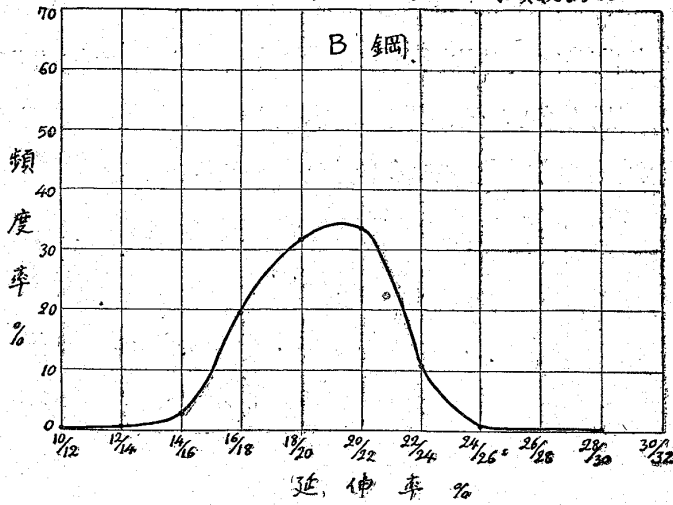
三及第四圖以外の曲線は左右大體對稱であつて是れ最も普通の場合である。此等の曲線に於て山が高

(1) 科學知識 大正 14 年 9 月號 p. 102.

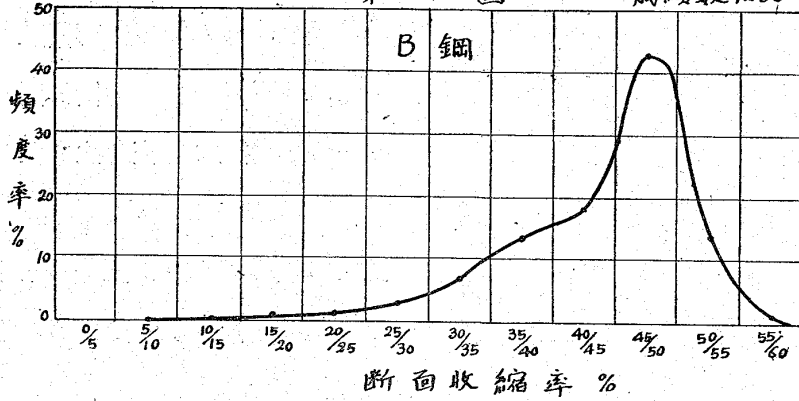
(2) Stahl und Eisen, Jan. 15, 1925 p. 79; 同 Jan. 22. p. 109; Stahl und Eisen, Aug. 13. 1925. p. 1394

(3) Stahl und Eisen, Apr. 5. 1923, p. 462.

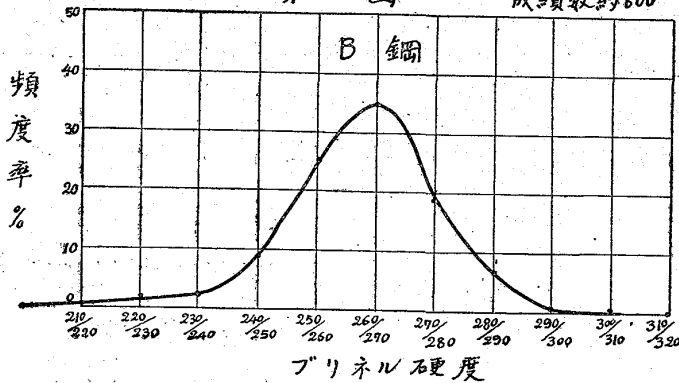
第三圖 成績数約600



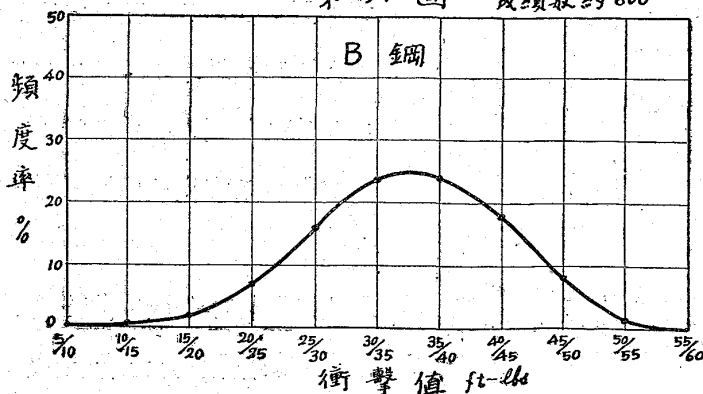
第四圖 成績数1236



第五圖 成績数約600



第六圖 成績数約600



ければ高い程幅が狭ければ狭い程成績が均一なことを示して居る。

第二圖に於て抗張力は弾性限よりも均一度高しと云ふことが出来る。勿論此等の曲線は製造規格に合格したものも不合格のものも含んで居る。而して規格の緩嚴は或程度迄均一度に影響する。

次に第三圖延伸率曲線は左右不對稱であるから更に分解して考査せなければならぬ。同形試験片で材質が均一な場合延伸率に影響を及ぼすものは切斷位置である。製鋼部では大略の切斷位置を示すのに次の様にして居る。

- 切斷位置 A. 目分量にて標點間の恰度中央にて切斷
- " B. 標點間の恰度中央にあらざるも中央 $\frac{1}{3}$ 内切斷
- " C. 標點間なるも中央 $\frac{1}{3}$ 以外切斷

故に更に多數の成績に就き切斷位置 A, B 及 C に分ち各に對する分解頻度曲線及合成曲線を求めたものが第七圖である。本圖に於て合成曲線の延伸率 19—20% に對する點は確に突出してゐる。之は分解曲線 C の山頂に相當する故である。而して分解曲線 A, B 及 C は合成曲線より對稱度はよいが未

だ十分とは云へない。猶此圖に依れば B 鋼の抗張試験に於ては切斷位置 B のもの最も多く C 及び A のものが順次之に亞いで居る。又 A, B, C 各曲線山頂の位置より考へて B は A より約 0.5% 延伸率少く C は B より更に約 2% 少い場合が最も多い。切斷位置が中央より一端に偏する程延伸率が少くなることは當然であるが其影響程度を幾分でも數量的に示し得たことは面白い。

次に延伸率曲線を断面状態に依つて分解して見た。製鋼部では断面状態を表はすのに次の符號を用ひてゐる。

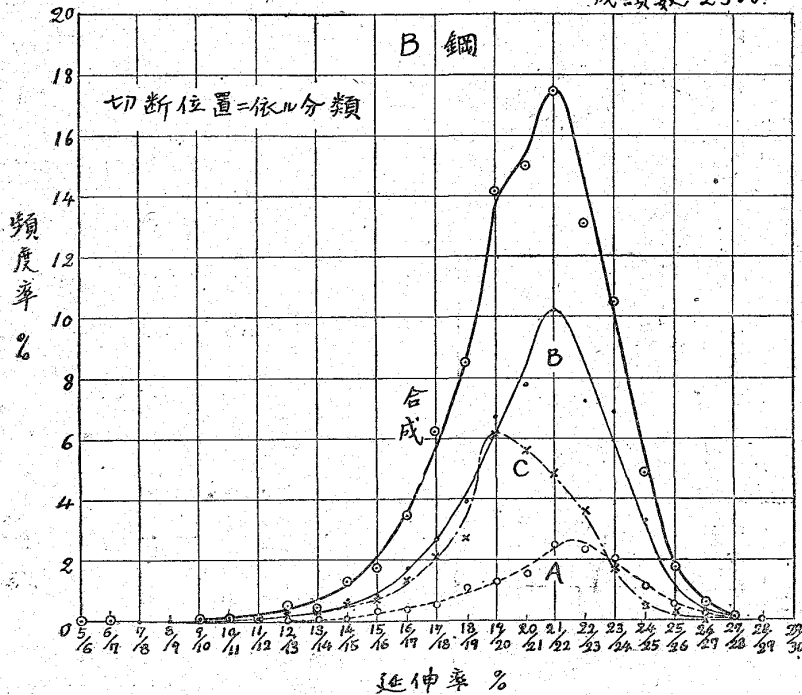
- F. Fibrous, 纖維狀
- Cup. Cup, 盃狀
- L. Laminated, 横目若しくは木質狀組織
- Sh. Sheared, 剪斷狀
- Fw. Flaw, 断面附近柱面に割底を生じたるもの

此内 F 及び Cup は良好なるもので其他は不良なるものである。それで今便宜上

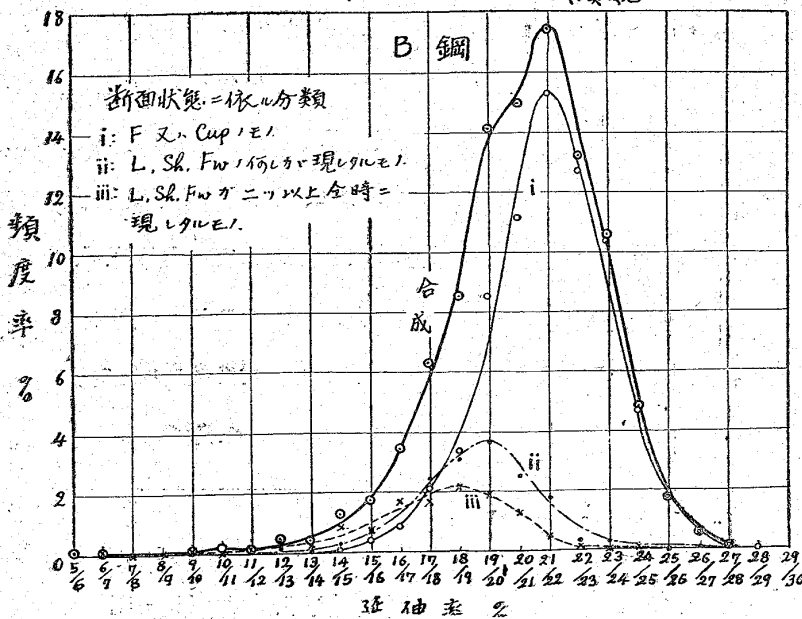
- i, F 又は Cup のもの
- ii, L, Sh, Fw の孰れかゞ現れたもの
- iii, L, Sh, Fw の二つ以上が同時に現れたもの

の三種に區別して分解頻度曲線を求めたものが第八圖である。本圖に於て各分解曲線 i, ii, iii は左右大體對稱である。而して断面が悪くなる程曲線の山頂が低延伸率の方に寄つて居り合成曲線の 19—20% に對する突出は曲線 ii の山頂に相當して居る。以上第七及第八圖により延伸率の合成曲線の不整形な形状は切斷位置及び断面状態兩方

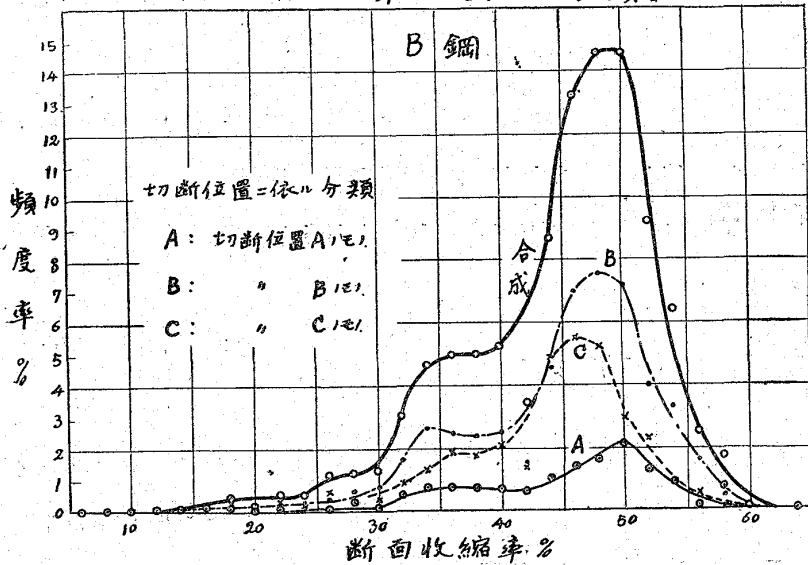
第七圖 成績數 2500.



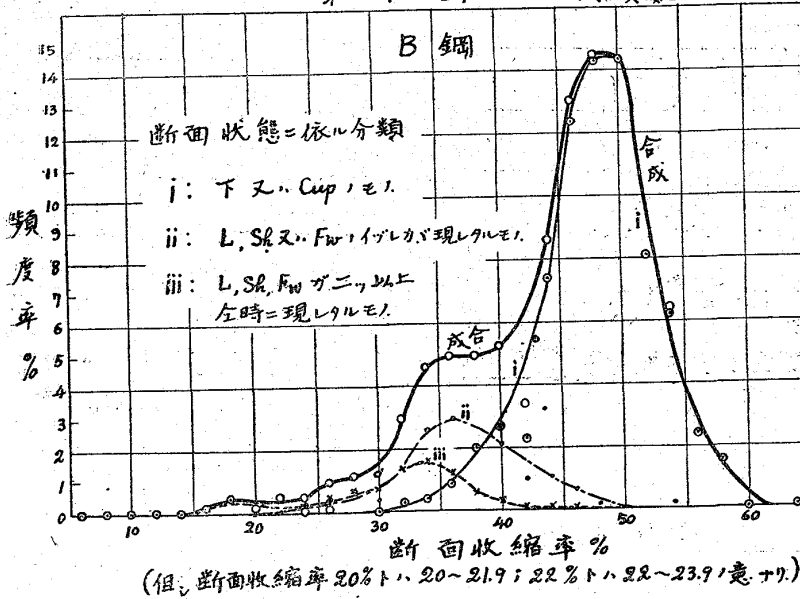
第八圖 成績數 2500.



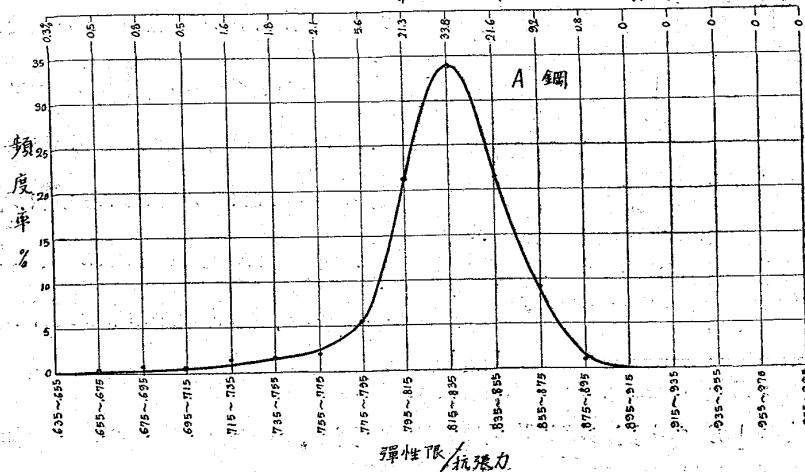
第九圖 成績數 1915



第十圖 成績數 1915



第十一圖 成績數 606



の影響と考へられる。

第四圖断面收縮率曲線も左右不對稱である。故に更に多數の成績につき先づ切断位置に分ち分解頻度曲線を求めたものが第九圖である。此場合には合成曲線の形狀第四圖の時よりも一層不規則で主要な山の左方に第二の山が出現してゐる。而して分解曲線 A, B, C にも各第二の山がある。故に合成曲線の左右不對稱を切断位置に歸することは出来ない。然れども主要山の頂點に對する断面收縮率に差あることから考へると切断位置も断面收縮率に幾分の影響を及ぼして居ることがわかる。

次に断面收縮率を延伸率の場合に断面状態により i, ii, iii の三の場合に分けて頻度曲線を求めたものは第十圖である。本圖に於ては分解曲線 i, ii, iii は何れも左右對稱の形をしてゐる。故に合成曲線の左右不對稱を主として断面状態に歸することが出来るし i, ii, iii 曲線山頂の位置より考へて断面状態が断面收縮率に及ぼす影響の大きいことが知られる。

### 三 機械的性質の關係比

(イ) 弾性限と抗張力との比  
弾性限と抗張力との比即ち弾性限は抗張力の幾%に相當するかと

云ふ値は屢考慮せられる。依つて A 鋼に就き此比の頻度曲線を求めたるに第十一圖を得た。即ち本鋼に於ては弾性限は抗張力の約 83% に相當する場合が最も多く總成績數の 33.8% を占めて居る。

(ロ) 抗張力とブリネル硬度數との比

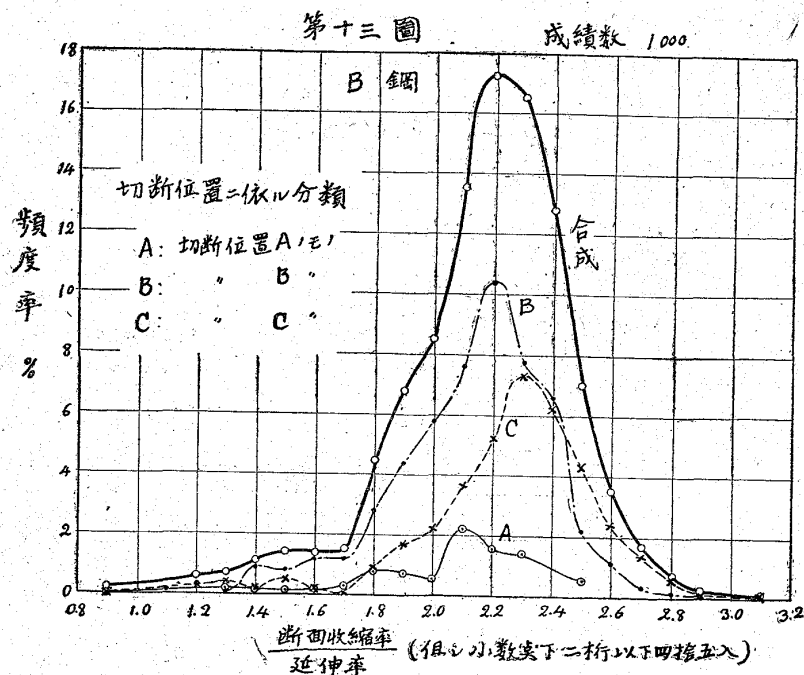
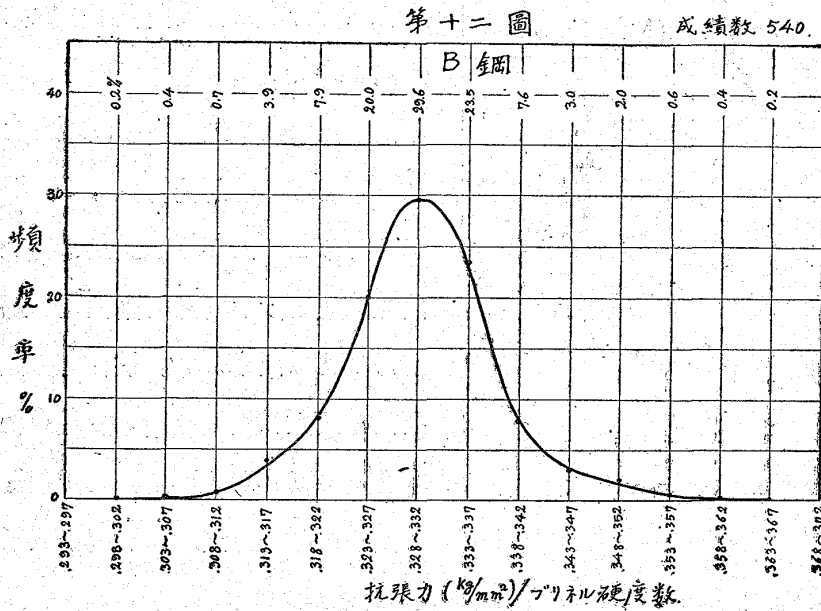
此比は實地操業上抗張試験を行はずに其の材料の抗張力を推定する爲に屢用ゐられる。依つて B 鋼に就き此比の頻度曲線を求めたるに第十二圖を得た。本圖に依ると B 鋼に於て此比は 0.33 なる場合

が最も多く總成績數の 29.6% を占めて居る。即ちブリネル硬度數を 3 で割れば抗張力 (kg/mm<sup>2</sup>) の推定値が得られる。

(4) グリーブス及ジョーンズ兩氏は英國鐵鋼協會本年春季大會に於て此比に就き研究の結果を發表して居るがそれに依ると熱處理せる合金鋼 1,161 個の成績より得た此比の頻度曲線の最頻値は 0.21 である。而して兩氏の場合に抗張力の單位は T/□ であるが之を kg/mm<sup>2</sup> になほせば此比の値は恰度吾々の場合と一致する。

(ハ) 断面收縮率と延伸率との比

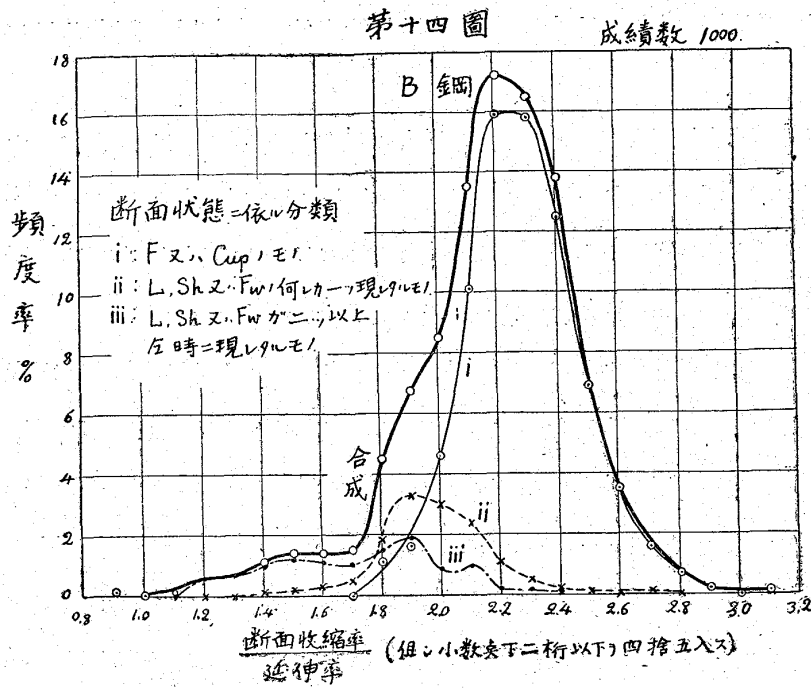
或形狀の試験片の延伸率を他の形狀の試験片の場合に換算する時切斷位置が常に標點距離の中央にあつても甲形の場合延伸率が等しい材料でも乙形の場合可なりの差違があることは少くない。是れ各材料毎に延伸の分布状態が異なるからである。(5) 延伸の分布状況を簡單



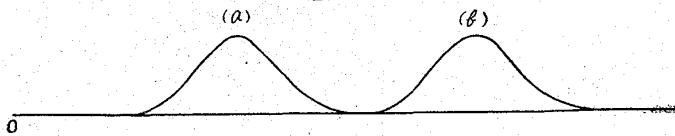
(4) R. H. Greaves and J. A. Jones : Engineering, June 4, 1926, p. 673

(5) 室井嘉治馬 : 鐵と鋼 大正 12 年 10 月 678 頁, 大正 13 年 4 月 237 頁

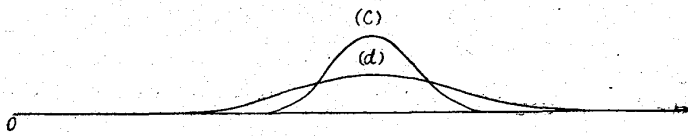
湊一磨 : 造船協會會報 大正 14 年 4 月 23 頁



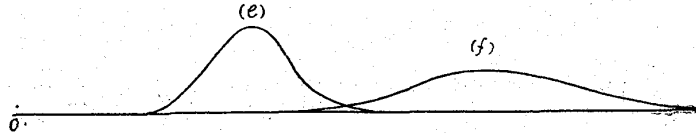
第十五圖 度数曲線(中心位置及び散布度)比較



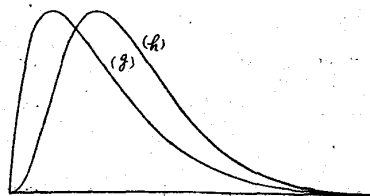
第十六圖



第十七圖



第十八圖 度数曲線(歪正)比較



に比較するには断面収縮率と延伸率との比を以てすればよい。此比が大なる材料は延伸が比較的局部的に起つて居ることを示し反対の場合には全般的延伸が多いことを示してゐる。それで此比は同一の材質では幾何位變化するかを見るためB鋼につき其頻度曲線を求めた。第十三及第十四圖が即ち是れである。此場合にも切斷位置及断面状態の影響を見るために兩場合に分けて分解頻度曲線を求めた。此等の圖に依ると同一の材質でも此比は可なり廣い範圍に變化する。而して第十三圖分解曲線の山頂の位置より知らるゝ如く試験片切斷位置の影響をも受けて居るが第十四圖分解曲線より見れば断面状態の影響を受くることが一層多い。而して断面状態iの場合のみを採れば此比の値の範圍は大分狭くなる。

#### 四 頻度曲線の簡便表示法<sup>(6)</sup>

頻度曲線は其數が少い時は比較するに左程の不便はないが多數の比較をするには不便である。例へば同質の鋼材を長年製造して居る工場で一年毎の成績を頻度曲線にして比較する時に數十枚の抗張力

(6) 本項には佐藤良一郎著、教育的測定統計法概要特に其第四章及第五章を参照せられたい。

頻度曲線を取扱ふのは不便である。故に斯様な場合には或二三の重要な代表的の値を以て頻度曲線に代へ取扱を簡便にする。

第十五圖の曲線 a, b は形は似て居るが位置が異つてゐる。此位置の相違を表はすには各分布の中心は何處にあるかを示せばよい。之を中心傾向の測定 (Measurement of Central Tendency) と云つてゐる。而して此爲に用ひられるものは廣義の平均 (Average) である。平均の内頻度曲線に於て屢考慮せられるものは中間値 (Median), 最頻値 (Mode) 及び相加平均 (Arithmetic mean) である。中間値とは全體の成績を大さの順序に並べた時順序に於て恰度中央になる値であるし最頻値とは頻度曲線の山の頂に相當する値である。又相加平均は各測定値に對する頻度を考慮に入れた加重相加平均 (Weighted arithmetic mean) を考へる。次に第十六圖に示す c, d 兩曲線の様に同一の中心傾向を持つて居るが各測定値の散らばり方或は纏り方が異なる場合がある。換言すれば平均値からの偏差が異なるのである。此爲に散布度の測定 (Measurement of dispersion) 或は偏差の測定 (Measurement of deviation) を行ふ。又第十七圖の兩曲線の如く中心傾向も散布度も異なるものもある。更に第十八圖の兩曲線は左右對稱でなく歪んで居て其歪み方が違つて居る。之を較べるに歪度 (Measures of skewness) を用ひる。茲には偏差は中間値を基準とした平均偏差を求め又甲性質と乙性質の散布度の比較を考ふる爲の比較散布度としては

$$V = \frac{\text{平均偏差}}{\text{中間値}} \times 100$$

を以てし歪度を表はすには

$$\text{歪度} = \frac{Q_1 + Q_3 - 2M}{\frac{1}{2}(Q_3 - Q_1)}$$

を以てすることとする。但し M は中間値,  $Q_1$  及び  $Q_3$  は夫々第一及び第三、四分點の値即ち全體の成績を大さの順序に並べた時小なる成績値より數へて全成績數の  $1/4$  及び  $3/4$  番目の値である。

第二圖乃至第六圖の曲線に相當する前述諸代表的數値を求めたものは第一表の通りである。

第 一 表

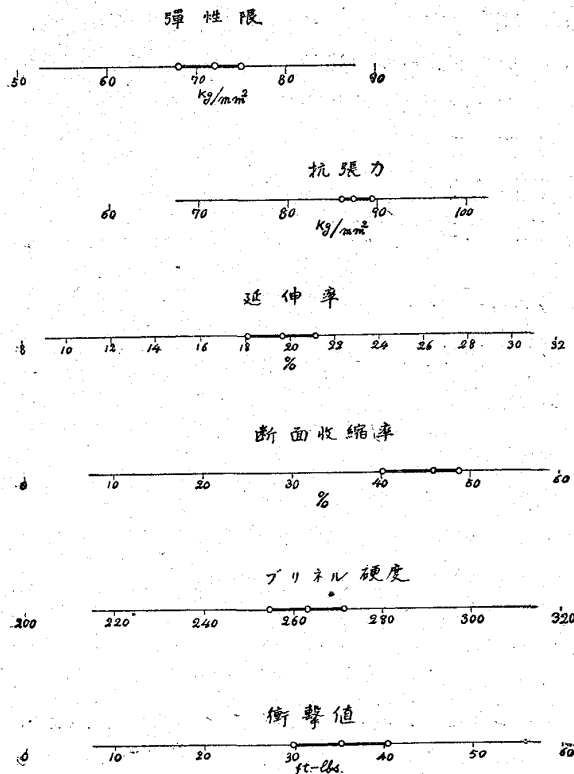
	彈性限 kg/mm <sub>2</sub>	抗張力 kg/mm <sub>2</sub>	延伸率 %	斷面收縮 %	ブリネル 硬度	衝擊値 ft-lbs.
相 加 平 均	71.5	87.0	19.6	43.7	262.7	35.0
中 間 値	72.0	87.3	19.7	45.9	263.4	35.2
最 頻 値	72.5	87.5	20.5	47.5	265.0	35.0
平 均 偏 差	4.67	2.73	1.79	5.30	10.2	6.18
第 一、四 分 點	68.0	86.0	18.1	40.2	254.7	29.9
第 三、四 分 點	75.0	89.5	21.2	48.8	271.2	40.5
比較散布度 %	6.47	3.13	9.08	11.6	3.88	17.6
歪 度	0.27	0	0.965	0.33	0.11	0.0

本表に於ける最頻値は第二乃至第六圖より目分量的に求めたもので理論的に求めらるべき値とは異り近似値を與ふるに過ぎない。彈性限と抗張力の均一度を比較するに平均偏差に於ても比較散布度に



於ても抗張力の方が値が小さい。即ち均一度が高いことがわかる。又歪度は上記の大體の計算にて抗張力及衝撃値に於ては零となり即ち左右對稱なることを表はしてゐる。又圖面にては割合對稱に見える弾性限が歪度が高く不對稱に見える延伸率が歪度が低い。之は頻度曲線圖を作る時各點を直に滑かな曲線で連結したもので對稱度如何を判斷することは宜しくないことを示してゐる。又此歪の程度は相加平均、中間値及び最頻値の不同より窺知することが出来る。

第十九圖



多數の頻度曲線の代りに數個の代表的數値を與ふことは便利であるが其代りに一目瞭然と云ふことが無くなる。故に頻度曲線を簡單にしたものとして全成績値の範圍、中間値及び第一第三兩四分點を一直線に表はすことがある。第十九圖は第二乃至第六圖を此方法で表はしたものである。之に依り頻度曲線の形狀を推知することが出来る。

### 五 結 論

以上述べた頻度曲線の最頻値及中間値は一般に相加平均と一致しない。又曲線の左右全く對稱な場合には此等三つの値は同一となるけれども前述の研究法によつて均一度の如何を明瞭にすることが出来る。

頻度曲線の異常な場合としては左右が不對稱なばかりでなく又二つの山頂を現はすことがある。此等の時には更に曲線を分解して考究し其の原因を求め

なければならぬ。斯くの如くして始めて操業上有用な資料を得ることが出来る。(終)